كلية الكوت الجامعة
مركز البحوث والدراسات والنشر

وراثة وتربية النبات

مفاهيم وتطبيقات

تأليف

د. ضياء بطرس يوسف

2023

منشورات

مركز البحوث والدراسات والنشر

كلية الكوت الجامعة

٥٨١ /١٥

ي ٩٥٧ يوسف ، ضياء بطرس يوسف .

مفاهيم وتطبيقات وراثة وتربية النبات /

ضياء بطرس يوسف. – ط١ – . بغداد :

مطبعة الرفاه ، ٢٠٢٣م

٥١٠ ص . ، ٢٤ سم .

١– النباتات– وراثة –٢– النباتات– تربية . أ. العنوان

م. و.

٣٣٥٠/ ٢٠٢٣

المكتبة الوطنية / الفهرسة اثناء النشر

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق ببغداد

٣٣٥٠ لسنة ٢٠٢٣م

ISBN: 978-9922-685-56-4

مطبعة الرفاه 07902823204

شكر وتقدير

لايغفل عقلي وفكري عن الشكر لله الذي أمدني بنعم عديدة واولها الايمان بالله وبانبيائه ورسله وكذلك شكري لأساتذتي الذين علموني مبادىء العلوم ومتقدمها وبالخصوص علوم الوراثة وتربية النبات والاحصاء والاحصاء الوراثي. كل الشكر والتقدير للسادة الذين سخروا الجهد والوقت لتقويم هذا الكتاب وما تطلب من اغناء علمي له. كذل اقدم الشكر والتقدير للاستاذ المقوم اللغوي لأخراج الكتاب غنياً ثرياً بلغة الضاد الحلوة العريقة. كل الشكر والتقدير لعائلتي التي اخذت من وقتها وراحتها لأنجز واتمم هذا الكتاب. من المؤكد ان اتقدم بالشكر والامتنان لكل من استخدمت له كتاباً او بحثاً او من أمدني بمعلومة اسندت هذا الكتاب. ولا يسعني ان أتقدم بجزيل اشكر والامتنان الى كلية الكوت الجامعه، ممثلة بعميدها ومجلس ادارتها ومطبعتها الغنية، لتقديمهم الدعم المادي والفني لتسهيل طبع هذا الكتاب، والشكر موصولا الى الاخت الدكتورة ساميه خليل لدورها الفاعل في تسهيل طبع واخراج هذا الكتاب...

اسأل الله التوفيق لي ولكم جميعاً لخدمة العراق العظيم.

د. ضياء بطرس يوسف

الاهداء

- **الى زوجتي الحبيبة التي وفرت كل وسائل الراحة لإنجاز هذا الكتاب**
- **الى أحبتي في الدنيا أولادي مريم ومسرة ويوسف ونور**
- **الى كل قطرة دم لشهيد روت ارض العراق ومن يخلص لتراب العراق ويعشق ماؤه وسماؤه**
- **الى عشاق الزراعة بعلومها المختلفة**
- **الى كل محبي علوم الوراثة وتربية وتحسين النبات**

ضياء بطرس يوسف

توطئة

تحسن الاشارة في مستهل هذا الكتاب الى ان العلماء والباحثين العرب غير منفصلين عن سواهم في بلدان العالم الاخرى كذلك فهمهم وتفسيرهم وتطبيق سائر النشاطات والعلوم الاخرى. وفي الوقت الذي نفهم فيه ان الفلسفه ليست وقفاً على المختصيصين فيها، فللوقت نشعر بحق وصواب ان وراثة وتربية وتحسين النبات هي في أكبر الحاجه الى إناس إختصاصين قد غرفوا منها الكثير سواءً من خلال دراستهم وتمعنهم في طيات الكتب القديمه والحديثه او من خلال اختلاطهم المباشر بالدراسة الاكاديمية والتطبيقية في شتى اقطاع العالم الذي سبقنا في هذا المجال. وليحترس بنوع خاص والا يغرب عن بال هؤلاء المتخصصين بان تاريخ تربية النبات غير منفصل عن تاريخ الكثير من العلوم الاخرى، لابل معظمها. ولما كانت علوم وراثة وتربية النبات موصولة بالسبب باوربا وامريكا معاً، كذلك فان تفسير وشرح هذه العلوم وفقاً لما تمليه المصادر الاجنبية ببحوثها العتيدة بعيداً عن التعصب العلمي لصالح اناس او متخصصين محددين في هذا البلد او ذاك، ولاريب ان نرقى بالبحث الى ماسبقنا به العلماء والباحثين من العرب منوهين، على الاقل في ميدان الفلسفة العلمية، الى الارسترشاد بإسلوب وأرآء هؤلاء المتخصصين الذين قدموا أجَل خدمة للعلم والمعرفة الانسانية دون ادنى شك.

د. ضياء بطرس يوسف
12 / حزيران / 2022

لا يسمح ان يجتزأ او يستنسخ او يحور اي جزء من هذا الكتاب او فصوله، باي طريقة او اسلوب، ما لم يتم الاستئذان من مؤلفه، إذ يعد ذلك مخالفه علميه وقانونيه يتحملها القائم بهذا العمل، فيتعرض الى المسائلة وتبعاتها.

حقوق الطبع محفوظه للمؤلف

المقدمة

لمراكز البحث العلمي وكليات الزراعة والجامعات الزراعية دوراُ مهماً في تطور المجتمعات وخاصة مجتمع المزارعين والفلاحين، حيث تسهم بنقل العلوم الزراعية والتقنيات الحديثة الى حيز التطبيق. فالزراعة المصدر ألأساس لغذاء وكساء وكذلك الكثير من صناعات ألإنسان وبها يكون المجتمع قوياً وسعيداً، إذ لا حضارة ولا أمان من غير تحقيق الاكتفاء من الغذاء. أصبح الغذاء وألأمن الغذائي عاملاً مهماً من العوامل المحددة لحياة ألأمم والشعوب، ولم يكن ذلك حديثاً بل منذ فجر الحضارة، إلا أن الطرق الزراعية السائدة آنذاك لم تكن عما عليه اليوم ويعود الفضل في ذلك الى مراكز البحوث العلمية التطبيقية وكذل الاسس الاكاديمية التي تقدمها كليات الزراعة. تقدمت علوم الوراثة وتربية وتحسين النبات خلال القرن العشرين وأخذت دورها البارز والمميز في تطوير ألإنتاج الزراعي والتحسين الكمي والنوعي لمختلف المحاصيل الزراعية. ساهمت العلوم الزراعية بإنتاج محاصيل وأصناف جديدة، واتباع ألأساليب العلمية الحديثة بألإنتخاب أو التهجين أو ألأقلمة أو إحداث طفرات وراثية مفيدة وتسخير التقنات الحيويه الحديثة. كما ساهم هذه العلوم بإنتاج ألأصناف والهجن الجديدة التي تتفوق في طاقتها الإنتاجية على ألأصناف القديمة السائدة زراعتها آنذاك، مما أحدث ثورة في عالم الزراعة وأصبحت لغة الهجين هي السائدة في الزراعة، إذ أثبتت الهجن كفاءة عالية للتكيف والأقلمة للظروف البيئية السائدة في مختلف مناطق العالم.

تطورت ألأبحاث الزراعية في التكنولوجيا الحيوية بخطوات متسارعة، فأظهرت إمكانيات واسعة لتحسين المنتجات الزراعية الغذائية والاستهلاكية والغابات ومصائد ألأسماك وزيادة إنتاجيتها الى مستوى التغلب على الكثير من محددات الانتاج العالي ومقاومة الشدود البيئية المختلفة.

أن رفد الباحثين من مربي النبات وطلبة الدراسات العليا في كليات الزراعة وعلوم الحياة بالكتب العلمية الحديثة وخاصة المتعلقة بعلم الوراثة وتربية وتحسين النبات سيساهم في بناء قاعدة علمية تطبيقية رصينة للباحثين وطلبة العلوم الزراعية والبيولوجية حيث عصر الثورة المعرفية والمعلوماتية والتقانات. أن التحولات ألإقتصادية والتقنية التي شهدتها الزراعة في العقدين ألأولين من القرن الحادي والعشرين جعلت الحاجة ماسة الى تطوير ألأصناف الزراعية عالية الانتاجية، فضلا عن تحمل الشد البيئي بما يمثل مرحلة متقدمة من مراحل البحث العلمي الزراعي.

أن تأليف كتاب علمي يعنى بالمفاهيم والتطبيقات العملية في وراثة وتربية وتحسين النبات سيساهم في تزويد الطلبة والباحثين في حقل الزراعة والبيولوجي بما يحتاجون اليه من معرفة في هذا المجال. يتضمن هذا الكتاب " مفاهيم وتطبيقات في وراثة وتربية وتحسين النبات Aspects and Applications in Plant Breeding and Genetics عشرون فصلاً بمواضيع مختلفة عن تربية وتحسين النبات وضم الفصل ألأول والثاني مقدمة في علم وتأريخ تربية وتحسين النبات وألإختلافات والمصادر الوراثية وإدخال النباتات أما الفصل الثالث والرابع فإهت بانتخاب الاباء وأنواع ألأصناف المنزرعة بينما شمل الفصل الخامس بإستخدام النباتات البرية في تربية وتحسين النبات أما الفصل السادس فغطى تربية المحاصيل الحقلية لمقاومة الآفات الزراعية بينما اهتم الفصل السابع والثامن بالتهجين الرجعي والطفرات الوراثية والفصول التاسع – الحادي عشر فكانت عنصناعة المجتمعات النباتية بالتهجين والإنتخاب التكراري والإختبارات المبكرة للأجيال النباتية. تركزت الفصول الثاني عشر – الرابع عشر حول ستراتيجيات التربية وافضل تحسين وراثي ومعرفة انعزالات المجتمع النباتي والعقم في النبات. لأهمية الاسسس الوراثية والفسيولوجية والكيموحياتية للتهجن، فقد تم الاسترسال والاسهاب بشرحها تفصيلياً في الفصل الخامس عشر ، بينما الهتم الفصل السادس عشر بالوراثه الكميه للصفات على وفق النتائج المتحققة من التجارب الحقلية. كان للتهجينات المتباعده واستحصال السلالات النباتية المتماثلة من مضاعفة نباتات احادية المجموعة الكروموسومية، وكذلكالاسس الوراثية لتطبيقات تربية الخلايا الجسمية المكلونة اهتماماً واضحاً في الفصول السابع عشر– التاسع عشر. وفي الفصل العشرون وهو الاخير في هذا الكتاب كانت هناك وقفة وعد نسيان لبرامج تحسين اصناف التكاثر الخضري ألأنسجة النباتية والتضاعف الكروموسومي ونأمل أن نكون قد وفقنا بتغطية بعض المواضيع المهمة في تربية وتحسين النبات وعلم الوراثة لكي يستفيد منه طلبة كلية الزراعة وقسم من طلبة كلية العلوم/ قسم البايولوجي وكل العاملين في المراكز البحثية من مختصي برامج تربية وتحسين النبات.

نسأل الله التوفيق. د. ضياء بطرس يوسف

الفصل ألأول

تاريخ علم تربية النبات History of Plant Breeding

مقدمة:

يمثل انتاج الغذاء المهمة التي اولاها الانسان منذ اقدم العصور اهتمامه وما الثورة الزراعية الأولى التي حولت الانسان من حالة الصيد ومطاردة الحيوانات الى الاستقرار الزراعي الا الوسيلة المهمة لانتاج الغذاء. أشارت بعض التقنيات الأثرية عام 1960الى أن اول تدجين للنبات قد بدأ قبل 9–11 الف سنة في وادي الرافدين (قرية تل جارمو) في الشمال الشرقي للعراق ولى ضفاف نهر دجلة. من أهم النباتات التي تم تدجينها محاصيل الحبوب وخاصة القمح وذلك لاهميته الغذائية وسهولة خزنه من موسم لآخر. بعد تعلم وشيوع الزراعة في تلك العصور بدأ الانسان بملاحظة الاختلافات والتغايرات بين النباتات واختار الافضل وجمع بذورها للموسم القادم وهذه العمليه تعتبر من اول الخطوات في تربية النبات أي ممارسة الأنتخاب. وبالرغم من صعوبة معرفة متى بدأ الانسان بتربية النبات وتحسين النبات. إلا أن الأشوريين والبابليين قاموا وبتاريخ تقديري 7000 سنة بتلقيح أشجار النخيل، وبدأت بوادر تكوين المجتمعات الزراعية قبل 5000 سنة، مثلما قام الهنود الحمر في امريكا بعمل مهم في تربية الذرة الصفراء. قبل حوالي 4000 سنة استخدم المصريون الخميرة في عمل صناع النبيذ والخبز، وبعدها بالف عام اكتمل تدجين المحاصيل المهمه والضرورية في العالم القديم، ثم طوَّر الصينيون عمليات التخمير قبل 2000 عام، حتى اكتمل تدجين كل المحاصيل الأقتصادية الضروريه في العالم الجديد قبل الف عام. بدأ عصر النهضة بانجازات علمية أهمها:

- عام 1665 قدم Hooke شرحه عن الخلية الحية.
- عام 1675 قام Malpighi بتشريح النبات.
- عام 1694 إقترح Caerarius التهجين للحصول على انواع جديدة.
- عام 1716 لاحظ Mather في امريكا لقائح الذرة وعرف ظاهرة زينيا xenia.
- عام 1753 نشر Linnaeus موسوعته النباتية.
- عام 1761 وحتى 1766 وجد Koelreuter ان ذرية الهجين تعطي صفات مشتركة لكلا الابوين.
- عام 1793 نشر Sprengel عن دور الحشرات في تلقيح ازهار النباتات.

- عام 1801 قدم Lamarck نظرية التطور حول توارث الصفات.
- عام 1812 إقترح Gauss نظرية المربعات الصغرى.
- عام 1819 إقترح Shirref طريقة السلالة النقية واختبار الذرية لإستنباط الاصناف.
- عام 1820 سجل Goss السياده والتنحي في البزاليا.
- عام 1849 –1827 عمل Von Grtner أغلب تجارب التهجينات لتشمل 10 الاف تهجين في 700 نوع نباتي و 80 جنس.

عام 1863–1844 استخدم Godron العقم في التهجينات المتباعدة بين الاباء في الانواع النباتية.

- عام 1847 طوَر Sutton اصناف من البنجر والبزاليا والبطاطا للانتاج التجاري الواسع في بريطانيا.
- عام 1848 وجد Hofmeister الكروموسومات (الصبغيات) في نواة الخليه.
- عام 1861 استخدم Pasteur الحرارة لقتل البكتريا.
- عام 1866 نشر Mendel نتائج تجاربه عن تهجينات البزاليا واكتشف الجينات (المورثات) والانعزال في الجيل الثاني.
- عام 1867 بدأ Bidwell اول محاولاته في قص النورات الذكرية عند تربية الذرة.
- عام 1878 إقترح Beal في ولاية مشيغان التضريب بين اصناف الذرة لزيادة الحاصل.
- عام 1878 بدأ Vilmorin اول اعماله في التهجينات المتباعدة بين *Triticum vulgare* و *T. polonicum* و *T. durum*
- عام 1889 قدم Galton كتابه حول طبيعة التوارث.
- عام 1894 قدم Pearson إختبار الانحراف القياسي بصيغة رياضية.
- عام 1899 أوضح Hopkins طريقة العرنوص – سطر.
- ربما بدأ علم تربية وتحسين النبات يتبلور قبل أقل من مئتي سنه بدراسة العالم تشارلز دارون (1809–1882) لنشأة الانواع النباتية في الفترة 1859 – 1889، واعادة أكتشاف القوانين المندلية عام 1900 التي ابتدأت قبل اكثر من 150 عام وما اضافه العلماء الثلاثة الذين كانوا يعملون في مناطق مختلفة من العالم وظهرت نتائجهم في وقت واحد تقريباً من معرفة وهم de Vries (هولندا) و Correns (المانيا) van Tschermak (النمسا)، بحسب ما اشار اليه Smýkal واخرون (2016).

أخذت الدراسات والأبحاث تتجه إلىتحسين الصفات الوراثية للمحاصيل الزراعية ذات العلاقة المباشرة بغذاء الانسان مما ساعد على إنتاج أصناف جديدةٍ تختلف كلياً او جزئياً عن اصلها الوراثي.

- عام 1902 أفترض de Vries نظرية الطفرة للتطور كدليل في *Oenothra*.
- عام 1902 يعد Biffen أول من قدم دراسات علمية عن توارث صفة المقاومة ووجد جينات المقاومة للصدأ المخطط.
- عام 1902 طوَر Johannsen نظرية السلاله (الخط) النقي.
- عام 1902 أشار Hannig الى فكرة زراعة الاجنة.
- عام 1904 بدأ كل من East و Shull تجاربهم عن التربية الداخلية inbreeding.
- عام 1908 قدم Hardy و Weinberg قانون توازن المجتمعات النباتية.
- عام 1910 إكتشف Morgan الجينات على الكروموسومات. وافترض كل من Bruce و Keeble و Pellew نظرية قوة الهجين نتيجة وجود جينات السيادة.
- عام 1912 أقترح Harris إستخدام مربع كاي Chi-Square لإختبار حسن المطابقة.
- عام 1917 شرح McFadden تفاصيل التهجين بين الحنطة والشيلم لإنتاج القمح الشيلمي Triticale، كما قدم Jones آراؤه حول قوة الهجين باعتبارها تلازم اليلات السيادة، كما افترض Winge نظرية التضاعف المتعدد لأصل الانواع النباتية.
- عام 1918 أدخل Fisher فكرة التوارث الكمي والارتباط.
- عام 1920 إقترح Jones الهجن الزوجية من اربعة آباء.
- عام 1921 إقترح hayes و Stakamn طرز صدأ الساق.
- عام 1925 أدخل Fisher تحليل التباين، وأوضح Percival اصل التضاعف المتعدد في الحنطة.
- عام 1927 نشر Hayes وGarber كتابهما حول تربية نباتات المحاصيل، وذكر Muller الطفرات الاصطناعيه في الحيوان بالاشعة السينية X- rays.
- عام 1928 اوضح Stadler تاثيرات استخدام الاشعة السينية في استحداث الطفرات في الشعير.
- عام 1929 McClintock أول من قدم معلومات عن عدد اطقم كروموسومات الذرة (10 كروموسوم).

- عام 1930 McFadden اول من نجح في نقل صفة المقاومة لصدأ الساق من نباتات رباعي التضاعف الكروموسومي tetraploid الى مثيلاتها السداسية العدد الكروموسومي hexaploid.
- عام 1932 إقترح Jenkins و Brunson استخدام التلقيح القمي كطريقة لأختبارات المقارنة لقابلية التآلف.
- عام 1933 إكتشف Rhoades العقم السايتوبلازمي في الذرة
- عام 1934 إكتشف Dustin الكولشيسين.
- عام 1935 يعد Vavelov اول من عرف اصل الانواع النباتية باسلوب واساس علمي يخدم برامج تربية النبات.
- عام 1936 نشر Fisher كتابه حول الطرائق الاحصائية.
- عام 1937 إستخدم nebel و Ruttle الكولشيسين في مضاعفة العدد الكروموسومي، ونشر Dobzhansky كتابه "الوراثة وأصل الانواع".
- عام 1940 قارن Harlan طرائق تربية الشعير واستخدم طريقة التربيه البلكية (التجميعية).
- عام 1943 أوضح Jones و Clarke توارث العقم الذكري في البصل وهما اول من استخدم العقم الذكري في انتاج الهجن تجارياً.
- عام 1945 إقترح Hull طريقة الانتخاب التكراري.
- عام 1949 إقترح Comstock واخرون طريقة الانتخاب التكراري لنصف الاخوة.
- عام 1949-1952 قدم Comstock و Robinson الوراثة الكمية للصفات.
- عام 1953 قدم Watson و Crick و Wilkins انموذج DNA وتركيبته الكيميائية، واستحقوا جائزة نوبل.
- عام 1970 حصل Norman Borlaug على جائزة نوبل لما احدثه من ثورة خضراء وتطوير لأصناف الحنطة القصيرة والمقاومة للمسببات المرضية وعالية الانتاجية.
- عام 1982 بدأ اول تطوير للكائنات المحورة وراثياًن وفي عام 1990 استخدمت هذه الكائنات في انتاج انزيم chymosin المستخدم في صناعة الاجبان.
- عام 2000 البدء باستكمال سلسلة الجينوم باستخدام Arabidopsis كأنموذج للانواع النباتية.

يمكن القول بأن تربية وتحسين النبات بدأ فناً من الفنون الذي مارسها الإنسان خلال الحقبة التاريخية التي سبقت اكتشاف القوانين المندلية، وبعد اكتشافها اتخذهذا العلم الطابع العلمي والتطبيقي بالإضافة إلى كونه فناً ، اي أن تربيةٍ وتحسين النبات هو فن التحسين او التغير الوراثي للنبات. إذن هذا العلم منبثق من دراسة طرق احداث تطور ونشوء النبات من قبل الانسان. يمتاز هذا العلم باستخدام المعلومات والطرق الفنية المقتبسة من عدة مجالات للعلوم الأساسية الدائمة التطور.

لايبحث علم تربية وتحسين النبات فقط في النظريات والاسس العلمية التي تؤدي الى التوصل الى التحسين في الحاصل الأقتصادي، بل في النواحي العلمية أيضاً. كما اسلفنا، حقق هذا العلم أنجازات رائعة في القرن العشرين، ومن أهم وابرز الانجازات هو أنتاج محاصيل ذات طاقة انتاجية عالية وخاصةً فيما يتعلق بالمحاصيل الاستراتيجية (القمح، الشعير، الرز، الذرة، الذرة البيضاء (السورجم)، فول الصويا ...الخ)، مثلما استطاع أن ينقل الكثير من المحاصيل الى المناطق الشمالية من العالم بعد أن كانت زراعتها مقتصرة على المناطق الحارة والجافة وشبة الجافة وتم أنتاج أصناف قصيرة من الذرة البيضاء سهل أستخدام مكائن ألحصاد combine فقلل الفاقد.

ساهم علم تربية وتحسين النبات بحل أزمة الغذاء العالمية من خلال البرامج البحثية لتطوير المحاصيل ألإستراتيجية وبالفعل تحققت الثورة الزراعية الخضراء، إذ تم تطوير أصناف قصيرة عالية ألإنتاج من القمح وتستجيب للأسمدة النيتروجينية (المركز الدولي لتحسين الذرة الصفراء والقمح في المكسيك (CIMMYT) وتطوير أصناف عالية ألإنتاج من الرز في المركز الدولي (IRRI) في الفلبين كما قام علماء التربية والتحسين بإنتاج أصناف مقاومة للأمراض والحشرات بالإضافة الى ألإهتمام بتحسين الصفات النوعيه لمعظم المحاصيل الزراعية، اذ ارتفعت نسبة الزيت في الذرة الصفراء حتى وصلت 17% نتيجة للإنتخاب المستمر بعدما كانت نسبته 1-4%، كذلك اكتشاف جينات ذات علاقة بنسبة البروتين مثل Opaque 2 الذي يؤثر على تحسين محتوى الحبة من الليسين. تم تقليل أثر المادة السامة (Prussic acid) أو HCN في الذرة البيضاء والحشيش السوداني.

من الصعوبة بمكان حصر جميع إنجازات مربي النبات ولكن من بين ألإنجازات الجديدة هو كيفية ألإستفادة من التنوع البايولوجي والذي يشمل الموارد النباتية خاصة،اذ ساهم مربو النبات بالتعاون مع منظمة ألأغذية والزراعة الدولية FAO باستحداث مراكز ومعاهد عالمية

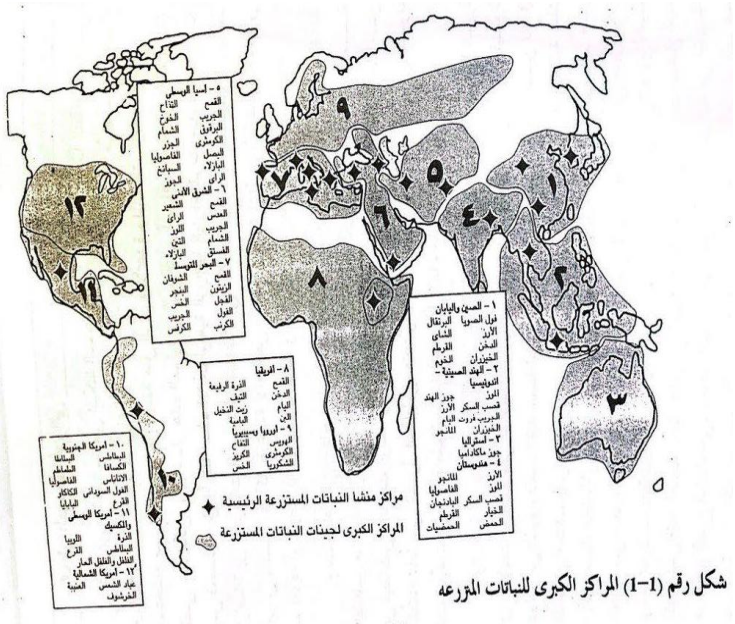
للمحافظة على هذه المصادر الوراثية وأطلقوا عليها مصارف أو بنوك الجينات Gene Banks حيث سارعت هذه المراكز والمعاهد على جمع الموارد الوراثية وأخذت نماذج مختلفة من مناطق العالم المختلفة وقدرت بآلاف العينات كان ولا يزال الهدف من ذلك هو المحافظة على هذه المصادر من ألإنقراض بالإضافة الى ألإستفادة منها في برامج التربية والتحسين لكون هذه المصادر تتمتع بمزايا جعلتها تتحمل الظروف البيئية القاسية بالإضافة الى مقاومتها للأمراض والحشرات لكونها نشأت في مناطق نشوئها وخضعت للإنتخاب الطبيعي الذي أكسبها هذه الصفات. كما أن النوع الوراثي النباتي المستخدم في الزراعة أي المحاصيل التي تمدنا بالغذاء وأقاربها البرية المختلفة تتعرض للفقدان والضياع وتسعة محاصيل فقط (القمح، الرز، الذرة البيضاء، الذرة، الشعير، البطاطا، قصب السكر، فول الصويا، القطن) والموز في أمريكا الجنوبية هي التي توفر ما يربو على 75% من إسهام المملكة النباتية في إمداد الطاقة التي يستمدها ألإنسان من ألأغذية ولأن من غير المرجح أن يختفي أو ينقرض أي محصول من المحاصيل ألأساسية في العالم إلا أن هذه المحاصيل قد يتهددها الخطر أيضاً ـ لا خطر فقدان نوع منها مثل القمح والرز وإنما خطر فقدان تنوعه أي ألأنواع البرية. لم تكن مساهمة مربي النبات في تطوير محاصيل جديدة معروفة سابقاً من خلال برامج التهجين بين ألأجناس وألأنواع. أن الاتجاهات البحثية لزراعة ألأنسجة النباتية Tissue Culture والتهجين بين الخلايا الجسميه Somatic Hybridization والهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية Biotechnology ستساهم بالتأكيد في ألإسراع في تطوير برامج التربية والتحسين.

أصل الانواع the Origin of Species

تعود ألأصول ألأولى لجميع المحاصيل الغذائية الرئيسية الى المناطق ألإستوائية وشبه ألإستوائية من آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية، اذ قام المزارعون على مر السنين بانتخاب واستئناس جميع المحاصيل الغذائية الرئيسية التي تعتمد البشرية عليها اليوم فنشأ القمح والشعير مثلاً في الشرق ألأدنى وجاء الرز وفول الصويا من الصين وظهرت الذرة البيضاء (الرفيعة) والبن في أفريقيا وعرفت البطاطا والطماطم في منطقة ألأنديز بأمريكا الجنوبية والذرة الصفراء في أمريكا الجنوبية والوسطى (الشكل 1-1).

ما زال التنوع الوراثي للمحاصيل مركزاً أساسياً في المناطق المعروفة بإسم مناطق التنوع أو مناطق النشوء والتي تم تحديدها من قبل فافلوف اذ يحمي هذا التنوع المحاصيل ويساعدها على الوفاء بالمطالب التي يفرضها اختلاف البيئات الطبيعية والحاجات البشرية للغذاء وألأمن الغذائي. كمثال على ذلك، يلاحظ أن نشوء البطاطا في منطقة ألأنديز، ولكن نرى البطاطا

تنمو اليوم في مناطق العالم المختلفة وفي ظروف مناخية تبدأ من تحت مستوى سطح البحر خلف السدود الهولندية الى جبال الهمالايا، وهكذا بالنسبة للرز فهناك أصناف تنمو بحدود 60 سم من ألأمطار سنوياً نجد أصناف أخرى تنمو مغمورة بعمق 7– 5 متر في المياه. أن زراعة أصناف نباتية جديدة سيسرع من إختفاء ألأصناف التقليدية وإنقراضها. في بداية الخمسينيات من القرن العشرين انتشر استخدام حبوب مرتفعة الغلة استحدثتها المؤسسات المعنية بتربية النبات مما أفضى الى ما عرف باسم " الثورة الخضراء" وكان انتشار ألأصناف قد غطى نصف جميع المساحات المزروعة بالقمح وأكثر من نصف المساحة المزروعة بالأرز، أي ما جملته 115 مليون هكتار، مما أدى الى ارتفاع هائل في غلة المحاصيل ولكن على حساب ألإنخفاض الشديد في تنوعها. ظهر تآكل التنوع الوراثي للمحاصيل بما يعد تهديداً خطير للإمدادات الغذائية، فأخصائيوا تربية النبات يحتاجون من أجل المحافظة على مقاومة المحاصيل الغذائية الرئيسة للآفات وألأمراض، مثلاً، أو من أجل استنباط صفات مطلوبة مثل تحمل الجفاف أو زيادة النكهة الى إمدادات جديدة من الجينات تستمد من مزارع العالم النامي وحقوله وغاباته. يعتمد الباحثون في استنباط ألأصناف الممتازة مرتفعة الغلة التي تستخدمها الزراعة الحديثة على التدفق المتواصل لموارد وراثية جديدة وافدة. وعليه، يبذل مربو تربية النبات محاولات مستمرة لإستنباط أصناف جديدة ليظلوا متقدمين ولو بخطوة واحدة على آلاف الآفات وألأمراض. وبغير توافر فرص الحصول على ألأصناف المستأنسة التقليدية وأقاربها البرية ستتعرض الزراعة لتهديدات خطيرة.



شكل رقم (1–1) المراكز الكبرى للنباتات المزرعه

أهم المراجع

- Acquaah, G. 2012. Principles of plant genetics and breeding. 2nd ed. PP740. Wiley-Blackwell Publihings, USA
- Allard, R.W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons, New York.
- Baezinger, P.S., Russell, W.K., Graef, G.L., and Campbell, B. T. 2006. 50 years of crop breeding, genetics, and cytology. Crop Science, 46:2230–2244.
- Brown, J.and Peter D.S. Caligari. 2008 .An Introduction to Plant Breeding. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014-8300, USA.
- Duvick, D. N. 1986. Plant breeding : Past achievements and expectations for the future. Econ. Bot. 40:289-297.
- Dwivedi, S. L. ; and H. D. Updhyaya; H. T. Stalker; M. W. Blair; D. J. Bertioli; S. Nielen; and R. Ortiz. 2008. Enhancing crop gene pools with beneficial traits using wiled relatives. In J. Janick (ed.). Plant-breeding reviews. Vol30, Purdue University. John Wiley & Sons, Inc.
- Hays, H.K., Immer, F.R. and Smith, D.C. 1955. Methods of Plant Breeding. McGraw Hill Book Company, Inc. New York.
- Fehr, W.R. 1987. Principles of Cultivar Development (2 Volumes). Mac Millan Publishing Co., New York.
- Poehlman, J.M. 1986, Breeding Field Crops. AVI Publishing Company,
  Connecticut.
- Singh, B.D. 2000. Plant Breeding-Principles and Methods. Kalyani Publsihers, New Delhi.
- Smýkal, P.; R. K. Varshney; V. K. Singh; C. J. Coyne; C. Domoney; K. Kejnovsky and T. Warkentin. 2016. From mendel's discovery on pea to today;s plant genetics and breeding. Theor.Appl. Genet.129: 2267-2280 doi 10.1007/s00122-016-2803-2
- Wehner, T. 2022. Cucurbit breeding. NC State University, NorthCarolina State University, Raleigh, NC 27695 919.515.2011

الفصل الثاني

إدخال البذور والنباتات وألإختلاف الوراثي
Plant and Seed Introduction and Genetic Diversity

يعد نقل البذور من مكان ما الى آخر وحتى النباتات، عاملاً مهماً وضرورياً في تطوير الزراعة. إن الكثير من نباتات وبذور المحاصيل التي يتم إنتاجها في مكان ما غالباً ما يكون أصلها في أماكن أخرى من العالم، فمثلاً تم إدخال الذرة الصفراء والبطاطا من أمريكا الى اوربا، وهي تمثل غذاء مهماً ورئيسياً للكثير من البلدان ألأوربية، وعلى العكس تم إدخال الكثير من نباتات ألألياف ومحاصيل الزيت والحبوب الى القارة ألأمريكية. يبقى إدخال النباتات أحد ألأساليب والطرق المهمة في معرفة المحاصيل الجديدة وفي الحصول على مواد وراثية أبوية جديدة لتطوير ألأصناف المتررعة المتوفرة وديمومتها. في هذا الفصل سوف نتناول جميع مجالات إدخال النباتات والطرق ألأمينة في المحافظة عليها وكيفية توزيع النباتات التي يراد إدخالها، وأهم التقنيات التي يمكن ألإستفادة منها بكفاءة في عمليات تحسين ألأنواع النباتية بأسلوب وراثي.

أصل التباين (التغاير) الوراثي في الطبيعة Origin Genetic Variation Nature

في البداية يجب معرفة أن المركز ألأصلي للمحصول هو المنطقة أو المكان الجغرافي الذي أنحدر منه المحصول، ومركز ألإختلاف في الموقع هو المكان الذي يكون فيه التباين الوراثي واسع ألإنتشار extensive ما بين التراكيب الوراثية Center of Origin للأنواع المتررعة وألأنواع المرتبطة بها. إن كل من المركز ألأصلي ومركز ألإختلاف للمحصول قد يكون معبراً عن نفس المركز أو قد يختلف هذا المركز عن ذاك.

إن الشخص الذي يعود له كل الفضل في وضع برنامج واسع وشامل لتركيب وإنجاز ألأصول الوراثية وجمعها، هو العالم الروسي المشهور Vavilov حيث عمل هذا العالم في الحصول على موارد (جبل) وراثية germplasms ذات مدى واسع من ألإختلافات الوراثية من جميع أنحاء العالم لإستخدامها في تحسين المحاصيل المنزرعة في ألإتحاد السوفيتي سابقاً. اعتبر عمله هذا البداية في عمل نظام يهتم بجمع النباتات واصولها، ومن ثم الحفاظ على هذه ألأصول وألإستفادة منها، والتي أصبحت فيما بعد عموداً مهماً من أعمدة تحسين ألأنواع النباتية. على أساس هذا البرنامج الذي أهتم بجمع النباتات الذي قام به العلماء السوفيت. فإن Vavilov (1926 و1951) قد افترض بأن هناك ثمان مراكز انحدرت منها ألأصول النباتية المختلفة، وقد مثلت مراكز ألأصل ثم صنف مركزين آخرين ألحقت بالمركز الثامن (جدول 2–1). إن تفاصيل البحث عن أصل النباتات المتررعة منذ ذلك الوقت الذي وضع فيه Vavilov لم يعرف ببساطة لوجود ألإختلاف الوراثي في المحصول الموجود في المنطقة– لذا فقد تم تعديل وتنقيح مراكز ألأصل الثمان التي وضعها Vavilov عدة مرات.

إن تعقيدات تحديد مكان نشوء المحصول قد وضعت من قبل J.R. Harlan عام 1971. حيث أشار هذا لعالم إلى أن معرفة أصل النباتات المنزرعة يتطلب وجود معرفة وإطلاع علمي في عدة حقول علمية أهمها حقول الوراثة والتصنيف الكيميائي والتصنيف العددي والبيئة والجغرافيا وعلم النباتات القديمه Archeobotany وحتى العلوم الدينية والتاريخ وعلم طبقات ألأرض (الجيولوجيا) والآداب. اقترح Harlan بأن تدجين domestication نباتات المحاصيل ربما حدث في مراكز النشوء أو سواها، وفي هذه الحالة فإن المركز المشار اليه يعني تلك المساحة الجغرافية التي دجن فيها المحصول ووزع منها الى مناطق أخرى في العالم. أما المناطق التي لا تمثل مراكز نشوء، فهي

الجدول (2–1): مراكز النشوء للأنواع النباتية حسب تصنيف Vavilov عام 1951

ت	مراكز النشوء	أمثلة من النباتات المتزرعة
.1	الصين	الخس، الراوندrhubarb، فول الصويا، اللفت (الشلغم)، البصل، التفاح، ألأجاص، الكرز
.2	الهند – ملايو الهند	القرع، المانجا(العنب)، القطنالشرقي، الرز، الموز، جوز الهند، أحد طرز البطاطا(يام Yam)
.3	آسيا الوسطى	الموز، البطيخ، الكتان، العدس
.4	الشرق ألأدنى	الجت، التفاح، اللهانة، الشيلم
.5	حوض البحر المتوسط	الكرفس، الحمص، الحنطة الخشنة، النعناع
.6	أثيوبيا (الحبشة حالياً)	الخروع، القهوة، الذرة البيضاء، الدخن اللؤلؤ
.7	أمريكا الوسطى وجنوب المكسيك	بقول ليما، الذرة الصفراء، البابايا papaya، قطن ألأبلند
.8	أمريكا الجنوبية (بيرو، ألأكوادور) 8أ. شيلي	القطن المصري، البطاطا، الطماطه البطاطا فستق الحقل(الفول السوداني)، أشجار المطاط، ألأناناس

تلك المساحة الجغرافية الواسع ة ة التي دجن فيها المحصول بصورة تلقائية ذاتية وفي عدة مواقع مختلفة. افترض Harlan (1971) ثلاثة مراكز نشوء وثلاثة أخرى ليست مراكز نشوء. أما المناطق التي افترضها Harlan فهي الشرق ألأدنى والصين وأمريكا الوسطى بينما تمثل أفريقيا وجنوب شرق آسيا وجزر الباسفيك، وأمريكا الجنوبية ليست مراكز نشوء noncenenters. وعليه، فان نقل البذور او النباتات من مواطنها الاصلية او مراكز نشوئها، وفي الوقت الحاضر على وفق مقررات وشروط الاتفاقية الدولية لنبادل الموارد الوراثية الداخلة

في الغذاء والزراعة، وبما يعرف بـ "الادخال النباتي Plant Introduction" قد اصبح احد اعمدة نشر وتويع الاصناف النباتية الجديدة والمتفوقة. تجدر الاشاره الى ان هناك بعض الدول (الفقيرة منهابوجه خاص) لا تمتلك او لا تهتم ببرامج التربية لأهم المحاصيل الستراتيجية، كونها تعتمد على الادخال من المراكز الدولية المتخصصة بتحسين هذه المحاصيل، وبذا تكون هذه الدول مركز التجميع الجاهز للموارد الوراثية collection centers.

كيفية اكتساب نباتات ألإدخال Acquisitions of Plant Introduction

ان الطريقة المستخدمة في اكتساب نباتات ألإدخال في الولايات المتحدة هي التي استخدمت في العديد من دول العالم الاخرى وتتضمن:

1. جمع ألأصول (الجبل الوراثية) germplasm collection

تعتبر طريقة جمع النباتات في العديد من البلدان ألأجنبية عملية ضرورية لأجل الحصول على نباتات ألإدخال، فالأشخاص الذين يخططون لجمع النباتات يعودون الى مستكشفي النباتات وجامعي المصادر الوراثية، فهم يجمعون التراكيب الوراثية المختلفة وراثياً للأنواع المنزرعة والبرية وأنواع نباتات ألأدغال التي قد يكون لها أهمية في أن تكون كمادة تربية في المستقبل.

إن جمع ألأنواع النباتية أو ما يرتبط بها من أنواع نباتية أخرى يتم في ألأماكن التي يحدث فيها درجة عالية من ألإختلاف الوراثي، كذلك يتم في ألأماكن التي بها مواصفات بيئية خاصة التراكيب وراثية فريدة قد تستنبط من خلا ألإنتخاب الطبيعي.

الجدول (2-2): يوضح مراكز النشوء وغير مراكز النشوء لبعض النباتات المتررعة بحسب ما افترضه Harlan عام 1975

مراكز النشوء	غير مراكز النشوء
A1 الشرق ألأدنى الشوفان، اللهانة حشيشة برمود الناعمة الكتان، الكرز	A2 أفريقيا الذرة البيضاء، الباميا حشيشة السودان، نخيل الزيت الرقي
B1 الصين الرز، القرع فول الصويا، السلجم، الخوخ	B2 جنوب شرق آسيا وجزر الباسفيك الباذنجان، جوز الهند قصب السكر، الموز
C1 أمريكا الوسطى الذرة الصفراء، القرع العسلي قطن ألأبلند، عباد الشمس ألأناناس	C2 أمريكا الجنوبية فستق الحقل، التبغ الفاصولياء، الفلفل

أن أهم ما يجب معرفته هو أن فقداناً سريع للتراكيب المختلفة وراثياً يحدث في العالم. إن ألإختلاف الوراثي الواسع الذي يمكن إيجاده بالنسبة للأنواع النباتية المترعة يحدث في ألأماكن التي نمى فيها المحصول لفترة طويلة من الزمن وألأماكن التي لم يعمل فيها مربي النبات بشكل واسع وكبير ففي بعض ألأماكن يكون التكثير بالبذور أو التكثير بألأجزاء الخضرية، وهذا يتم من قبل المزارعين وبشكل عشوائي عن طريق أخذ عينة من بذور المحصول في الموسم السابق والتي خضعت للإنتخاب الطبيعي، حيث يقوم المزارع بإجراء هذا ألإنتخاب سواء للبذور أو للأجزاء الخضرية كالأغصان الحاملة للثمار. فعندما يكون المحصول حاوياً على تراكيب وراثية مختلفة، فإن ألإنتخاب الطبيعي يعطي في النتيجة آلاف من مختلف ألأصناف، وعلى العموم تعود إلى ما يسمى Landrace. فإذا كان هناك 100 مزارع يستخدمون تقاويهم أو بذورهم من البذور الناتجة من محصولهم سنة بعد اخرى، ومن دون أي تغيير أو تبادل أو مقايضة مع المزارعين ألآخرين، فإن ذلك يعني إمكانية الحصول على وتطوير 100 نسل جغرافيlandraces كل منها يمثل إمكانيات وأسس وراثية فريدة ومختلفة عن غيرها، لذا فإن هذه ألأنسال ذات مصادر قيمة من ألإختلاف الوراثي لتحسين ألأنواع، وهذه ألأنسال تنفقد بسرعة كبيرة عند توزيع بذور محسنة ومصدقة كلما أتيح ذلك. وعليه، أصبح من الضروري جمع وحفظ هذه المصادر الوراثية التي هي من صنع المزراع في جميع أنحاء العالم، والتي أستخدمت في إنتاج المحصول لفترة طويلة.

ملحق.الجدول(2-2): الزمن التخميني لتدجين المحاصيل الرئيسة وموطنها الاصل

المحصول	موطن الاصل	التدجين (بالسنين)
الذرة Maize, *Zea Mays*	المكسيك وامريكا الوسطى	7000
الرز Rice, *Oryza sativa*	تايلند وجنوب الصين	4500
الحنطة Wheat, *Triticum* spp	العراق، سوريا وتركيا	8500
الشعير Barley, *Hordeum vulgare*	(العراق، سوريا واثيوبيا	9000
السورجم Sorghum, *Sorgum bicolour*	اثيوبيا	8000
فول الصويا Soybean, *Glycine max*	شمال الصين	2000
نخيل الزيت Oil palm, *Elaeis guineensis*	امريكا الوسطى	9000
جوز الهند Coconut palm, *Cocos nucif-era*	جنوب اسيا	1000
السلجم Rapeseed, *Brassica napus*	حوض البحر المتوسط الاوربي	500

3000	غرب الولايات المتحدة الامريكية	Sunflower, *Helianthus annus* زهرة الشمس
7000	المكسيك وامريكا الوسطى	Beans, *Phaseolus* spp. الفاصوليا
7000	العراق، سوريا وتركيا	Lentil, *Lens culinaris* العدس
9000	العراق، سوريا، الاردن وتركيا	Peas, *Pisum sativum* البزاليا
7000	بيرو	Potato, *Solanum tuberosum* البطاطا
6000	امريكا الوسطى والجنوبية	Sweet potato, *Ipimiea batatas* البطاطا الحلوة
5000	البرازيل والمكسيك	Cassava, *Manihot esculenta* الكسافا
3000	حوض البحر المتوسط الاوربي	Sugar beet, *Beta vulgaris* البنجر السكري
3000	غرب وجنوب امريكا	Tomato, *Lycopersico esculentum* الطماطه
3000	حوض البحر المتوسط الاوربي	Cabbage, *Brassica oleracea* اللهانة (الملفوف)
4500	ايران، افغانستان والباكستان	Onion, *Allium* البصل
9000	جنوب وشرق اسيا	Orange, *Citrus sinesis* البرتقال
3000	اسسيا الوسطى والعراق	Apple, *Malus* spp. التفاح
7000	شرق اسيا	Grape, *Vitaceae* spp. الكروم (العنب)
4500	جنوب وشرق آسيا	Banana, *Musa aceminata, M. balbisiana* الموز
4500	امريكا الوطى والبرازيل	Cotton, *Gossypium* القطن
500	غرب اثيوبيا واليمن	Coffee, *Coffea* spp. القهوة
200	البرازيل، بوليفيا والبارغواي	Rubber, *Hevea brasiliensis* المطاط
4000	ايران وشمال الباكستان	Alfalfa, *Medicago sativa* الجت

سبَب ألإختلاف الوراثي الموجود في ألأنواع النباتية البرية ونباتات ألأدغال فقد الكثير من نباتات ألأدغال، حيث أنه بمعرفة ألأنواع البرية التي تنمو في الآراضي غير المستغلة

بسبب قلة المشتغلين في حقل الزراعة من جهة وإتلاف التراكيب الوراثية للأنواع البرية التي قد تنفع في تحسين إنتاج محاصيل المراعي أو استغلالها في الصناعة، كذلك حالات التلوث البيئي التي سببت إندثار بعض الجبل الوراثية للأنواع البرية. إن أنواع نباتات ألأدغال، وهي تلك ألأنواع النباتية التي تنمو في ألأراضي التي تستغل في ألإنتاج الزراعي. أن ألإهتمام المتزايد في مقاومة نباتات ألأدغال في حقول المحاصيل أدى إلى إزالة تراكيب وراثية من أنواع نباتية كانت سابقاً تتحمل ظروف ألإنتاج الزراعي.

من الصعب جمع الموارد الوراثية بسبب استحالة أخذ عينة من كل فرد نباتي في مجتمع خلطي التلقيح، ولكن يبقي الهدف هو الحصول عل أعلى درجة من ألإختلاف الوراثي وبعدد وحجم يمكن إدارته بسهولة. على من يعمل في جمع العينات النباتية أن يحدد فيما إذا كان المجتمع النباتي المراد أخذ عينة منه، بطريقة عشوائية أو استناداً الى صفات محددة ومختارة، كما تتحدد عملية الجمع بأخذ مسافات مناسبة على أساس ألإختلاف في البيئة، وهذه تتضمن كذلك عوامل التربة والحرارة والرطوبة وحتى الممارسات الزراعية المعمول بها في تلك المنطقة حيث يقوم الشخص المختص بتسجيل المعلومات الحقلية التي تساعد في الحفظ والتقويم وألإستفادة من بذور العينة.

2- تبادل الموارد (الجبل) الوراثية Exchange of germplasm

تعد عملية تبادل الجبل الوراثية بين أقطار المعمورة فصلاً مهماً في عملية إدخال التراكيب الوراثية أو النباتات التي لم تكن موجودة أصلاً، فالتراكيب الوراثية في مركز جمع الموارد الوراثية قد لا تعطي نفس النتاج التي أعطتها في مناطقها ألأصلية بسبب إختلاف المواقع البيئية التي أخذت منها. قد يشمل تبادل الموارد الوراثية ادخال أنواع نباتية أو قد يقتصر على إدخال تراكيب وراثية ذات صفات محدودة، وأفضل مثال على ذلك، إدخال أصناف الحنطة شبه القصيرة من مركز الموارد الوراثية العالمي في أمريكا الشمالية، حيث وجد بأن صفة القصر يحكمها جينين، وان صنف نورين 10 القصير الذي أطلق سنة 1935 الى الفلاحين اليابانيين، تم جلبه الى الولايات المتحدة ألأمريكية سنة سنة 1946، وأستخدم في برامج تربية الحنطة في جامعة ولاية واشنطن، مما ساعد في تطوير صنف الحنطة Gains شبه القصير والذي كان نامياً بصورة برية في شمال غرب الباسفيك ألأمريكي. أن صنف نورين 10 المشتق من برنامج التربية في ولاية واشنطن قد جهز الى مربي الحنطة في المكسيك، وهؤلاء المربين قاموا بتهجينه مع أصناف الحنطة المكسيكية المحلية، وقد انتخب عدة أصناف من الحنطة الربيعية ذات القيمة الوراثية والإقتصادية العالية من هذه التهجينات والتي زرعها الفلاح المكسيكي أول مرة سنة 1962، يمكن القول بأن حاصل الحنطة المكسيكية ازدادت في أواخر الخمسينات وذلك بإدخال ألأصناف شبه القصيرة ، حيث أدخلت فيما بعد الى الهند والباكستان والولايات المتحدة وبلدان أخرى. تشير التقديرات والبيانات بان جينات القصر المأخوذة من صنف نورين 10 قد أثرت في زيادة تجهيز الغذاء لربع سكان العالم.

تعد عملية تبادل الموارد الوراثية ذات قيمة علمية وعملية عندما يمثل مسبب مرضي أو فطري مشكلة يصعب حلها، فقد انخفض إنتاج الذرة الصفراء في غرب أفريقيا عقب دخول مرض صدأ الذرة الصفراء *Puccinia polysora* سنة 1949، ففي غينيا لوحظ عدم وجود جينات المقاومة في 68 سلالة تمت غربلتها من سلالات الذرة الصفراء. أوضحت نماذج ألأعشاب بأن أصل ومواطن صدأ الذرة هو أمريكا الوسطى والجنوبية، وقد وجد من غربلة 203 سلالة من الذرة الصفراء التي استقدمت من أمريكا الوسطى والبحر الكاريبي بأن 45 سلالة منها كانت مقاومة للصدأ، وبواسطة التهجين الرجعي تم نقل جينات مقاومة الصدأ من سلالات الذرة المقاومة لهذا المرض الى السلالات ألأفريقية المتأقلمة والمنطبقة بحيث توفرت ألأصناف المقاومة للصدأ سنة 1956. وقد قام يوسف وآخرون (1996) بإدخال عدد من أصناف الهجن ألأمريكية لمحصول ذرة الفشار Popcorn بغية تهجينها مع الصنف المحلي شامية بابل وذلك لتحسين الصفات ألإنتاجية والنوعية للصنف المحلي من جهة وتكوين قاعدة وراثية واسعة يمكن ألأستفادة منها في إنتاج بذور السلالات النقية من جهة أخرى.

أسهمت الاتفاقية الدولية لتبادل الموارد الوراثية الداخلة في الغذاء والزراعة بفعالية كبيرة في تسهيل تبادل الموارد الوراثية بين كل المستفيدين، سواءً كانوا مربي نبات او مختصي الفسلجة والتكنولوجيا الحيوية، فضلا عن دورها في حفظ حقوق الملكية الفكرية واقتسام المنافع شاملةً المزارعين البسطاء الذين حافظوا على الاصول الوراثية والاصناف القديمة لأي محصول. وعليه، فان هذه الاتفاقية قد حققت الركيزه الاساس لعلوم وراثة وتربية النبات من خلال تسهيل تبادل الموارد الوراثية وبالتالي توسيع القاعدة الوراثية التي تخدم برامج الانتخاب والتهجين.

إن السنوات العشر الاخيرة، بضوء التهديد الانتقالي للمسبب المرضي لصدأ الساق الاسود (UG99) في الحنطة (القمح)، افرزت الاهتمام العالمي في ايجاد السلالات والموارد الوراثية المقاومة، اي التي تحمل جينات المقاومة، والتي دعت الى اجراء مسح وغربلة للموارد الوراثية العالمية من جهة وتبني مشاريع بحثية تعتمد اسلوب استحداث الطفرات الوراثية التي يمكن من خلالها استنباط خطوط وراثية تحمل جينات المقاومة لهذا المسبب المرضي، اذ انضمت الكثير من دول العالم لهذا المشروع الدولي الذي تبنته الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA.

3- إهداء وشراء الموارد الوراثية Gifts and purchase of Germplasm

كان ولا زال إهداء الجبل الوراثية لمحصول ما أو عدة محاصيل معمولا به، كجزء من علاقات الصداقة بين الدول أو قد تكون بنوايا سياسية، علمية وحتى إعلامية، كما قد تمثل هدايا شخصية بين الناس في مختلف الدول، مع ألإشارة الى أنه يجب تثبيت اسم ونوع وتفاصيل المادة الوراثية التي تم الحصول عليها بالإهداء في المراكز الرسمية المسؤولة عن حفظ الموارد الوراثية وتوزيعها، لتلافي المخاطر الناجمة عن إنتشار ألأمراض. قد يتم شراء

الموارد الوراثية من أقطار أخرى وذلك لإجراء التحسين الوراثي للأصناف المحلية أو لإدخالها في مجال ألإنتاج التجاري مباشرةً. من المعروف أن الصنف الزراعي الذي يعطي إنتاجاً عالياً في بلد ما قد يمثل مردوداً مادياً كبيراً من خلال بيع بذوره كمصدر للتقاوي أو للإستهلاك في بلدان أخرى، وهذا ما اهتمت به الاتفاقية الدولية لتبادل الموارد الوراثية الداخلة في الغذاء والزراعه، اذ اعطت حق اقتسام المنافع بدءاً من المزارع الذي حفظ وادام المادة الوراثية وعمل على توزيعها ونشرها ووصولا الى المراكز الدولية التي تهتم بتربية وانتاج الموارد الوراثية المتفوقة، ومن ثم توزيعها ضمن المشاتل الدولية التي ترسلها لكل المتعاونين معها في جميع انحاء العالم.

صيانة وتوزيع الموارد الوراثية Maintenance and Distribution of Germplasm

إن الجهود الكبيرة التي انصبت في تأسيس مراكز جمع ألأصول النباتية والتي انبثق عنها المركز العالمي للمصادر الوراثية النباتية، وتتضمن أيضاً النظام ألأمريكي العالمي للموارد الوراثية النباتية NPGS، كذلك تتضمن نظم دول أخرى. فالبورد العالمي للمصادر الوراثية IBPGR والتنسيق مع جميع أنشطة النظم العالمية، حيث يمثل هذا البورد مركزاً في المجموعة ألإستشارية للبحوث الزراعية العالمية CGIAR والتي تمثل قسماً من أقسام منظمة الغذاء والزراعة الدولية. الى جانب النظم العالمية لجمع وحفظ وصيانة الجبل الوراثية، فإن مراكز بحوث CGIAR كالمركز العالمي لتحسين الذرة الصفراء أو الحنطة في المكسيك CIMMYT ومعهد بحوث الرز العالمي IRRI والمعهد العالمي لبحوث المحاصيل في المناطق شبه الجافة ICRISAT المركز العالمي للبحوث الزراعية قي المناطق الجافة ICARDA كلها تعمل وبشكل مكثف ودؤوب للحفاظ على الموارد الوراثية وصيانتها وجعلها في متنلول يد العلماء والباحثين في العالم. على سبيل المثال لا الحصر، إن أي فرد في الولايات المتحدة ألأمريكية باستطاعته إدخال بذور أو أي وسائل إكثار أخرى سواءً كانت نباتية أم حيوانية من أي بلد من بلدان العالم، إذا ما استوفت شروط ومتطلبات خدمات تفتيش الصحة النباتية أو الحيوانية التابع للحكومة ألأمريكية، والاتفاقية الدولية لتبادل الموارد الوراثية الداخلة في الغذاء والزراعة، وهذا ألأخير له الحق في إختيار وحفظ البذور للإستخدامات الشخصية أو السماح بتداولها وتوفيرها من خلال نظام ألإدخال وألإستيراد النباتي ألأمريكي. كل فرد يقوم بتوريد الموارد الوراثية الى النظام المذكور يكون مشمولاً في الوقت الحاضر وفي المستقبل. بما يحتاجه من موارد وراثية ذات اختلاف وراثي genetic diversity وحاليا له حقوق الملكية في اقتسام المنافع وفق مقررات الاتفاقية الدولية لتبادل الموارد الوراثية. إن معهد وراثة النبات و الموارد الوراثية في ولاية ميرلاند، بلاتسفيل ألأمريكية يقوم بتصنيف وفهرسة النباتات المدخلة بحيث يتم جرد عددها وتدعى العملية PI. ثم ترسل المواد الوراثية المدخلة الى محطة ألإدخال النباتي المسؤولة عن حفظ وصيانة ألأنواع النباتية. ومن الجدير بالذكر، إن أغلب ألأنواع النباتية يتم حفظها في واحدة من أربع بنوك رئيسة، مثلما تحفظ بعض ألأنواع

النباتية بطرق أخرى، ويتم تحديد المحطة التي يزرع فيها النوع النباتي الذي تم إدخاله وفقاً لإحتياجاته البيئية، حيث تكون المحطة العلمية التي تزرع هذا النوع النباتي أو ذاك مسؤولة عن حفظ المادة الوراثية من خلال إنتاج البذور، وهو ما يمثل الهدف ألأول لهذه المحطات. إن بذور النباتات المدخلة تحفظ في بنوك البذور لأمد طويل في مختبرات فورت كولينز Fort Collins في ولاية كولورادو. أما الموارد الوراثية التي تتكاثر خضرياً، فيتم صيانتها وحفظها في واحد من عدة بنوك (مخازن) معدة لحفظ المواد الخضرية. وتختلف طريقة الحفظ باختلاف النوع النباتي والجزء النباتي، وغالباً ما تتم باستخدام أكياس خاصة وقطن أو فحم charcoal أو قد تستخدم قناني خاصة يتم ‘جراء التفريغ الهوائي فيها، كما تعقيم جميع العينات المحفوظة باستخدام المطهرات الكيميائية والمبيدات الفطرية لمنع ألإصابة.

يحفظ حالياً أكثر من 600,000 سلالة من نماذج البذور أو مواد التكاثر الخضري تم جلب معضمها من خارج الولايات المتحدة ألأمريكية، مع ألإشارة الى أن معظمها لا يمثل تراكيب وراثية محسنة، ويضاف لهذا العدد الهائل حوالي 7000 الى 1500 سلالة سنوياً. وبإمكان أي مختص في العلوم الزراعية والبيولوجية الحصول على الجبل الوراثية من الولايات المتحدة سواءً بالإتصال أو المراسلة لأي من المحطات الرئيسة ألأربع لغرض تزويده بما يحتاج خارج إطار الروتين،ثي او اي دولة عضو في الاتفاقية الدولية. في عام 1984 إبتدأ نظام المعلومات المبرمج بالحاسب ألألكتروني، لإعطاء بيانات ومعلومات عن الموقع والصفات وتوفر السلالات من خلال نظام ألإدخال النباتي وفروعه المختلفة. ويمكن حالياً لأي مستفيد ان يطلب اي مادة وراثية م اي بنك وراثي لتبادل الموارد الوراثية، بضوء المعلومات التي تقدمها البرامجيات الحاسوبية وانظمة الـ Bioinformatics، اذ تتوفر موارد وراثية موصوفة الى مستوى الجين.

تقييم المواد النباتية الداخلة Evaluation of Plant Introductions

إن تقييم بعض الصفات الزراعية للنباتات المدخلة يتم من خلال كادر الموقع الذي يقوم بصيانة وحفظ المواد الوراثية، واما التقييم ألأساسي فيتم من قبل أشخاص آخرين. إن تقييم الجبل الوراثية يمثل الخطوة ألأولى في تحديد مدى ألإستفادة من النباتات الداخلة وقد يختلف ألأشخاص القائمين بالتقييم لهذه المواد الوراثية من حيث كونهم مربي نبات أو فسيولوجيين معنيين بتحديد كفاءة البناء الضوئي وألإختلافات الوراثية أو قد يكونوا معنيين بالأمراض النباتية وتحديد المقاومة للأمراض (علي ويوسف، 2014). كل شخص يستلم مثل هذه المواد الوراثية يكون ملزماً بأن يعيد المعلومات التي تكونت لديه عنها أو الصفات التي قام بتقييمها الى المحطة التي أخذت منها العينات، بحيث تشكل هذه المعلومات سجلاً لهذا النوع النباتي أو ذاك. لكي يستفيد منها ألأشخاص ذوي العلاقة.

من الامثله المؤكده والايجابية ما قام به الكثير من مربي النبات في العالم عند ادخالهم بذور الاصناف والتراكيب الوراثية وحتى الاصول والاقارب البرية لبعض المحاصيل من

بلدانها الاصل الى بلدانهم لتسخيرها واستنباط الاصناف المتفوقة سواءً بالانتخاب المباشر او التهجين (يوسف، 1999). يوضح الجدولان (2–3 و 2–4) جانبا من عملية التقييم والغربلة والانتخاب للتراكيب الوراثية المدخلة من المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح CIMMYT الى العراق في اواخر القرن العشرين، والذي افرز توسيع القاعدة الوراثية لهذه المحاصيل والشروع ببرامج تربية وتحسين وراثي باهداف مختلفة على وفق الحاجة التي تتطلبها الظروف البيئية والزراعية في العراق (الجنابي واخرون، 2001).

البنوك الوراثية عالمياً

تحتفظ البنوك الوراثية التابعة للمجموعة الاستشارية للبحوث الدولية الزراعية (CGIAR) بصفة أمانة بماينهوف على 000 666 مدخل لأنواع المحاصيل، والأعلاف، والأشجار الحراجية
(جدول 2–5). يحتفظ البنك الوراثي لإيكاردا (ICARDA) وسمت(CIMMYT) بمايزيد على 000 300 مدخل، بما في ذلك الأقارب البرية لأنواع محاصيل مهمة. تشتهر المنطقة التي تعمل عليها كل من سمت، اي المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح وإيكاردا، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، بأنها موطن الاصل لأكثر المحاصيل المزروعة انتشاراً في العالم، وتضم إيكاردا ثلاثة مراكز من أصل ثمانية لمنشأ المحاصيل كما حددها العالم الروسي فافيلوف، وتم فيها تدجين محاصيل الشعير، والقمح، والعدس، والبيقية، وربما يكون العراق احد اهم هذه المراكز، ولا زال حيث يمتلك خزين وراثي كبير للانواع المنزرعة واقاربها البرية، مثلما يمت لك خزينا وراثيا لأنواع برية وغير برية لا زالت غير مستغلة في الزراعة والغذاء او الدواء. كما يمتلك تنوعا واسعا للكثير من الانواع النباتية التي لاتجدها متوفرة بكامل اطقمها في بلد اخر. على سبيل المثال لا الحصر، الانواع المختلفة للقمح والشعير والنخيل والنعناع والزيتون والسماق والخزيم ونبات ابو تيلون وغيره. على العموم، لاتزال الأسلاف والأقارب البرية موجودة في المنطقة حتى هذا اليوم، حيث تطورت تحت ظروف قاسية عبر آلاف السنين، وتمثل مصدراً لايقدر بثمن للمورثات التي تتسم بتحمل الجفاف والحرارة ومواجهة التأثيرات المتوقعة لتغّير المناخ. تعد حوالي 70% من موجودات مركز ايكاردا ذات مرجع جغرافي. مابين 1995 و1999، قامت مراكز المجموعة الاستشارية بشحن قرابة 94 000 عينة سنوياً لباحثين، ومربي محاصيل ومزارعين وبنوك وراثية أخرى في العالم. في خلال الفترة ذاتها، شحنت إيكاردا 017 31 عينة سنوياً، وهو الرقم الأكبر ضمن منظومة المجموعة الاستشارية (الجدول 2–1)، مثلما شحنت CIMMYT اطقم مختلفة لحنطة الخبز والمعكرونة (الحنطة الطرية والقاسية) الى المراكز

الجدول (2-3): المشاتل المدخلة من المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح من محاصيل الحبوب في عامي 19981997 / و 1999/1998 الى العراق.

المحصول	1998- 1997		1999- 1998	
	اسم المشتل	عدد التراكيب الوراثية	اسم المشتل	عدد التراكيب الوراثية
حنطة الخبز (الطرية)	18^{TH} ESWYT	50	6^{TH} HRYTW	35
	15^{TH} SAWSN	205	19^{TH} ESWYT	50
	30^{TH} IBWSN	193	6^{TH} SAWYT	50
	8^{TH} HRWSN	171	6^{TH} HTWYT	35
	97L-SAL	12	16^{TH} SAWS	174
			31^{TH} IBWSN	265
			9^{TH} HRWSN	135
			9^{TH} BYDSN	44
المجموع		731		788
حنطة المعكرونه (القاسية)	29^{TH} IDYN	50	30^{TH} IDYN	50
	29^{TH} IDSN	230	30^{TH} IDSN	280
	27^{TH} EDWYT	128	28 EDWYT	128
المجموع		408		458
الترتيكيل	29^{TH} ITYN	50	30^{TH} ITYN	50
	29^{TH} ITSN	240	30^{TH} ITSN	200
	FWTCL	110	53 FWTCL	100
			54 FWTCL	100
المجموع		400		450
الشعير	20^{TH} IBYT	25		
	25^{TH} IBSN	179		
	7^{TH} HBSN	87		
	F_2 BSXS	145		
المجموع		436		

الجدول (2–4): الغربلة والانتخاب لمشاتل حنطة الخبز والمعكرونة المدخلة من المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح من محاصيل الحبوب في عام 1998/1997 الى العراق وفقاً للمواصفات الزراعيه المدروسة*.

المحصول	المشتل	مدخل من التراكيب الوراثية	منتخب من	المتفوق من التراكيب الوراثية التي اظهرت تفوقاً في صفات					
				حاصل الحبوب	مقاوم		مبكر النضج	متحمل	
					للصدأ	للاضطجا		جفاف	ملوحة
حنطة الخبز	18TH ESWYT	50	26	13	26	48	9	9	–
	15TH SAWSN	205	72	46	56	168	54	–	–
	30TH IBWSN	193	61	35	32	165	28	–	–
	8TH HRWSN	171	34	28	48	129	8	–	–
	97 L–SAL	12	3	3	–	3	1	–	3
المجموع		631	196	125	162	513	100	9	3
حنطة معكرونة	29TH IDYN	50	16	12	13	45	0	17	–
	29TH IDSN	230	76	37	32	190	11	–	–
	27TH EDWYT	128	–	–	–	–	–	–	–
المجموع		408	92	49	45	235	11	11	–

متقزم
8
33
35
10
0
86
2
6
–
8

*العلامه – تعني عدم دراسة الصفة

الاقليمية التابعة لها والمتعاونين معها من الباحثين والعلماء والمستفيدين في مختلف بقاع الارض، مع تركيزها على محاربة الجوع والزراعة المستدامة في دول العالم الثالث، مما يشكل تنوعا وخزينا وراثيا يخدم القاعدة الوراثية لمحاصيل الحبوب من جهة، ويزيد فرص تطوير برامج
التربية والتحسين الوراثي من خلال زيادة فرص التباين الوراثي الذي يخدم برامج التهجين والانتخاب.

مثال – البنك الوراثي العراقي

ربما يكون العراق احد اكثر الدول العربية واقدمها سعياً لأنشاء بنك وراثي يعنى بالمصادر الوراثية النباتية. بدأت رحلات المستكشفون والاثاريون ومنهم Robert Braid Wood من جامعة شيكاغو الامريكية بعدة حملات الى مناطق التلال في شمال العراق ، وباشراف المعهد المتخصص بدراسات الشرق. ابتدأت من العقد الثاني او الثالث من القرن العشرين من قبل العلماء الانكليز والفرنسيين، تبعتها حملات اليابانيين في السبعينات. كان دور الباحث العلمي العراقي ولا يزال منحسراً في جانب الدراسات الخلوية البسيطة، والتي ابتدأت في مطلع الثمانينات من القرن الماضي، بهدف نقل صفات المقاومة للمسببات المرضية و/او الاضطجاع و الجفاف وتحمل البرودة وبعض الصفات النوعية، مثل ارتفاع محتوى البروتين، وتم نقل بعض الصفات الى الاصناف المحلية باستخدام تقنيات الزراعة النسيجية. على سبيل المثال، افرز التعاون العلمي لثلاث باحثين عراقيين مع المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح عن ادخال ما يزيد عن 3500 تركيب وراثي من الحنطة الطرية والقاسية واكثر من 1000 تركيب وراثي من القمح الشيلمي (التريتيكيل) وحوالي 300–500 تركيب وراثي من الشعير واكثر من 1200 سلالة نقية وصنف وهجين وتركيب وراثي من الذرة الصفراء (الجنابي واخرون، 2001 و يوسف، 2001). ان الفائدة التي تقدمها هذه المراكز ممثلة ببنوكها الوراثية للبلدان النامية والمتقدمة ايضا، تعد كبيرة وجوهرية، لأنها تدعم برامج التربية والتحسين الوراثي وادامة التباين والتنوع الحيوي، كما في أستراليا والولايات المتحدة. لم يخلق الله شيئا عبثا، بل كل شئ عند الله بمقدار. ولان البشرية تسعى الى الرفاهية والرخاء على حساب الإخلال بتوازنات الطبيعة باستنفاذ الثروات دون وعى، ومثله الجهل الكبير باهمية المحافظة على التنوع الحيوي، وما سببته الحروب والنزاعات واستخدام الاسلحة الفتاكة من تدمير للنظام البيئي القائم، فقد أدى ذلك الى إحداث الخلل البيئى الذى يضر فى النهاية بالإنسان، وقد أشار الى ذلك تقرير منظمة الأغذية والزراعة حيث ذكر ان 25% من النباتات والحيوانات على سطح الارض قد هدد بالانقراض فى السنوات القليلة الماضية، كما تعرضت 75% من المصادر النباتية الى الضياع وتعرضت مثلها

في الحقيقة، لم يأخذ البنك الوراثي العراقي نصيبه من الاهتمام والدعم العلمي والفني والمادي الا الجزء البسيط، وذلك لعدم اهتمام صناع القرار وعدم وجود المختصين في هذا المجال من جهة، وانحسار دوره العلمي على عملية الحفظ فقط دون تسخير موارده في برامج

التربية والتحسين الوراثي على وفق الاحتياجات الدقيقة، وذلك لعدم توافر شبكات المعلومات التي تعنى بتوصيف موجوداته من المواد الوراثية وجعلها في متناول يد مربي النبات طيلة عقود من الزمن.

الجدول (2-5) الموارد الوراثية المحفوظه لدى البنوك الوراثية العالمية التابعة للمجلس الاستشاري العامي للبحوث الزراعية (CGIAR) عام 2001.

CGIAR Center (location)	Crop	Total number of accessions	Average annual dissemination
CIAT (Colombia)	Cassava	8,060	344
	Common bean	31,400	910
	Forages	24,184	8,969
	Subtotal	*63,644*	*10,223*
CIMMYT (Mexico)	Wheat	154,912	3,503
	Maize	25,086	8,177
	Subtotal	*179,998*	*11,680*
CIP (Peru)	Potato	7,639	4,330
	Sweet potato	7,659	1,970
	Andean roots, tubers	1,495	6
	Subtotal	*16,793*	*6,306*
ICARDA (Syria)	Cereal	60,013	10,907
	Forages	30,528	8,576
	Chickpea	11,219	5,200
	Lentil	9,962	3,804
	Fava bean	10,745	2,530
	Subtotal	*122,467*	*31,017*
ICRAF (Kenya)	Agroforestry trees	10,025	NA
ICRISAT (India)	Sorghum	36,721	4,272
	Pearl millet	21,392	2,077
	Pigeon pea	13,544	1,729
	Chickpea	17,250	5,951
	Groundnut	15,342	4,009
	Minor millets	9,252	316
	Subtotal	*113,501*	*18,355*
IITA (Nigeria)	Bambara groundnut	2,029	52
	Cassava	3,529	913
	Cowpea	16,001	2,766
	Yam	3,700	258
	Others	5,537	520
	Subtotal	*30,796*	*4,509*
ILRI (Kenya)	Forages	13,204	2,038
IPGRI/INIBAP (Italy)	*Musa* spp.	1,143	78
IRRI (Philippines)	Rice	99,132	9,017
WARDA (Ivory Coast)	Rice	15,377	842
CGIAR total		***666,060***	***94,065***

الشكل (2-1) خزن البذور في البراد على درجة حرارة -22°م لأطالة عمرها الخزني مع الحفاظ على حيويتها.

الشكل (2-1) خزن البذور في البراد على درجة حرارة -22°م لأطالة عمرها الخزني مع الحفاظ على حيويتها.

فقدت بعض موجودات البنك الوراثية في الحرب الاخيرة، عام 2003 ولكن تمت المحافظة على الغالبية المهمة منه. يتوضح ان اعداد كبيرة من العينات النباتية محفوظة في عام 2008 لأهم المحاصيل الحبوبية والبقولية والزيتية والالياف والخضروات واشجار الفاكهة

والاقارب البرية ونباتات الادغال والاعشاب الطبية والعطرية (الشكل، 2-2 و 2-3 و 2-4). على العموم، يتم تسجيل وحفظ المعلومات الوراثية لكل كائن حي فى البنك بعمل التوصيف النباتي والوراثي الكامل، مع الصور الفونوغرافية كلما امكن ذلك. تحفظ المعلومات الخاصة به باستخدام الحاسب الالى، وتوثق ايضاً في السجلات الورقية. نشرت اعداد ثرية من المطبوعات الحديثة التي تعنى بالمصادر الوراثية النباتية العراقية، مع الاشارة الى تضافر جهود العاملين في البنك الوراثي في اصدار قرص مضغوط للموسوعة النباتية في العراق، (Flora of Iraq) لتسهيل معرفة أرصدة البنك الوراثي على مستوى القطر والدولة والمؤسسات والجامعات ومراكز البحث العلمى للاستفادة منها فى التحسين الوراثى، والذي يمثل حجر الزاوية فى برامج تربية النبات والتكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية. من المؤمل اعتماد تكنيك البصمة الوراثية لكل نوع نبات (صنف وتركيب وراثي) محفوظ، للتمييز بينها وحفظ صورة حاسوبية فى بنك الجينات لكل الاصول الوراثية كما موضحة في الشكل (2-4).

اتفاقية سايتس

تم التوقيع على اتفاقية سايتس في 3 اذار (مارس) عام 1973، وبدأ العمل بها في الاول من تموز (يوليو) 1973 وتستخدم آلياتها الإجرائية من قبل 162 دولة تشكل معاً الدول الأطراف في الاتفاقية، والتي تحتاج كل منها إلى تشريعات وطنية خاصة بمستوى كل دولة لتطبيق أحكام الاتفاقية. أما كيفية تنفيذ " السايتس " فإن ذلك يتم عبر إصدار تشريع وطني، يتم على ضوئه تعيين سلطة على ماذا تنص " سايتس " ، كيف تعمل .. وما هي أهدافها .. وفوائدها .. وما هي قطاعاتها؟

" **السايتس** " هي اتفاقية عالمية بين الحكومات تهدف إلى منع الاستغلال التجاري غير المستدام للأنواع الطبيعية، حيث وضعت إطاراً قانونياً عالمياً وآليات وإجراءات عامة لمنع التجارة الدولية للأنواع المهددة بالانقراض، بهدف تنظيم التجارة الدولية في الحيوانات والنباتات الفطرية المسجلة في ملاحقها بواسطة نظام للأذونات والشهادات بعد تحقق شروط معينة، إدارية وأخرى علمية، ومنع الاتجار في العينات عند خرق أحكام الاتفاقية، وفرض عقوبات على ممارسي التجارة غير المشروعة والسماح بمصادرة العينات التي يتم امتلاكها أو الاتجار فيها بصورة غير مشروعة.

تقوم السلطة العلمية بمسؤولية تقديم المشورة إلى السلطة الإدارية حول التحقق من عدم الإضرار بالنوع، وغير ذلك من الجوانب العلمية لتطبيق الاتفاقية، ورصد التجارة على مستوى الدولة المعنية. تتوزع الأنواع الخاضعة لنظم السايتس على ملاحق، الأول يتضمن الأنواع المعرضة للانقراض وهي 600 نوع حيواني و300 نوع نباتي، والملحق الثاني يتضمن أنواعاً ليست معرضة للانقراض، مع وجوب التحكم في الاتجار فيها حتى لا تصبح معرضة

للانقراض، وهي أكثر من 1400 نوع حيواني وأكثر من 000 22 نباتي، في حين أن الملحق الثالث يتضمن الأنواع التي طلبت بعض الدول المساعدة في حمايتها، وهي حوالي 270 نوعاً حيوانياً ونحو 30 نوعاً نباتياً.

يعد التعاون والشراكة بين المنظمات الداخلية في الدولة أمراً بالغ الأهمية، وهذه المنظمات هي سلطات » السايتس « والجمارك والشرطة والعدل إضافة إلى قطاعات إدارة الموارد .

الاهداف المتوخاة

تنوعت واتسعت الاهداف المنشودة لحفظ وصيانة المصادر الوراثية النباتية بحسب المدى الزمني المراد لها وكما يأتي:

اولاً: الاهداف بعيدة المدى

- الحماية والاستخدام المستدام للمصادر الوراثية النباتية .
- الاستفادة من الميزات النسبية لكل منطقة بيئية والمحافظة على الاصول الوراثية .
- بناء القدرات لمختلف الانشطة ذات العلاقة بالمحافظة على المصادر الوراثية النباتية.
- تبادل المعلومات حول المصادر الوراثية النباتية بين البنوك الوراثية المتخصصة.
- زيادة الوعي بين الباحثين وصانعي القرار حول انشطة المصادر الوراثية النباتية.
- تأمين المصادر الوراثية لبرامج التحسين الوراثي.

ثانياً: الاهداف قصيرة المدى

- تبادل الخبرات العلمية والفنية على المستوى الاقليمي والدولي وتقديم المساعدة الفنية لأي بلد في اعداد وتنفيذ برامجه الوطنية للاصول الوراثية النباتية.
- تعزيز الروابط بين المستخدمين على المستوى الوطني وشبه الاقليمي والاقليمي والدولي.
- تبادل المعلومات بين البنوك الوراثية الوطنية والمنظمات الاقليمية والدولية ذات العلاقة.

الشكل (2-2) التنوع الحيوي والتغاير الوراثي ضمن النوع النباتي الواحد، الركيزة الاساس لبرامج التحسين الوراثي.

الشكل(2-3): جمع وتنظيف وتنقية البذور كجزء من اعمال ادامة الحيوية.

الشكل(2-4): حفظ البذور والعينات النباتية في قناني لدى البنك الوراثي.

مقترحات تطوير البنوك الوراثيه العربية

- انشاء المركز الوطني للمصادر الوراثية النباتية ليضم مجموعة من البنوك الوراثية المتخصصة او التي تنشأ لاحقا. يرتبط المركز الوطني للمصادر الوراثية النباتية بوزارة الزراعة على المستوى الوطني وبالمركز العربي للتنسيق والمعلومات للمصادر الوراثية النباتية باعتباره جزءا من البنك الوراثي شبه الاقليمي.
- يشكل لكل بنك وراثي متخصص لجنة تسيير تضم مختصي تربية النبات والمصادر الوراثية.
- يتم رسم السياسات الخاصة بكل بنك من قبل لجنة التسيير بحسب خصوصياته وبما يتماشى مع المصالح الوطنية والدولية للمحافظة على المصادر الوراثية النباتية.

مهام البنوك الوراثية المتخصصة

- التخزين طويل الامد.
- التأكد من عدم ازدواجية المدخلات الوراثية.
- تسهيل تبادل الموارد الوراثية بين مربي النبات وبقية المستفيدين من جهة ومع الدول الاخرى، من جهة ثانية.
- تنسيق الانشطة التي تسهم في فهم افضل استخدام مستدام للمحافظة على المصادر الوراثية النباتية (بحثية، بناء قدرات، الجمع والتوثيق، تبادل المعلومات و... الخ).

البنوك الوراثية والمعلوماتية

قامت وحدة المصادر العالمية بتأسيس وحدة البيوفيرسيتي، وهي وحدة حاسوبية تختص بالتنوع الحيوي، تعتمد في اولى مهام عملها على جعل المعلومات المتعلقة بالمصادر الوراثية

النباتية في متناول يد الباحثين والعلماء، الى جانب الاهتمام بجمع وتوثيق كل المعلومات العلمية والتصنيفية لكل مدخل ضمن قاعدة بيانات دقيقة وكفوءة وسهلة المنال والاستخدام مستندين الى برنامج النظام الواسع للمصادر الوراثية System- wide genetic resources programme وهو ما يرمز له (SGRP)، والذي يعود الى المجموعة الاستشارية للبحوث الزراعية العالمية Consultant Group on International Agricultural Research (CGIAR). وبناءا على ذلك، تم اقتراح تنظيم ورش عمل على غرار الوحدة الحاسوبية لكي تلبي الاحتياجات العلمية وتسهل التعاون في مجال البحوث في مختلف بقاع الارض، وذلك لأهمية التنوع الحيوي ودوره الفاعل في تعظيم استخدام الموارد الوراثية.

بدأت برامج التنوع الحيوي لتحقيق التنمية المستدامة في مؤتمر نيروبي- كينيا في 23-25/ تشرين الاول (اكتوبر)/ 2003، بمشاركة اكثر من 60 عالم وباحث من 35 دولة. افرزت نتائج المؤتمر تأكيد الحاجة لتفعيل نشاط هذه الوحدة، واوصوا بالاتي:

1. تعريف طرائق الاتفاق حول معرفة ومراقبة التنوع الحيوي الزراعي.
2. اقرار التنوع الحيوي وتقوية دوره في الممارسات الحقلية الجديدة.
3. دراسة ذلك الجزء من التنوع الحيوي الزراعي وبيان دوره في العلاقة بين المجتمعات الريفية والحضرية.
4. التعريف بفرص تقوية وتكثيف الجهود لزيادة وادامة التنوع الحيوي.

لا يفوتنا ان نذَكر بان التنوع الحيوي يتضمن كل النباتات التي تدخل في الغذاء والزراعة واقاربها البرية وطرزها الوراثية landraces من نباتات المحاصيل والخضر والفاكهة والاشجار والمراعي والحيوانات الداجنة والاسماك وكل انواع الملقحات التي تساعد في الانتاج، والكائنات الدقيقة وكائنات التعايش الايجابي simbiosis والافات والمتطفلات وكائنات المنافسة واحياء التربة الاخرى و...الخ. وبهذا الخصوص، صنَف ميثاق التنوع الحيوي نوعين من هذا التنوع، هما: الارث الذي يديره الانسان من خلال التعامل على وفق احتياجاته، والارث غير الداخل في اهتمام الانسان، وبالتالي لا توجد ادارة او تعامل ومعالجة له بصورة مباشرة، ولكنه يقدم، وعلى الاقل، مظاهر وعناصر اساسية في الانتاج، وعلى سيل المثال ميكروبات التربة او ملقحات النباتات التي تدخل في غذاء الانسان او الحيوان.

فوائد ألإدخال النباتي Utilization of Plant Introductions

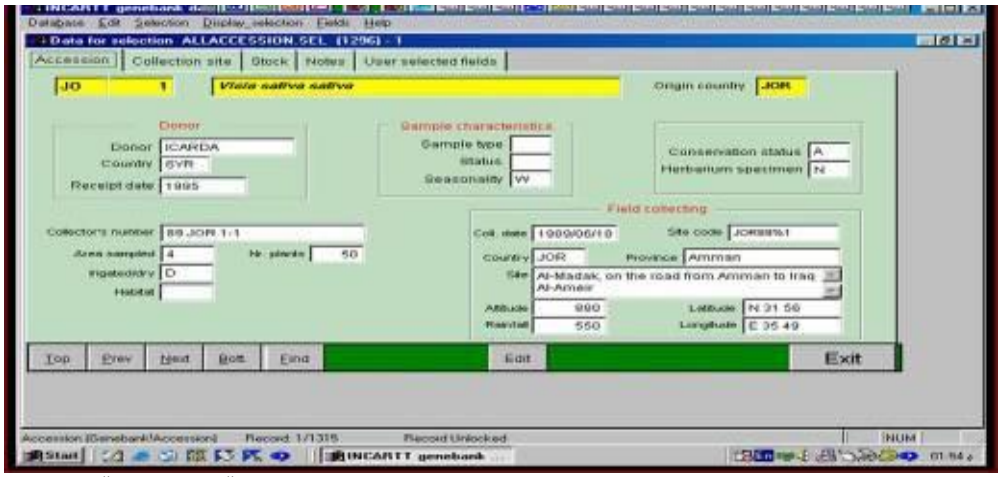
ع ندما يتم تطبيع ألأنواع النباتية للإنتاج التجاري، تستخدم النباتات المدخلة مباشرةً كأصناف (الجبوري واخرون، 1999). ألإسلوب العام المتبع هو إدخال أفضل ألأصناف من البلدان التي يعطي فيها المحصول أعلى إنتاج تجاري، اذ يتم تقييمها ثم إطلاق أفضلها الى المزارعين. وقد يتضمن إدخال السلالات التجريبية من البلدان التي تجري فيها برامج التربية

للنوع النباتي المراد إدخاله. إن النباتات المختلفة وراثياً أو نباتات التلقيح الخلطي، تعطينا فرصة مناسبة لإنتخاب أفضلها المتفوقة التي يمكن تسميتها بألأصناف، ويعني ذلك، أن تقييم واطلاق النباتات يعطي فرصة لإنتخاب أصناف جيدة للمحصول الجديد، كما يمثل ألإدخال أحد مصادر ألآباء في برامج التهجين وفي برامج تطوير ألأصناف (علي ويوسف، 2014 ويوسف، 1999 و يوسف واخرون، 1998). ويجب أن لا يغيب عن بال المربي، بأن ألأسماء العلمية للنباتات تقدم وسيلة من الوسائل الواضحة للعلاقات التصنيفية بين النباتات مما يساعد على وضع وتحديد نقطة البداية في إنتخاب ألأنواع النباتية التي تحتوي على جينات مفيدة، بحيث يمكن نقلها الى ألأنواع النباتية المتررعة.

إن القيمة المطلقة في كون النوع النباتي الداخل يمثل مصدراً جيداً للصفات النباتية، هو ما يتطلب ذلك من فهم العملية في نقل الجينات الملائمة الى الأصناف المنزرعة. وللتعرف على هذه الحقيقة، فإن Harlan و Wet قد افترضا عام 1971 تصنيفاً للنباتات ضمن ثلاثة مجاميع هي:

1- مجموعة الجينات ألأولية Primary gen Pool

هذا النوع يختص وجوده في ألأنواع المتررعة وألأنواع النباتية المرتبطة بهـا والتي يمكن من خلالها نقل الجينات من ألأنواع النباتية المرتبطة الى ألأنواع المتررعة بسهولة في برامج تطوير ألأصناف. وما يتحتم ذكره، إن التهجين في حالـة الجينات ألأولية يكون بسيطاً كما أن ارتفاق أو ازدواج الكروموسومات خلال ألإنقسـام الميزوي في نباتات الجيل ألأول يكون طبيعياً، وبالتالي يمكن الحصول على نباتـات الجيل الثاني. أما بالنسبة للإنعزال الوراثي للجينات في المجتمع النباتي، فانه يتم في نباتات الجيل ألأول وبشكل اعتيادي.



الشكل(2-5)التوثيق الحاسوبي للعينات النباتية المحفوظة

2- مجموعة الجينات الثانوية Secondary gene pool

تتضمن هذه المجموعة من الجينات تلك ألأنواع التي يمكن نقل جيناتها الى ألأصناف المتررعة، ولا تخلو عملية النقل هذه من الصعوبة. فعند تهجين التراكيب الوراثية للأصناف المتررعة مع تلك التي لها جينات ثانوية يراد نقلها، فإنـــه يتم الحصول على البذور الهجينة، أما نباتات هجن الجيل ألأول فتكون ضعيفة، وقد يصعب المحافظة عليها. وقد يكون ألإزدواج الكروموسومي خلال مرحلة ألإنقسام الميوزي ضعيفاً أو قد لا يحدث على ألإطلاق، وقد يكون الهجين عقيماً، وقد لا يكون ألإنعزال الوراثي في ألأجيال اللاحقة طبيعياً وبالتالي قد لا يمكن الحصـــول على الجينات المرغوبة من أنواعها النباتية.

3- مجموعة جينات الدرجة الثالثة (الثلثية) Tertiary gene pool

في هذا النوع من مجاميع الجينات التي يراد نقلها الى ألأصنــاف المتررعة، يتطلب توفر تقنيات خاصـة الى جانب التقنيات التقليدية الحالية وقد يحدث التهجين أو التزاوج بين بعض ألأنواع النباتية الحاملة للجينات ألأولية والنباتـــات الحاملة لجينات الدرجة الثالثة، وقد يحدث ألإخصاب لإنتاج الجنين الهجين Hybrid Embryo، فإذا تعذر الحصول على بذور هجينــة ناضجة، فإن من الممكن إستخدام تقنية زراعة ألأجنة للحصول على نباتات هجينة خصبة، أما في حالة الحصول على بذور هجينة فإنه من الوراد جداً موت النبات الناتج من هذه البذور أو قد يكون عقيماً إذا ما بقي على قيد الحياة. لذا فإن إجراء التطعيم أو زراعة ألأنسجة في مثل هذه الحالة يكون ضرورياً لتأمين الحصول على بعض الخصوبة في نباتات الهجن.

من المجاميع الثلاثة للجينات ألآنفة الذكر، فان الجينات ألأولية تأخذ أكبـر ألإهتمام من قبل مربي النباتات لتحسين ألأصناف وتطويرها. فعند عدم توفر صفة معينة في ألأصناف المتوفرة التي تعطي هذه الصفة قد يمكـن الحصول عليهـا من ألأنواع المرتبطة أو ألأنواع البرية أو أنسال الصنف البرية أو من أنواع ألأدغـــال. هذا مع ألأخذ بنظر ألإعتبار، بأن ألأنواع البرية أو نباتات ألأدغال تحمل صفـــات غير مقبولة في أصناف المحاصيل، وتتضمن هذه الصفات: ألإنفراط، ألإضطجاع، والحساسية والبذور الملونة، وبذور صغيرة الحجم. إن تطوير صنف مـا ليمتلك صفات مرغوبة نقلت في ألأصل من نباتات ألأدغال أو ألأنواع البرية، غالباً ما تتم باستخدام التضريب الرجعي لعدة مرات مع ألأب التكراري للنوع المتررع. أما الصعوبات التي تكمن في نقل صفات مرغوبة، فيكمن في إنتقال صفات أخرى غير مرغوبة معها، وهذا يعود الى حالة التلازم Linkage بين الجينات المرغوبة وغير المرغوبة. أما حالة الجينات الثانوية، فإنها تعتبر مرجعاً لمربي النبات عند عدم توفر الجينات المرغوبة في حالة الجينات ألأولية. ثبت أن عملية نقل الجينات الثانوية الى ألأصناف المتررعة تمثل خطوة مهمة وضرورية لتطوير صنف ما كما في حالة نقل جينات المقاومة للأمراض الفطرية. بينما تضيق السبل أمام مربي النبات لتوجـه تفكيره الى استخدام تقنيات

خاصة لنقل الجينات عند فشل عملية النقل في الحالتين ألآنفتي الذكر. وتحتاج عملية نقل جينات الدرجة الثالثة الى المزيد مـن الوقـت والجهد والتكاليف، وعلى الخصوص تدريب العاملين من أجـل تطبيق كافــة خطوات العمل بصورة دقيقة وصحيحة لنقل الجينات. ان البحوث والدراسات الموسعة في مجال زراعة ألأنسجة وبيولوجيا المستوى الجزئي وربما هندسة وتطوير ألأجهزة المتخصصة في هذا السلك العلمي تؤدي بالتأكيد الى توسـيع إستخدام جينات الدرجة الثالثة من أجل تحسين المحاصيل في المستقبل.

مخاطر عدم كفاية ألإختلاف الوراثي Consequences of Insufficient Genetic Diversity

هناك حالتين للإختلاف الوراثي تؤثران في كيفية تطوير صنف ما، وكيفيــة إستخدام ألإختلاف الوراثي في ألإنتاج الزراعي والعواقب التي تؤدي الى فشــل أو قلة ألإختلاف الوراثي، وهاتين الحالتين هما:

1- التعرض لتلف وراثي genetic vulnerability

يرجع التلف الوراثي الى إحتمال حدوث مشكلة غير متوقعة بحيث تـــؤدي الى فقدان كبير في إنتاج أغلب ألأصناف لمحصول ما. إن هذا ألإحتمال قد حصل فعلاً وأكتسب أهمية كبيرة عند حدوث الكارثة الوراثية لمــرض لفحة ألأوراق الجنوبية في محصول الذرة الصفراء والذي أضر بإنتاج الولايات المتحدة ألأمريكية في أوائل السبعينيات. هذه الحالة دعت الحكومات الى إتخاذ التدابير وألإحتياطات اللازمة بحيث عللت الجهات العلمية هذه الكارثة بسبب ضيق المصادر الوراثية المستخدمة أي بمعنى قلة أو إنعدام وجود ألإختلاف الوراثي.

2- ارتفاع معدلات الانقراض

منذ حوالي نصف قرن، برز تناقص وانقراض التنوع البيولوجي كقضية بيئية رئيسية، وذلك بسبب ارتفاع معدلات الانقراض للحيوانات والنباتات والكائنات الحية الدقيقة، ارتفاعاً متسارعاً لم تشهده الكرة الأرضية خلال العصور الماضية، والتي دلت التقديرات المبنية على السجلات الحفرية العائدة لها، أن معدل الانقراض المرجعي في الثدييات والطيور كان يجري بمعدل انقراض نوع واحد في كل 50 إلى 100 سنة، في حين أن الاتحاد العالمي لصيانة الطبيعية " IUCN "، في آخر إحصائية له أفاد أن حوالي 24% أي 1130 نوعاً من الثدييات 12% أي 183 نوعاً من الطيور تعتبر حالياً مهددة بالانقراض، في حين أن معدل انقراض المجموعات الفقارية قد يصل خلال القرن القادم إلى 15-20% .

أسباب الانقراض

مجموعات كبيرة من العلماء أخذت تدرس بجدية أسباب انقراض التنوع البيولوجي، فتبين لها أن تغير المناخ والاحتباس الحراري برز خلال التسعينات كمهدد خطير للحياة

الفطرية، خاصة بعدما بينت التقارير ابيضاض الشعاب المرجانية منذ عام 1989 بسبب ارتفاع حرارة المحيطات في العالم، كما أن الاهتزاز الذي أحدثه " نينو " الجنوب في المكسيك على أواخر الثمانينات أدى إلى نفوق 90% من الشعاب المرجانية في أغلب محيطات العالم. توصلت هذه المجموعات أيضاً إلى أن الترسب النيتروجيني في الغلاف الجوي يعود سببه إلى زيادة استخدام الأسمدة وحرق الوقود الاحفوري، ومن المتوقع أن تؤدي زيادة النيتروجين في التربة والمياه إلى فقدان التنوع البيولوجي فيها، أو إحداث تغيرات في تركيبة الحياة الفطرية النباتية، وبروز الطحالب السامة في المياه. أن التسرب النفطي في البحار وزيادة اطلاق الغازات الملوثة للبيئة وخصوصاً غاز ثاني اوكسيد الكاربون وزيادة استهلاك الموارد الطبيعية، والتجارة الدولية للثروات البحرية والزراعية وغيرها فضلاً عن استخدام التقنيات البيولوجية ودخول أنواع من الكائنات الغازية إلى مناطق غريبة عن بيئتها الأصلية، أدى ذلك كله إلى تهديد التنوع البيولوجي بالانقراض المحتّم.

تشير التقارير الدولية ان أعلى معدل انقراض لفصائل الحيوانات زاد فى الآونة الأخيرة وان 770 صنفاً منها معرض للانقراض فى العشر سنوات القادمة. ان تعرض التنوع الحيوي، بجميع اشكاله، الى التهديد وعدم الاهتمام وبالتالي الانقراض، سوف يضر بالبشرية جميعا، وليس بالدول الفقيرة فحسب، بل الدول الغنية ايضا فى القريب العاجل. أن حوالي 150 نوعاً من الثدييات و411 نوعاً من البرمائيات و232 من الطيور و12 فصيلة من السلاحف، كلها مهددة بالانقراض كونها تعيش في مناطق غير محمية، مما يؤكد وجوب جعل الحفاظ على البيئة مشروعاً عالمياً، وذلك بإضافة أماكن كثيرة إلى المحميات، منها مناطق تقع في الحزام الاستوائي، وأغلبها جزر وجبال في أميركا الوسطى والكاريبي وشرق وغرب أفريقيا والهند وماينمار إضافة إلى المحيط الهادي.

تتمثل أسباب فقدان التنوع البيولوجي الأساسية وارتفاع معدلات انقراض الكثير من الانواع النباتية والحيوانية، بتضخم النمو السكاني وأنماط الاستهلاك غير المستدام والحاجات السكانية التي تفرز زيادة إنتاج النفايات والملوثات، فضلاً عن مخلفات الحروب والصراعات الدولية وسوء استخدام الثروات والموارد.

استطاع الانسان، ولاول مرة فى التاريخ، ان يمتلك الوسيلة التي يطوع من خلالها المخزون الوراثى لجميع الكائنات الحية بما يرضى طموحه وأحلامه. فاصبح من الممكن ان توضع التراكيب الوراثية لصور الحياة الارضيه على مائدة العمليات الوراثية لتصبح مطوعة فى يد مهندسي الجينات الوراثية لاستحداث نباتات وكائنات حية دقيقة، بهدف تغيير وظائفها البيولوجية عن طريق إضافة جين جديد مرغوب او إزالة جينات تحمل صفات وراثية غير مرغوبة او تعديل نظام عمل وكفاءة جينات تحمل صفات وراثية مرغوبة. من هنا تظهر أهمية التغاير الوراثي ووجود مصادر وراثية طبيعية، يتمكن علماء الوراثة الجزيئية من خلال استخدامها تحقيق أهدافهم، اى لا توجد هندسة وراثية بدون مصادر وراثية. لذا يبحث العلماء

عما وهبه الله لخلقه فى الارض من المصادر الوراثية المتمثلة بالنباتات المدجنة والبرية والحيوانات والكائنات الدقيقة والتى تستخدم فى حل مشاكل.

تحسين الصفات الكمية Improvement for quantitative characters

هذا يعني ألإهتمام بالصفات الكمية وصفات مكونات الحاصل لتحسينها بطرق ألإنتخاب المختلفة وصولاً الى تحسين صفة الحاصل. استخدمت التحاليل الاحصائية والوراثة الكمية من قبل العديد من مربي النبات في برامج التربية والتحسين (Balzarini واخرون، 2002 و Flachenecker واخرون، 2006 و Lstiburek واخرون، 2005 و Milligan واخرون، 2003 و Perkins و Jinks ، 1968 و Piepho و Williams، 2006) لأنتخاب توليفات الاباء التي تعكس تأثيرات التهجن الرئيسة في ذرياتها. وعليه، فان المراجعة العلمية في هذه الدراسة ستناقش بعض المظاهر المتعلقة بالستراتيجيات الرئيسة ومواطن القوة والضعف. اما غربلة الاباء استناداً للبيانات المظهرية، فان تربية اي نبات على وفق تحسن الصفات المرغوبة بامثل صيغها وقيمها الكمية المقاسة انما يستند على تحوير الشكل الهندسي للنبات او ما يعرف Ideotype breeding (Khush، 2005). وعليه، فان مربي النبات يسعى لممارسة اعادة تركيب بعض الصفات في خيارات التربية التي يقوم بها على اساس توريث الصفة المرغوبة افضل القياسات الكمية التي يمكن تحقيقها، ضمن الموارد الوراثية المتاحة له قيد برنامج التربية.

مخاطر التنميط الوراثي

التنميط الوراثي من افرازات الزراعة القائمة على استخدام المكننه. ويتمثل هذا النظام من الناحية النموذجية، في زراعة مساحات شاسعة بصنف واحد مرتفع الغلة باستخدام مستلزمات عالية التكلفة مثل الري وألأسمدة والمبيدات لزيادة ألإنتاج الى أقصى حد ممكن. وفي غمار هذه العملية تزول وتختفي أصناف المحاصيل التقليديةليس فحسب، بل وأيضاً النظم الايكولوجية الزراعية التي استقرت منذ فترة بعيدة بالإضافة الى المفترسات الطبيعية التي تساعد على مكافحة ألآفات. يهدد التنميط الوراثي بالتسبب في كارثة محققة لأنه يجعل المحصول شديد التأثر بالآفات وألأمراض ـ فالآفة أو المرض الذي يصيب نبات واحد ينتشر سريعاً في المحصول بأسره.

تعد المجاعة التي اجتاحت ايرلندا في أربعينيات القرن الماضي وعرفت باسم مجاعة، مثلاً مفجعاً لمخاطر التنميط الوراثي. لم يسلمأي من ألأصناف القليلة من البطاطا المزروعة في ايرلندا في أربعينيات القرن الماضي من اجتياح الوباء. وتمكنت هذه الآفة من القضاء تماماً على محصول البطاطا، فانتشرت المجاعة التي قضت على أكثر من مليوننسمة وأدت الى هجرة مليون نسمة آخرين الى العالم الجديد.

في فترة أقرب عهداً، أدى التنميط الوراثي الى أضعاف قدرة محصول الذرة في الولايات المتحدة على مقاومة آفة زراعية دمرت ما قيمته نحو بليون دولار من الذرة وقللت الغلة بنسبة تصل الى 50 في المائة. كان أكثر من 80 في المائة من أصناف الذرة التجارية المزروعة في الولايات المتحدة معرضاً للإصابة بتلك الآفة المسماة لفحة ألأوراق –الجنوبية. غير أن الباحثين تمكنوا في نهاية المطاف من العثور على صفة مقاومة لهذا المرض في صنف من الذرة ألأفريقية يدعى مايوريبلا. وبعد محاولات Harlan و Vavilov وغيرهم أصبحت المصادر الوراثية ذو أهمية كبيرة ليس فقط لعلماء تربية النبات بل لعلماء تربية الحيوان وأصبحت تدخل تحت موضوع التنوعالحيوي. اذ يوفر التنوع الحيوي توليفات متباينة من الجينات تعد بمثابة المادة الخام التي تنتج ألأصناف النباتية والسلالات الحيوانية المتنوعة والمنفردة من الناحية الوراثية تدين بوجدها الى 3000 مليون سنة من التطور الحيوي الطبيعي والى جهود ألإنتخاب والرعاية التي بذلت من قبل قدماء المزارعين والفلاحين على مدى 12000 سنة تقريباً منذ أن عرفوا الزراعة.

تمثل الموارد النباتية سواء استخدمت في إطار نظم الزراعة وطرق التربية التقليدية أو الحديثة أو في إطار الهندسة الوراثية مورداً عالمياً مهماً للإنسان وكلما اضمحل التنوع الحيوي قلت القدرة في الحصول على أصناف مقاومة للأمراض والحشرات وذات إنتاجية عالية. إذن يمكن القول أن الموارد الوراثية وسيلة كفيلة بتعزيز ألأمن الغذائي، ولا بد من التطرق الى موضوع مهم وهو تعرض التنوع الوراثي النباتي المستخدم في الزراعة لشتى المحاصيل التي تمد ألإنسان والحيوان بالغذاء وأقاربها البرية المختلفة للفقدان والضياع بمعدل يزداد عام بعد عام.

محددات التحسين الوراثي Limitation of genetic improvement

إن قلة ألإختلاف الوراثي، أي كفايته في الآباء المستخدمة في تكوين المجتمعات النباتية من خلال التهجين أدى الى خفض التغايرات الوراثية الناتجة والتي تنضح بشكل جلي في الصفات الكمية، وبالنتيجة، فإن تحسين صفة ما يكون صعباً أو حتى مستحيلاً. تظهر محددات وعوامل عديدة تؤثر في درجة النجاح المتأتية في تربية محصول ما، وهذا يبدو واضحاً في تأثير عدة عوامل في تحسين صفة الحاصل مثلاً. لذا فإن مربي النبات يقوم بالإنتخاب لعدة سنوات بقصد إيجاد ومعرفة التركيب الوراثي الذي يبدي زيادة معنوية في الحاصل نتيجة التحسين الوراثي. أي بمعنى آخر، إن التحسين الوراثي لحاصل الحبوب غالباً ما يكون متقطعاً Sporadic ولا يمكن التنبؤ به unpredictable وقد يتطلب عدم حدوث زيادة في حاصل الحبوب لعدة سنوات للتأكد من حدوث إستقرار نسبي للحاصل. لذا يلجأ الكثير من مربي النبات الى تحسين صفة أو صفات أخرى مرتبطة ارتباطاً كمياً بالحاصل، وقد يحصل جلب آباء لغرض إستخدامها في التهجين لغرض التحسين، وهي تمثل في الحقيقة أسلوباً آخر من ألأساليب الكفوءة في إدخال التغايرات.

تقليل التلف الوراثي الى الحدود الدنيا Minimizing Genetic Vulnerability

هناك ثلاث خطوات ترتبط مع بعضها وتستخدم لخفض التلف الوراثي الذي يمكن حدوثه: التحكم والسيطرة على المشاكل التي تؤثر في ألإنتاج كالأمراض مثلاً. تطوير ألأصناف التي لا تتأثر بدرجة كبيرة من الخطورة بالمشاكل الزراعية المحتملة. إستخدام مثل هذه ألأصناف في إنتاج المحاصيل. فمثلاً تعني السيطرة على ألأصابات الفطرية معرفة جميع السلالات المرضية، وما يدخل من الجديد من هذه السلالات الى القطر، وكذلك ألأمراض الجديدة المحتمل دخولها من البلدان الأخرى.

اهم المراجع

- الجنابي، خزعل خضير وعماد محمود غالب وضياء بطرس يوسف. 2001. إدخال تراكيب وراثية لأستنباط اصناف جديدة من محاصيل حنطة الخبز والمعكرونة والقمح الشيلمي والشعير تلائم ظروف البيئه العراقية. جلة التقني 76: 124 – 134.

- الجبوري، عبد الجاسم محيسن وخضير عباس جدوع ومحمود اسماعيل سلبي وضياء بطرس يوسف وميثم عبد الهادي السوداني. 1999. اعتماد صنفين جديدين من الحنطة الناعمة (*Triticum aestivam* L.) للمناطق المروية من العراق . مجلة الزراعة العراقية (عدد خاص) 4 (2) 1- 16 .

- علي، اياد حسين وضياء بطرس يوسف. 2014. تقويم سبعة عشر هجيناً مدخلاً من الذرة الشامية بالمقارنة مع الصنف المحلي (شامية بابل) تحت ظروف المنطقة الوسطى من العراق. مجلة الفرات للعلوم الزراعية. 6(2)143-151.

- يوسف. ضياء بطرس ورعد محمود سلمان وعزيز حامد مجيد وجلال ناجي محمود. 1996: تهجين الأصول ألأجنبية بالتربية والتهجين مع ألأصل المحلي للذرة الصفراء الشامية تقرير داخلي، قسم النبات، مركز البحوث الزراعية والبايولوجيا. دائرة الأبحاث العلمية. ص. ب 765 بغداد/ جمهورية العراق.

- يوسف، ضياء بطرس وحميد جلوب علي وجلال ناجي محمود وعزيز حامد مجيد. 1998. دراسة مقارنة اصناف مختلفة من الذرة الصفراء في الزراعة الربيعية، تحت ظروف المنطقة الوسطى من العراق. مجلة دراسات (العلوم الزراعية) 25: 116 – 124.

- يوسف، ضياء بطرس. 1999. تربية الذرة الفشار (الشامية) بالتهجين والانتخاب مجلة البحوث الزراعية العربية 3 (2) 176 – 189.

- يوسف، ضياء بطرس 2009. الاتفاقية العالمية لتبادل الموارد الوراثية: الاهتمام العالمي والطموح العلمي. دراسة موثقة، النشره السنويه للاصناف النباتي المسجلة والمعتمده في العراق.

- Balzarini, M. S.; B. Milligan and M. S. Kang.2002. Best linear unbiased trials. In: Kang M. S. (ed.), Crop Improvement: challenges in the twenty-first century. Haworth Press, Inc., NY.

- Bertan, I.; F. I. F. de Carvalho and A. C. de Olivera. 2014. Parental Selection strategies in plant breeding programs. Crop Sci. Biotech. 10(4)211-222.

- Dempewolf, H.; G. Baute; J. Anderson; B. Kilian; C. Smith; and L. Guarino. 2017. Past and future use of wild relatives in crop breeding. Crop Sci. 57: 1070–1082. doi: 10.2135/cropsci2016.10.0885

- Flachenecker, C.; M. Frisch; K. C. Falke and A. E. Melchinger. 2006. Trends in population parameters and best linear unbiased prediction of progeny performance in a European F_2 maize population under modified full – sib selection. Theor. Appl. Genet. 112:483-491.

- Harlan .J.R.1971 . Agricultural origins: centers and noncentrs. Science 174:468-474

- Harlan J.R.1975. Crops and man. Amercing Society of Agronomy. Madison. WI. USA

- Harlan, J. R.and J .M.J de wet .1971. Toward a rational classification of cultivated plants Taxon 20:509-517.

- Hawkes, J.G. 1981. Germpasm collection preservation, and use. PP.57-83.In K.J. frey (ed) plant Breeding .Iowa State University press. Ames. USA

- Khush, G. 2005. What is willtake to feed 5.0 billion rice consumers in 2030? Plant Mol. Biol. 59:1-6.

- listiburek, M.; T. J. Mullen; T. F. C. Maackay and D.Li. B. Huber. 2005. Positive assortative mating with family size as a function of predicted parental breeding values. Genetics 171:1311-1320.

- National Academy of Science. 1972. "Genetic Vulnerability of Major crops. Wasnington, D.C.USA.

- Perkins, J. M.; and J. L. Jinks. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23:339-356.

- Pieoho, H. P. and E. R. Williams. 2006. A comparison of experimental designs for selection in breeding trials with nested treatment structure. Theor. Appl. Genet. 113:1505-1513.

- Schoener, C.S; and W.R.Fehr 1979 Utilization of plant introduction in soybean population. Crop Sci.19:185-188

- Vavilov, N.I. 1926." Studies on the Origin of Cultivated plants". Institute of Applied Botany and Plant Breding. Leningrad.

- Vavilov, N.I. 1951. The origin, variation, immunity, and breeding of cultivated plant. Translated from R

الفصل الثالث
إنتخاب الآباء Parent Selection

إن أحد أهم القرارات التي يتخذها مربي النبات هي تلك التي يحدد فيها أسلوب وكيفية إنتخاب الآباء لأجل تطوير وتحسين مجتمعه النباتي. تتضمن عملية أنتخاب الآباء على معرفة الصفات التي يراد تحسينها وفهم طريقة توريثها وإيجاد المصادر الوراثية للآباء سيما لأجل التحسين والتربية.

الصفات التي يراد تحسينها Characters to be improved

إن الإنتخاب الصحيح للتراكيب الوراثية ألأبوية يبدأ بالفهم الواضح لهدف مشروع التربية. وأن تربية أفضل ألأصناف لا يعني بالمعنى الدقيق الهدف الكلي لمشروع التربية، لأن مربي النبات يأخذ بعين ألإعتبار تحسين عدة صفات وراثية، فالطرق المستخدمة في برامج تطوير ألأصناف واحتمالات نجاحها تعتمد على عدد الصفات التي يراد تحسينها، للحصول على ألأفراد الحاملة للصفات المرغوبة في المجتمع بنسبة بحيث يجب ربط نسب جميع الصفات مع بعضها لكي يتم تحسين كل صفة من هذه الصفات. بمعنى آخر، إن كل صفة من الصفات لها درجة توريث مستقلة عن غيرها من الصفات، كتلك الصفات التي لا تكون مرتبطة وراثياً ببعضها.

مثال على ذلك لنفترض وجود خمسة صفات هي A وB وC وD وE ، هذه الصفات يراد تحسينها بهدف تطوير صنف معين، وقد تبين أن نسبة ألأفراد الحاملة للصفات المذكورة أعلاه في المجتمع هي 1/4 للصفة A و1/8 للصفة B و 1/20 و 1/60 و 1/100 للصفات E,D,C على التوالي. فإذا كان هدف التحسين الوراثي يمثل جميع الصفات الخمسة، فهذا يعني أن نسبة ألأفراد المرغوبة في المجتمع النباتي أو الحاملة لجميع الصفات حسب نسبها أعلاه يكون 1/100× 1/60 × 1/20 × 1/8 × 1/4 أي يمثل 1/3,840,000 بينما يكون ألإنتخاب للصفات ألأربعة ألأولى D,C,B,A هو حاصل ضرب بنسب هذه الصفات أي 1/38,400 بينما يمثل ألإنتخاب للصفات C,B,A1/20× 1/8×1/4 أي 1/640. من النتائج أعلاه يتضح أن احتمالات النجاح في عمليات التحسين الوراثي للصفات C,B,A سوف تكون أكبر مما لو أريد تحسين المجتمع للصفات D–A أو E–A. وعليه، يتطلب من مربي النبات تحديد ألأسبقية بالإنتخاب للصفات التي يريد تحسينها حيث أن أغلب برامج التربية تحدد صفة أو عدد قليل من الصفات ذات ألأهمية ألأكبر في عملية التحسين. وفي أغلب الحالات، تمثل صفة الحاصل ألأهمية ألإقتصادية ألأكبر بين الصفات وقد يكون هذا الحاصل بذوراً أو أوراقاً أو سيقاناً . . . الخ، بالنسبة للعديد من المحاصيل الحقلية أو قد تكون ألأزهار من حيث جاذبيتها وجمالها وألوانها النقية أو الخليطة بالنسبة لنباتات الزينة، وقد

تكون صفات الطعم واللون لمحاصيل الفاكهة. إن الصفات ذات ألأهمية الرئيسية تعطى ألأسبقية ألأولى في تحديد الآباء التي يراد استخدامها في تحسين المجتمع.

لتحديد الصفات ذات ألأسبقية العالية، يكون من الضروري معرفة مربي النبات وتفهمه الواضح لمتطلبات المستهلك أو الفلاح أو المصنع. وحتى آخر المستخدمين لنتاجه، وبالتالي فانه من غير المعقول أن نسمع مربي النبات يتحدث عن حاجة المستهلك الى صفة محددة. أي يجب أن تستند هذه العبارة الى حقيقة وليس الى فكرة شخصية. فمثلاً، إن صفة المقاومة للإضطجاع تمثل صفة مهمة للعديد من مربي النبات في المحاصيل الحقلية، وإن أحد أكثر الأصناف المنزرعة بشكل واسع من فول الصويا في الغرب ألأوسط للولايات المتحدة ألأمريكية خلال السنوات القليلة الماضية هو صنف Corsoy، وهو صنف حساس للإضطجاع، ويقول عنه الفلاحون إنه يتميز فقط بالحاصل العالي. فالإستخدام الواسع لهذا الصنف يعني أن ألأسبقية ألأولى والضرورية لدى الفلاح تكمن في الحاصل العالي، فالإستخدام الواسع لهذا الصنف يعني أن ألأسبقية ألأولى والضرورية لدى الفلاح تكمن في الحاصل العالي، أما المقاومة للإضطجاع، فإنها تمثل أهمية ثانوية. لذا يجب، أن يحدد مربي النبات في برنامجه ألإنتخابي متطلبات ورغبات كل من الفلاح أو المستهلك لنتاجه. وقد وجد Reinhart عام 1979 عندما قام بإجراء مسح لإنتخاب عشوائي لمزارع الشوفان في ولاية أيوا لمعرفة العمليات ألإنتاجية المستخدمة من قبل الفلاحين. وكذلك الصفات المهمة عند إنتخاب الصنف لإغراض ألإنتاج التجاري، وجد أن صفة الحاصل العالي يمثل ألأسبقية ألأولى، كذلك صفة إرتفاع النبات المتوسط ومجموعة النضج المتوسط هي ألأكثر رغبة لدى الفلاح. لذا شاع تطبيق برامج التربية التشاركية بين ربي النبات والمزارع، اذ يكو احدهما مكملاً للاخر في برنامج الانتخاب للصفات المرغوبة (Ceccarelli واخرون، 2009)

توارث الصفة المراد تحسينها Inheritance of the character to be Improved

إن الصفات التي يتم التحسين الوراثي فيها على نوعين أما صفات نوعية (وصفية) أو صفات كمية. وأن توارث الصفة أو الصفات الكمية يذهب الى أبعد من كونه التحكم والسيطرة على جين رئيسي واحد، ولا يتأثر التعبير عن فعل هذا الجين Gene Expression بالظروف البيئية، بل يتعداه الى التحكم بعدة جينات تتأثر كثيراً بالبيئة (Araus واخرون، 2009). إن ألإنتخاب الجيد والمناسب للآباء في حالة الصفات النوعية والتي يحكمها جين واحد يكون سهل نسبياً لأن مربي النبات يستطيع أن يحدد من خلال ألإختبارات الوراثية الملائمة، بينما إذا كان ألأب المستخدم يمتلك هذا الجين أو لا يمتلكه فعلى ألأقل يكون أحد ألأبوين في التهجين حاملاً لهذا الجين حتى يظهر تأثيره في الذرية الناتجة من تزاوج ألأبوين: فالمقاومة للأمراض الفطرية في النبات غالباً ما يحكمها جين رئيس واحد إذ يقوم مربي النبات باختيار أب واحد أو أكثر حاملاً لذلك الجين المرغوبة لأجل تطوير مجتمعه النباتي لإنتخاب

أصناف تمتلك المقاومة. وهذا ما أوضحه الحمداني وجماعته (1989) في دراستهم لتوارث صفة المقاومة لمرض البياض الدقيقي في الشعير وهو مرض فطري، وفيما يأتي وصفاً موجزاً لأهم خطوات العمل:

1. زرعت بذور 32 طفرة وصنف مع أصولها(ألأباء المتحصلة منها) في سنادين (أصص) بلاستيكية في غرفة الزراعة، وعند وصول البادرات الى مرحلة الورقتين تم حقن البادرات اصطناعياً بخليط من مجتمعات المسبب المرضي *E, grminis* f.sp. hordei ثم اختبرت النباتات بعد عشرة أيام من إحداث الإصابة ووجد بأن جميع التراكيب الوراثية حساسة للمرض باستثناء ثلاث بادرات وجدت بأنها مقاومة جداً لفطر البياض الدقيقي من الصنف بلدي (صفين) من خلال إستمرار العمل على بذور هذه النباتات المنيعة لستة سنوات.

2. أدخلت بذور الصنف البلدي في برنامج للتهجين مع بذور الصنف نومار وهو أكثر ألأصناف حساسية للمرض بالإضافة الى طفرتين آخرتين ذات مقاومة متوسطة للمسبب E. graminis .

3. كل بذور الجيل ألأول (F1) مقاومة للمرض، مما يوحي أن التحكم بجين المقاومة من النوع المتغلب، وفي الجيل الثاني انعزلت المقاومة بحسب النسبة 3:1 وهذا يعني أن صفة المقاومة يحكمها جين واحد رئيسي فقط.

4. تبين ان نسبة الإنعزال للإصابة بالمسبب المرضي في برنامج التهجين الرجعي لبذور الـ F1 مع الصنف نومار 1:1.

يمكن القول بأن ما ذكر في المثال أعلاه ينطبق من حيث المبدأ على الصفات النوعية التي يحكمها عدد قليل من الجينات أو عدة جينات ذات درجة توريث عالية فمثلاً الذرية الناتجة في المجتمع النباتي سوف تعتمد كلياً على موعد نضج الآباء المنتخبة. ومن الطبيعي الحصول عل إنعزال متعدي Transgressive segregation للنضج من خلال المجتمع النباتي، ولكن بتكرار إنعزالي أقل من تكرار ألأبناء التي يكون موعد نضجها واقع ضمن مدى موعد نضج الآباء.

إن إنتخاب ألآباء يكون أكثر صعوبة بالنسبة للصفات المراد تحسينها، بحيث يتجاوز ذلك ما فوق متناول يد المربي من تراكيب وراثية. إن صفة الحاصل مثلاً تمثل صفة كمية يرغب مربي النبات تحسينها الى أفضل من معدل حاصل ألأصناف الموجودة والمتوفرة. فانتخاب الآباء لمثل هذه الصفات عموماً يتم باستخدام انتخاب الصفوة (ألأكثر تفوقاً) Elite Selection من التراكيب الوراثية التي تتمتع بأحسن أداء للصفة وذات إختلاف وراثي كبير(Witcombe وVirk، 2009). ومن ألأساليب الشائعة ألإستخدام هو تهجين السلالات

المتفوقة Elite Lines انطلاقاً من مبدأ أن تهجين الآباء الجيدة والمتفوقة مع مثيلاتها سوف يضيق ألإختلاف الوراثي بين ألأصناف التجارية لأغلب ألأنواع النباتية حسبما ذكرته ألأكاديمية العالمية للعلوم سنة 1972. ولسوء الحظ إن أغلب سلالات التربية المتفوقة غالباً ما تمتلك كمية قليلة من ألإختلاف الوراثي genetic diversity بسبب أنها انتخبت كنسل أو ذرية لأباء منحدرة من جد واحد أو أجداد متشابهة. لذا نجد أن مربو النبات يرغبون في تطوير مجتمعاتهم النباتية من آباء متفوقة منحدرة من جد واحد أو أجداد متشابهة عن بعضها وراثياً قدر ألإمكان، لا سيما، لزيادة فرصة الحصول على ذرية متفوقة لها اليلات مختلفة ومرغوبة مأخوذة من جميع الآباء.

مصادر التراكيب الوراثية ألأبوية Sources of Parental Germplasm

تتوفر لدى جميع مربي ألأنواع النباتية مصادر عديدة للتراكيب الوراثية التي تمثل الآباء، حيث بالإمكان تقسيم الآباء التي يمكن الحصول عليها الى صفوف أو رتب على أساس تشابهها مع أصناف المحصول المزروعة على النطاق التجاري. وفيما يأتي وصفاً مبسطاً لبعض تلك المصادر:

1. ألأصناف التجارية Commercial cultivars

إن ألأباء ألأكثر استخداماً من قبل مربي النبات هي تلك ألأصناف التي تزرع لأغراض ألإنتاج التجاري. وان السلالات النقية تستخدم كآباء لأصناف الهجن أو ألأصناف التركيبية، وبالتالي، فإن هذه ألأصناف تمثل ألآباء أو التراكيب الوراثية ألأكثر تفوقاً لإستخدامها كمصادر وراثية للصفات الرئيسية المهمة، لا سيما أن معدل سلوك مجتمع نباتي تم تطويره من ألأصناف التجارية هذه لا بد أن يكون عالياً لكي تعطي فرصة أو احتمال الحصول على ذرية متفوقة من دون وجود أي علامة من علامات الضعف من جانب آخر إذا كانت التراكيب الوراثية للأصناف المستخدمة في تطوير المجتمع النباتي متشابهة، فإن احتمال الحصول على تغاير وراثي كاف في المجتمع النباتي للوصول الى التحسين الوراثي للصفة الرئيسية يكون صغيراً.

2. سلالات التربية المتفوقة Elite Breeding Lines

إن اختبار السلالات في مراحلها المتقدمة يمثل مصدراً مفيداً للأجيال الوراثية ألأبوية وربما يتاح لها أن تطلق كأصناف أو تصل الى ذلك في مستوى أدائها ويبتغي مربي النبات عادة الحصول على أكبر تحصيل وراثي خلال الموسم أو السنة باستخدام طريقة تربية السلالات كآباء مثلما هو معروف عن السلالات المتفوقة (إرجع الى فصل استراتيجيات التربية واكبر تحسين وراثي). إن توفر سلالات التربية المتفوقة يعتبر محدوداً ومحصوراً على مناشئ ومؤصلين معينين. ويمكن تداول السلالات المتفوقة بين الجهات الرسمية وبالتحديد بين مربو النبات المشتغلين لدى المؤسسات الحكومية بشكل اعتيادي تماماً كما يفعل مربو

النبات العاملين في الشركات الخاصة فيما بينهم في عملية تبادل السلالات. إن تبادل سلالات التربية المتفوقة بين الجهات الحكومية والشركات الخاصة محدد بوثيقة Policy استخدام هذه الجهات أو المعاهد العلمية الحكومية. ففي أمريكا مثلاً تكون للجامعات الرسمية وقسم الزراعة في وزارة ألأمريكية USDA. تقدم هذه الوثيقة شروط علمية دقيقة في إطلاق الموارد الوراثيه من قبل المعاهد الرسمية إستناداً الى وثيقة Escop، ولكن لا بد من ألإشارة الى أن لكل معهد علمي رسمي نظامه الخاص لتحديد ماهية الصلاحيات الدقيقة للإطلاق وكيفية توزيع هذه الموارد الوراثية.

قبول سلالات التربية التي لها صفة أو عدد قليل من الصفات المتفوقة Acceptable Breeding Lines with Superiority in One or more Characters

يستخدم مربي النبات عادة السلالات التي لا تمتلك كل ما هو مطلوب لأجل صناعة ألأصناف النباتية، ولكنها غالباً ما تحتوي صفة أو عدة صفات، وهي قليلة بحيث تكون هذه الصفات مرغوبة ومطلوبة. تتضمن هذه السلالات، ألأصناف القديمة التي حل محلها أصناف أحدث منها وهي أفضل من ألأصناف القديمة في سلوكها الوراثي وألإنتاجي العام. إن مربي النبات المشتغلين في الجامعات الرسمية والحكومية والعاملين في وزارة الزراعة ألأمريكية يعملون على إطلاق سلالات وبصورة دورية. تكون هذه السلالات متفوقة لصفة أو عدة صفات، وهذا ما لا توفره ألأصناف التجارية وسلالات التربية المتفوقة.

إن السلالات المحسنة تعود الى نماذج وراثية genetic stocks أو سلالات جبل وراثية ومثال ذلك، أطلقت جامعة ولاية Iowa جبلة وراثية لسلالة من فول الصويا لم تكن ذات حاصل عال ملائم لكي تمثل صنف، بل كانت تصلح لتمثيل مصدراً وراثياً لصفة مقاومة نقص الحديد المسبب لحالة Chlorosis في الترب الجيرية (الكلسية).

ألأنواع النباتية المرتبطة Related Species

عند إفتقار ألأنواع النباتية المزروعة الى صفة مرغوبة، فإن مربو النبات يستخدمون ألأنواع النباتية المرتبطة كمصدر وراثي لنقل الصفة المرغوبة. وهذه ألأنواع النباتية لا تكون مرغوبة بسبب العديد من الصفات التي ربما لا تهجن بسهولة مع ألأصناف المتررعة، خصوصاً بالنسبة للصفات المقاومة للفطريات المرضية، وهنا يأتي دور مربي النبات والوراثيين الذين يقومون بعمل تطوير التقنيات المتوفرة، كاستخدام التهجينات المتباعدة (تهجينات بين ألأنواع) بحيث تسهل عملية نقل الصفة.

دور التقنيات الحياتية الحديثة في تربية وتحسين النبات

تمثل التقنيات الحياتية ثمرة التطور في علم الوراثة، فيمكن بزراعة الانسجة والوراثة الجزيئية زيادة كفاءة برامج التربية والتحسين الوراثي للقمح مثلا، وبرؤيا جديدة تعطي القدرة على التحكم الوراثي، اي التحوير الوراثي في مفاتيح الصفات والمؤشرات الوراثية. وكيف لا، وانها تمثل ادخال طرائق غير مألوفة لمصادر التغاير الوراثي. يضاف الى ذلك قدرتها السريعة في اتمام الاهداف، اي تسريع دورة التحسين الوراثي. نستعرض في هذه الدراسة ما هو متوفر وفي حيز التطبيق من تقنيات مفيدة ومؤثرة او يمكن ان تؤثر في برامج التحسين الوراثي للقمح في خلال السنوات القليلة القادمة.

أحدثت القدرة على التحليل الوراثي ثورة بعد ان تم وضع اول خريطة وراثية على اساس المعلمات الجزيئية Molecular markers . فعرفت، على سبيل المثال، المواقع الجينية التي تتحكم بصفات النمو والصفات الزراعية واهم الجينات الرئيسة او ما يعرف بالمواقع الكمية للصفة Quantitative trait loci (QTL) من حيث التأثير. فضلا عن ذلك، فقد تم الولوج بعمق في معرفة الحامض النووي الدنا (DNA) وامكن بالتالي اجراء التهجينات بين الانواع المتقاربة او اقارب القمح، بما يمكّن مربي النبات ومختصي الوراثة من استغلال ومعرفة خرائط المقارنة بشكل دقيق، والتي يتم من خلالها فهم وربط وراثة كل محاصيل الحبوب المهمة. توضحت قدرة هذه الطرائق بالاستكشافات الحديثة في مجال التطبع الوراثي في القمح، حيث عرفت اغلب الجينات التي تتحكم بموعد التزهير، وان تأثيراتها الاولية او اليلاتها المتعددة قد وصفت من حيث تأثيرها في حاصل الحبوب. على العموم، سهلت مثل هذه الطرائق تصميم مظهر جديد للنباتPhenotype ، اي محصول القمح وباتقان لم نألفه من قبل. وعليه، ستعطي انظمة مضاعفة النباتات الاحادية المجموعة الكروموسومية (الاحاديات Haploids) في نهاية المطاف مساهمة مباشرة في تحسين القمح من خلال تطوير نظام التلقيح في الذرة الصفراء. عموما، جعلت معاملات التحوير التي تتم بعد التلقيح وتقنيات تحسين زراعة الاجنة مثل هذا النظام موثوقا به، ولمدى واسع من التراكيب الوراثية. وبالمقابل، افرزت التطورات التي شهدتها تقنية زراعة الانسجة امكانية الحصول على قمح محول وراثيا يمكن ان يعول عليه في المستقبل. وتتواصل المساعي بفعالية عالية، وخصوصا فيما يتعلق بمقاومة الافات والامراض ونوعية الاستخدام النهائي، على الرغم من المشاكل التي تكتنف استقرار الجينات، والتي ستبقى قيد الدرس والتحليل ومثلها ما يتعلق بتقبل كل من المنتج (المزارع) والمستهلك.

ان طريقة الانتخاب للنسب Pedigree selection والتي تنفذ في تربية القمح لا تزال تمارس على مستوى الشكل المظهري، فمثل هذه الخيارات المعقدة للمعالجة المباشرة لحالة التباين الوراثي تتم بانتخاب الاتحادات الجينية المرغوبة، فقط على اساس الصدفة. وكما تحتاج الى وقت طويل، من المؤكد عدة سنوات، للوصول الى استنباط صنف جديد. وعليه،

ربما لا يتم الحصول على تقدم وراثي كبير، بل ان مثل هذا التقدم يكون بطيئا. من هنا يفهم بان ربط عملية زيادة اجيال التربية بالمعالجة الوراثية التي تقدمها هذه التقنيات ربما تؤدي الى حصول تقدم نوعي، حيث تشترك الوراثة الجزيئية وزراعة الانسجة في هذه العمليات فتقدمان الاساس التطبيقي لأدخال صفات لم تكن مألوفة من قبل عبر تقنيات الهندسة الوراثية.

امكانية مساهمة التحليل الوراثي في تحقيق القدرة الانتاجية

يؤدي التحليل الوراثي دورا بالغ الاهمية في اعطاء مربي النبات معلومات قيّمة حول الصفات والجينات التي يرغب بتغييرها لأنتاج الاصناف ذات القدرة الانتاجية العالية مقرونة بافضل تطبع للظروف البيئية، سواء كانت لمقاومة الامراض او الافات الاخرى او لتحمل ظروف الشد البيئي غير الحياتي او للنوعية الجيدة. على الرغم من ان التقديرات الحالية لعدد الجينات في القمح حوالي 25– 30 الف جين، تم توصيف اغلبه في الخرائط الجينية، ووفقا لذلك يمكن دراسة وفهم وتغيير التأثيرات الفردية والمتعددة لهذه الجينات. وعليه، فان هناك حاجة ملحة لأستخدام التحليل الوراثي ومعرفة وتوصيف مواقع قطعة الجينات والجينات المرغوبة من الناحية الزراعية. مثل هذه التحليلات ستسمح بتوفير التغاير الذي يمكن استخدامه وتحويره بالاتجاهات الاكثر والاسرع قبولا عما هو عليه الان، وبالتالي امكانية الحصول على اعلى قدرة انتاجية في البيئة المطلوبة. هناك من الادلة في المملكة المتحدة، على سبيل المثال حول الزيادة الكبيرة في حاصل الاصناف خلال الثلاثين سنة الاخيرة، والتي حصلت على الاقل من ادخال تأثيرات اساسية قليلة نتيجة استخدام جينات التقزم *Rht1* و *Rht2* ونقل قطع الكرومسومين 1Rs /1B. اذن، فمعرفة التأثيرات الجديدة الاخرى وتجميعها في اسس background ربما يساعد في الحصول على اعلى حاصل حبوب وباستقرار انتاجي اكبر.

تم تطوير الخرائط الوراثية لجينومات (الاطقم الكروموسومية) القمح من خلال استخدام انظمة المؤشرات الجزيئية (Devos و Gale،1993)، بما يسمح اجراء تحليلات وراثية تفصيلية لجميع الصفات من خلال التغايرات الاليلية في المواقع الجينية المعلمة، وخصوصا تغاير الصفات المظهرية المرغوبة. وبالنسبة لمحصول القمح، يمكن اجراء مثل هذه التغييرات:

اولا: على مستوى الاطقم الكروموسومية، عندما تتم تغطية ومسح وانجاز ذلك في الجينوم كليا او جزئيا (Hyne واخرون، 1994)، ومثلما يتم ذلك في الانواع النباتية الاخرى، مثل الشعير (Kleinhofs واخرون، 1993 و Lourie واخرون، 1995).

ثانيا: وبالتحديد في محصول القمح، على مستوى الكروموسوم الواحد، من خلال امكانية توليف الكروموسومات المطورة سابقا على اساس التحليلات الخلوية (Law واخرون،1981 و

1987)، باستخدام الخرائط الوراثية الجديدة. ينطبق ذلك على الانواع النباتية الاخرى (Snape واخرون، 1994). من الناحية النظرية، يمكن تحليل التباين المظهري الكلي الى مكوناته وتفسيره لكل جين فردي مسؤول عن ذلك. اما من الناحية التطبيقية، فمن غير المهم تحديد المواقع الجينية وذلك لأحتمال اختلاف تأثيرات الجينات الفردية بالمستوى الذي يمكنها اجتياز الحد الحرج بدرجة اكبر من الخطأ التجريبي الذي يمكن قياسه. ومع ذلك، فانه يمكن توليف جزء من التغاير الوراثي لأي صفة، وخصوصا عندما يكون عدد المواقع الجينية التي تسيطر عليه قليل نسبيا ولكن بتأثير كبير. في الحقيقة، وجد ان توارث مثل هذه التغايرات في العديد من الصفات التي يرغبها مربي النبات مثل موعد التزهير وارتفاع النبات والحاصل ومكوناته والاستجابة للشد والصفات النوعية (الجدول، 3-1). وعليه، فان كفاءة ستراتيجية التقطيع واللحام تتم بهدف تحديد مواقع الجينات الرئيسة القليلة العدد او الجينات ذات التأثيرات الكبيرة في الصفة مع اهمال المواقع الجينية الصغيرة التأثير.

تتوفر الادلة العلمية حول تأثير العديد من الجينات الرئيسة، مثل جينات التقزم وجينات الحساسية للفترة الضوئية وجينات الخصوبة وغيرها، وتبين ان تحديد المواقع الكمية للصفة QTL له تأثيرات اليلية متعددة على نفس الموقع الجيني لصفات الحاصل ومكوناته، وان مثل هذه التأثيرات يمكن ان تتداخل مع البيئة (الجدول، 3-1).

مقارنة الخرائط والتحليل الوراثي للقمح

تعتمد كفاءة وسط التعليم markering في التحليل الوراثي على كثافة الخريطة الوراثية المتوفرة. وبالنسبة لمحصول القمح، هناك العديد من المشاكل التي من شأنها ان تعيق توصيف الخريطة الوراثية بشئ من التفصيل. وعليه، فان القدرة على التحليل، بالنسبة لطبيعة الخريطة المتوفرة في محاصيل الحبوب الاخرى مثل الذرة الشامي corn تكاد تكون اقل انتشارا وادراكا، واقل منها بالنسبة للشعير. فمستوى تعدد اشكال كلونات الدنا في القمح ادنى مما هو عليه في الانواع الاخرى. وتظهر اهمية وفائدة المؤشرات الجزيئية وتفوقها على المؤشرات التقليدية الاخرى من خلال مجسات الدنا التي تهجن بالتضريب ضمن نفس النوع النباتي، وغالبا خلال الاطقم الكروموسومية المستقلة، من حيث المسافة التصنيفية Taxonomical distance للانواع القريبة.

من الفوائد الاخرى للتحليل الوراثي انه يعطي مربي النبات رؤيا جديدة لفعل الجين ومدخلا واسعا لتفاصيل جينات القمح (Snape واخرون، 1995 و1996)، ومثلها لمحاصيل الذرة والرز والسورجم والدخن والحشائش العلفية (Moore واخرون،1995)، مما يمكّن الباحثين من اجراء التضريب بين جميع هذه الانواع من خلال مقارنة مواقع الجينات الكمية، وبالتالي استكشاف بعض الجينات الرئيسة كما حصل في الشعير من حيث استغلال

وتوصيف موقع الجين الرئيسي $Pbd-H_1$ وما يقابله في القمح (Laurie واخرون، 1994)، وكذلك جين الارتباع (تحمل البرودة) Vrn1 في القمح والذي يماثل الجين Sh2 في الشعير و Sp1 في الشيلم (Galibo واخرون، 1995 وLaurie واخرون، 1995). على العموم، فاغلب ان لم تكن جميع الصفات قد اظهرت صورا او خرائط كما هو متوقع لها في اطقم كروموسومات القمح، وعلى سبيل المثال، الجينات التي تتحكم بارتفاع النبات والبروتينات المخزونة في الحبوب وكميتها وموعد التزهير (Worland واخرون،1984).

استغلال التغاير الوراثي في تطبيع القمح

تتوضح مساهمة التحاليل الوراثية بشكل مباشر في تربية وتحسين القمح من خلال الدراسات المتعلقة بتطبيع القمح في بيئات لها خصوصية جغرافية وبيئية، حيث التحكم بموعد التزهير. وفي الحقيقة، يكون دور التحليل الوراثي هنا فعالا واساسيا لرفع استقرار الحاصل، حيث يساعد في فهم التداخلات الدقيقة لجينات محددة مسؤولة عن موعد التزهير وفي بيئات محددة ايضا. فالتحكم الوراثي بموعد التزهير معقدا، حيث اوضحت تحاليل خطوط التعويض الكروموسومي استخدام كروموسومات المجاميع المتماثلة (الجدول،3-1) عن Law واخرون، 1991). ان وجود تغاير اليلي واسع بين هذه الجينات هو الذي جعل القمح الطري *Triticum aestivum* المحصول الاكثر تطبعا بين محاصيل الحبوب في العالم.

ينصب الاهتمام في الوقت الحاضر في استخدام ثلاثة اطقم منفصلة من الجينات في التحكم الوراثي بتزهير القمح، وهذه الاطقم هي:

الجدول (3-1): المعلومات المتوفرة حاليا حول التحكم الوراثي بصفات النمو في القمح.

الصفة	الجينات الرئيسة	تعدد الاصل الوراثي
الكتلة الحيوية Biomass	، – – ، –	اقصى معدل للتمثيل الضوئي، كفاءة الكوانتام، معدل التنفس، ومعدل التنفس الضوئي.
القدرة الانتاجية Yield potential	، – – ، ارتفاع النبات	الحاصل ومكوناته، الاشطاء المثمرة في المتر المربع، عدد حبوب السنبلة، حجم الحبة وارتفاع النبات
التطبع Adaptation	الاستجابة للارتباع الاستجابة للفترة الضوئية	– التبكير في التزهير
محددات	مقاومة الامراض	المقاومة في عمر متقدم للنبات

الحاصل Yield limiting	مقاومة الافات تحمل مبيدات الاعشاب تحمل البرودة تحمل التأثير الكيميائي (الملوحة والعناصر الاخرى)	– – تحمل الجفاف تحمل البرودة –
النوعية Quality	نوعية البروتين كمية البروتين صلابة الحبة مقاومة التزرع	– كمية البروتين – مقاومة التزرع

1. طقم الجينات المسؤول عن الحساسية للارتباع vernalization وهو الذي يحدد فيما اذا كان القمح ربيعي او شتوي، فتسمى جينات Vrn، وقد عرف في هذا الخصوص خمسة مواقع جينية تمثل الفرق بين الحنطة الربيعية والشتوية، والتي تتحكم بحالة الارتباع. اما المواقع الكروموسومية لأربعة منها فهي (5A) Vrn_1 و (5D) Vrn_3 و (5B) Vrn_4 و (7B) Vrn_7 (Worland واخرون، 1984 وSnape واخرون، 1995). لذا فان اصناف القمح في اوروبا وبعض مناطق النمو الرئيسة في العالم تمتلك اليلات الموقع الجيني Vrn1 والذي يعطي السيادة في تقليل متطلبات الارتباع، اي بمعنى امكانية نقل اليل عدم الحساسية للارتباع من القمح الربيعي الى الموقع الجيني Vrn_1 في القمح الشتوي المزروع في بريطانيا مثلا، وبالتالي تحويل زراعة هذا البلد الى القمح الربيعي دون حدوث مساوئ تذكر على الصفات الاخرى (Snape واخرون، 1995).

2. مجموعة اطقم الجينات الرئيسة التي تتحكم بالاستجابة للفترة الضوئية والتي تقع ضمن مجموعة الكروموسومات المتماثلة الثانية وهي Pbd_1 و Pbd_2 و Pbd_3 على الكروموسومات 2D و 2B و 2A وعلى التوالي (Welsh واخرون، 1973 وLaw واخرون، 1978 وScarth و Law ، 1983). تلعب هذه الجينات دورا مهما ومحددا في عملية تسريع او تأخير موعد التزهير في الربيع بالنسبة للقمح المزروع في الخريف، وبعد حدوث الارتباع في الشتاء. وربما تحمل اغلب الاصناف الاوربية في الوقت الحاضر، والتي تمثل اصنافا غير حساسة لطول النهار؛ الاليلPbd2 والذي تم الحصول عليه من الصنف الياباني Akakomugi (Worland وSayers، 1996). يبدو ان هناك اليل بديل لهذا الموقع في صنف القمح Ciano 67 ، المستنبط في المركز العالمي لتحسين الذرة والقمح CIMMYT. ان اليلات Pbd_2 غير الحساسة للفترة الضوئية كتلك الموجودة في الصنف Chinese spring تبدو انها اقل تأثيراً (اي غير حساسة للفترة الضوئية) من سابقتها اي اليلات Pbd_1 (Worland وSayers، 1996).

3. المجموعة الثالثة من المواقع الجينية المسخرة لموعد التزهير، هي تلك التي يصطلح عليها جينات التبكير نفسها earliness *per se* او ما يماثل جينات نسبة او كمية التطور Developmental rate genes. فلا تستجيب هذه الجينات بشكل ملموس لأختلاف فترة التعرض للبرد او الفترة الضوئية، ويبدو ان مشاركتها تتم من خلال المجين genome. وتجدر الاشارة الى ان مثل هذه المجموعات ليست موجودة في القمح فحسب، بل في الشعير. (Laurie واخرون، 1995). ان التحليل الوراثي باستخدام حصر الاشكال المتعددة لطول شظايا الكروموسوم Restricted Fragment Length Polymorphisms (RFLP) يسلط الضوء على مثل هذه المواقع. يوضح الجدول (3-1) حالة الدقة المتناهية لتحديد مواقع الجينات المسؤولة عن موعد التزهير في القمح والشعير. اوضحت الدراسات الحديثة بأن لجينات الانظمة الثلاثة المشار اليها تأثيرات المواقع الاليلية على نفس الموقع الجيني Pliotropic لصفات النمو والتطور الاخرى في النبات. مثل هذه المواصفات يهتم بها كثيرا مربي النبات الذين يرومون استنباط اصناف ذات تطبع محدد ودقيق لبيئات محددة، حيث الارتباط العالي بين الصفات المدروسة كما حددها Fernandes واخرون (2018) عند دراسة الانتخاب غير المباشر لعدة صفات لحسين الكتلة الحيوية في ذرة السورجم. ومن الامثلة، تأثير هذه الجينات في القدرة الانتاجية (يوسف والجنابي، 2001)، ومختلف الاصناف الاوربية التي قدم عنها (Worland و Sayers، 1994) توضيحا مفصلا ولمدى واسع من البيئات الممثلة لمناطق زراعة القمح الرئيسة في اوروبا، وكما يأتي:

الجدول (3-2): التحليل الوراثي لموعد التزهير في القمح، على اساس تأثيرات الكروموسوم الرئيسة.

المجموعات المتماثلة	مواقع الجينات
المجموعةالاولى	جينات الحساسية للارتباع
المجموعة الثانية	جينات الحساسية للفترة الضوئية والتبكير
المجموعة الثالثة	جينات التبكير
المجموعة الرابعة	–
المجموعة الخامسة	جينات الحساسية للارتباع
المجموعة السادسة	جينات الحساسية للارتباع
المجموعة السابعة	جينات الحساسية للارتباع

الجدول (3-3): مواقع الجينات التي تتحكم بموعد التزهير وتحمل الانجماد في القمح والشعير.

المجموعة	الجينوم A	الجينوم B	الجينوم D	الجينوم H
الاولى	–	–	–	Ppd-H2
الثانية	Ppd3	Ppd2	Ppd1	Ppd-H1
		Eps-2BS	Eps-2DS	Eps-2HS
الثالثة	–	–	–	Denso
	–	–	–	Eps-3HL
الرابعة	–	–	–	Sh
	–	–	–	Eps-4HL
الخامسة	Vrn1	–	–	Sh2
	–	–	–	Eps-5HL
	Fr1	–	Fr2 ?	Fr-H1
السادسة	–	–	–	Eps-6HL1
	–	–	–	Eps-7HL2
السابعة	–	Vrn5	–	Eps-7HS
	–	–	–	Eps-7HL

أ. ان جين Ppd_1 اعطى نباتات اقصر، وبالتالي سلكت سلوك جين تقصير ارتفاع النبات (التقزم).

ب. اعطت سنيبلات بعدد اقل في السنبلة، ولكنها زادت من خصوبة السنيبلة.

ت. والاكثر من ذلك، ان انخفاض عدد السنيبلات قد حصل في بعض البيئات وليس جميعها.

ث. في ظروف الصيف الحار الجاف الذي يحدث عادة في جنوب شرق اوروبا، تبّكر التراكيب الوراثية غير الحساسة للفترة الضوئية اكثر قليلا في تزهيرها، وبالتالي يكون وزن الحبة وحجمها اكبر من التراكيب الوراثية الحساسة، وينعكس ذلك ايجابيا على الحاصل.

ج. يحصل العكس في البيئات الباردة الرطبة والممثلة لشمال اوروبا، مثل بريطانيا، حيث الحاصل العالي في التراكيب الوراثية التي تحمل اليلات الحساسية للفترة الضوئية والارتباع، حيث تطول فترة النمو الخضري.

يوضح الجدول (3–4) النسبة المئوية للتغيرات النموذجية في الحاصل بوجود الفرق بين Ppd1 و Ppd2، فيتبين زيادة تأثيرات الاليلات الفردية على حالة التطبع الدقيق لأداء الحاصل في مختلف البلدان ولعدة سنوات مختلفة. فعلى سبيل المثال، في بيئة مثل المملكة المتحدة وصيف 1992 الدافئ الجاف، كانت الاصناف الحاملة لأليل عدم الحساسية للفترة الضوئية Ppd_1 افضل في حاصلها من تلك التي تحتوي اليلات الحساسية للفترة الضوئية. يتمثل التحدي الكبير في كيفية ترجمة هذه المعلومات الوراثية الى تطوير اسلوب الانتخاب وادواته، بما يمكّن مربي النبات من الاجتهاد بكفاءة اكبر وكلفة ووقت اقل للوصول الى الاصناف المتفوقة الانتاجية او التي تمتلك جينات المقاومة للمسببات المرضية التي يمكن ان تمثل التحدي الحقيقي لأقتصاديات الدول المنتجة .

الجدول (3–4): النسبة المئوية لتغير حاصل القمح بحسب اختلاف التأثيرات الأليلية لجينات الحساسية للفترة الضوئية Ppd1/ Ppd1 في سنوات مختلفة ومناطق نمو مختلفة.

السنة	المملكة المتحدة (مورلي)	صربيا (نوفي ساد)	المانيا (جيت سليبن)
1986	601–	10.1+	–
1987	207–	31.7+	–
1988	408–	59.6+	–
1989	604+	30.4+	25.1+
1990	409+	–	7.2–
1991	102+	–	12.4+
1992	90+	–	28.5+

مساهمة انظمة مضاعفة الاحاديات في تربية القمح

على الرغم من كل الامكانات والتقنيات التي سهلت وطورت وسائل الانتخاب بضوء ما افرزته نتائج التحليل الوراثي وغيرها، الا ان انتاج او استنباط صنف جديد لا زال يتطلب العديد من اجيال التلقيح الذاتي والانتخاب للوصول الى المستوى المطلوب من التماثل الوراثي، وبالتالي الاستقرار الوراثي قبل اطلاق الصنف تجاريا.

ان احدى مساهمات تقنية زراعة الانسجة في مجال تربية القمح هي تطوير انظمة مضاعفة النباتات احادية المجموعة الكروموسومية haploid، بهدف اختصار الوقت والجهد والكلفة فضلا عن زيادة كفاءة الانتخاب. قد يتسائل البعض عن كيفية زيادة الانتخاب من خلال مجتمعات الاحاديات المضاعفة، والاجابة تنحصر بزيادة نسبة التباين الوراثي الاضافي عند انتخاب الصفات الكمية وغياب التاثيرات السيادية للجينات الرئيسة، مما يسمح باجراء

المقارنة والتمييز بين التراكيب الوراثية ضمن التضريبات وبينها، والحصول بالتالي على اكبر استجابة للانتخاب عبر اجيال التربية (Snape، 1982).

لا بد من الاشارة الى ان هذه التقنية الواسعة الانتشار قد تأخرت او اعيقت بسبب فشل تنفيذ التقنية في الحصول على كل المعايير المتوقعة للنجاح، ومنها :

1. وجوب الحصول على انتاجية ثابتة وراسخة للنباتات المضاعفة ولكل التراكيب الوراثية في برنامج التربية.
2. يجب ان تكون النباتات المضاعفة طبيعية وراثيا ومستقرة مظهريا.
3. لابد ان يحتوي توليف مجتمعات النباتات المضاعفة من الاحاديات على كمية كافية من التغاير الوراثي في الاباء (الخفاجي ويوسف، 2000).

تم اوسع استخدام لهذه التقنية من خلال زراعة المتوك، على الرغم من ارتفاع التكاليف وقلة الانتاج ومحدودية التطبيق. وفي الاونة الاخيرة، استخدمت تقنية التهجينات المتباعدة بين الاجناس بضوء ما قدمه Laurie و Bennett (1988) من استخدام لحبوب لقاح الذرة الصفراء في تهجين القمح، بعد ان اصبح بالامكان تحوير تقنيات التلقيح والسماح لأكبر قدر ممكن من عمليات ازالة المتوك (الاخصاء) emasculation وزيادة تكرار الاخصاب.

اهم المراجع

- الحمداني، محمد عبد الخالق ومحمد محي الدين صالح واسماعيل عباس جديع. 1989. توريث المقاومة للبياض الزغبي في الشعير. المؤتمر العلمي الثاني لمنظمة الطاقة الذرية العراقية. 21-23 نوفمبر، بغداد، العراق.
- الخفاجي، حميد چلوب وضياء بطرس. 2000. اتجاهات جديدة في تربية النبات. مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء/ اليمن 553 صفحة.
- يوسف، ضياء بطرس وخزعل خضير عباس. 2001. الاختلاف الوراثي وتبادل المواد الوراثية ودورهما في تحسين محاصيل الحبوب وكسر محددات الطاقة الانتاجية. الزراعة والتنمية في الوطن العربي 20(2)16- 30.
- Araus, J. L.; G. A. Safer; M. P. Reynolds and C. Royo. 2009. Breeding for quantitative variables. Part 5: breeding for yield potential. In S. Ceccarelli *et al.* (eds.). Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.
- Ceccarelli, S.; E. P. Guimarães and E. Weltzien. 2009. Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.
- Divos, K.M.; and M.D. Gale. 1993. The genetic maps of wheat and their potential in plant breeding. Outlook in Agriculture 22: 93-99.
- Fernandes, S. B.; K. O. G. Dais; D. F. Ferreira and P. G. Brown. 2018. Efficiency of multi-trait, indirect and trait – assisted genomic selection for improvement of biomass sorghum. Their. Appl. Genet. 131:747-755.
- Galiba, G.; S.A. Quarrie; J. Sutka; A. Morgounov; and J.W. Snape. 1995. RFLP mapping of the vernalization (Vrn1)and frost resistance (Fr1) genes on chromosome 5A of wheat. Theor. Appl. Genet. 90:1174-1179.
- Hyne, V; M.J. Kearsey; O. Martinez; W. Gang; and J.W. Snape. 1994. A partial genome assay for quantitative trait loci in wheat (*Triticum aestivum*) using different analytical techniques. Theor. Appl. Genet. 89:735-741.
- Klienhofs, A.; A. Kilian; M.A. Saghai Maroof; R.M. Biyashev; P. Hayes; F.Q. Chen; N. Lapitan; A. Fenwick; T.K. Blake; V. Kanazin; E. Ananicv; L. Dahleen; D. Kudrna; J. Bollinger; S.J. Knapp; B. Liu; M. Sorrells; M. Heun; J.D. Franckowiak; D. Hoffman; R.

Skadsen; and B.J. Steffenson. 1993. A molecular, isozyme and morphological map of the barley (*Hordium vulgare*) genome. Theor. Appl. Genet. 86:705-712.

- Laurie, D.A.; and M.D. Bennett. 1988. the production of haploid wheat plants from wheat maize crosses. Theor. Appl. Genet. 70:100-105.
- Laurie, D.A.; N. Pratchett; J.H. Bezant; and J.W. Snape. 1994. Genetic analysis of a photoperiod response gene on the short arm of chromosome 2(2H) of *Hordium vulgare* (Barley). Heredity 72:619-627.
- Laurie, D.A.; N. Pratchett; J.H. Bezant; and J.W. Snape. 1995. RFLP mapping of 13 genes controlling flowering time in a winter x spring barley (*Hordium vulgare*) cross. Genome 38:575-585.
- Law, C.N.; J. Sutka; and A.J. Worland. 1978. A genetic study of day-length response in wheat. Heredity 41:185-191.
- Law, C.N.; J.W. Snape; and A.J. Worland. 1987. an euploidy in wheat and its use in genetic analysis. In F.G.H. Lupton (ed.), wheat breeding: Its scientific basis. Chapman and Hall, London, PP. 71-108.
- Law, C.N.; J.W. Snape; and A.J. Worland. 1981. Intraspecific chromosome manipulation. Phil. Trans R. Soc. London, B. 292:509-518.
- Law, C.N.; C. Dean; and G. Coupland. 1991. Genes controlling flowering and strategies for their isolation and characterization. In The Molecular Biology of Flowering. Ed. Brian Jordan Pub., CAB International.
- Moore, G.; K.M. Devos; Z. Wang; and M.D. Gale. 1995. Grasses, line up and form a circle. Current Biology 5:737-739.
- Scarth, R.; and C.N. Law. 1983. The location of the photoperiodic gene, Ppd2, and an additional factor for ear-emergence time on chromosome 2B of wheat. Heredity 51:607-619.
- Snape, J.W.1982.The use of doubled haploids in plant breeding. In Induced variability in plant breeding. Int. Symp. Of the Section

Mutation and Polyploidy of Eucarpia, Wageningen, 1981. Center for Agric. Publ. and Documentation.
- Snape, J.W.; C.N. Law; B.B. Parker; and A. J. Worland. 1985. Genetic analysis of chromosome 5A of wheat and its influence on important agronomic characters. Theor. Appl. Genet. 71:518-526.
- Snape, J.W. 1989. Doubled haploid breeding: Theoretical basis and practical applications. In: Review of advances in Plant Biotechnology 1985-1988: 2nd Int. Symp. on Genetic Manipulation in crops, Eds. A. Mujeeb-Kazi, and L.A. Sitch. CIMMYT, Mexico, and IRRI, Manila, Philippine, P 19-30.
- Snape, J.W.; B.B. Parker; W. Friedt; and B. Foroughi-Wehr. 1986. Criteria for the section and use of doubled haploid systems in cereal breeding programmes. In: Genetic manipulation in plant breeding, Eds. Horn, Jensen, Odenbach, Schieder. Walter de Grutyer and W, Berlin, New York, PP. 217-229.
- Snape, J.W.; V. Hyne; and K. Aitken. 1994. Targeting genes in wheat using marker mediated-approaches. In: Z.S. Li and Z.Y. Xin (eds). Proc. 8th Int. Wheat Genet. Symp., Beijing, China, 1993. China Agric. Scientch Press, PP 749-759.
- Snape, J.W.; S.A. Quarrie; and D.A. Laurie. 1995. Comparative QTL mapping and its application in cereal breeding. In: Eds Proc. FAO/IAEA Int. Symp. on the use of induced mutation and molecular techniques for crop improvement. IAEA, Vienna, PP 39-49.
- Snape, J.W.; S.A. Quarrie; and D.A. Laurie. 1996. Comparative mapping and its use for the genetic analysis of agronomic characters in wheat. Euphytica 89:
- Welsh, J.R.; D.L. Keim; B. Pirasteh; and R.D. Richards. 1973. Genetic control of photoperiod response in wheat. In: E. Sears and L. sears (eds). Proc. 4th Int. wheat Genet. Symp., Univ. of Missouri, Columbia, Missouri, PP 879-884.
- Winzeler H, Schmid J, Winzeler M (1993) Analysis of the yield potential and yield components of F 1 and F 2 hybrids of crosses

between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). Euphytica 74(3):211–218.

- Witcombe, J. and D. S. Verk. 2009. Methodologies for generating variability. Part 2: Selection of parents and crossing strategies. In S. Ceccarelli *et al.* (eds.). Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.
- Worland, A.J.; C.N. Law; and M.D. Gale. 1984. Wheat Genetics. In: Wheat breeding: Its scientific basis. F.G.H. Lupton (ed). Chapman and Hall, London, PP 129–172.
- Worland, A.J.; and E. Sayers. 1996. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats. Euphytica 89:49–57.

الفصل الرابع

أنواع ألأصناف المنزرعة
Cultivars Types of Cultivated

يعد انتخاب الاباء من التراكيب الوراثية او الاصناف النباتية المنزرعة و/او البرية حجر الزاوية في برامج التربية والتحسين الوراثي، سواءاً كان في محاصيل ذاتية او خلطية التلقيح، وعلى اختلاف طرائق وفلسفات التربية واساليبها وخصوصا برامج التهجين لتوليف اتحادات جينية جديدة تساهم في تدعيم الخزين الوراثي للمحصول. وعليه، فان مسالة انتخاب الاباء الداخلة في برنامج التربية من اهم القرارات التي يتخذها مربي النبات والتي ستسهل لاحقاً استغلال التغايرات الوراثية واستثمارها على وفق اسلوب الانتخاب المتبع، لأنتاج وتوليف الاتحادات الجينية المرغوبة، سواءاً في مواصفاتها الزراعية او قدرتها الوراثية.

ان الهدف من هذا الفصل هو التعرف على كيفية ربط المعلومات المتوفرة لدى المربي حول كيفية انتخاب الاباء الداخلة في التهجين على وفق تصاميم التزاوج mating design المختلفة وادوات واساليب التحليل المعمول بها من جهة، وعرض التوافقات والقاء الضوء على المحاسن والمساوىء من استخداماتها، فضلا عن التطرق الى ما افرزته التقنيات الحياتية ومثلها الحاسوبية من برامج الاحصاء الوراثي Biometrics لتسهيل برامج الانتخاب وصولاً لأفضل التراكيب الوراثية التي يمكن ان تكون اصنافاً متفوقة لتعميم زراعتها.

ان برامج التربية المختصة بمحاصيل ذاتية التلقيح مثل الحنطة والشعير والرز والسوجم والدخن وفول الصويا والحمص والعدس والباقلاء والسلجم وفستق الحقل...الخ، تهتم كثيراً بإجراء التضريب بين ابوين (تركيب وراثي و/او صنف) لأنتاج الهجن الفردية، والتي يتبعها انتاج الاجيال الانعزالية التي تفرز التغيرات الوراثية (يمثل الجيل الانعزالي الثاني اعلى مستوى من التغايرات الوراثية) التي تكون فيها التوليفات الجينية المرغوبة وغير المرغوبة، فيتم الانتخاب للتراكيب الوراثية التي تمثل الهدف الاساس الذي من اجله انتخبت مقل هذه الاباء

للتهجين. ان التماثل الوراثي للتراكيب المنتخبة يكون كبيراً وربما يستمر البعض منها في تماثله المظهري في الاجيال اللاحقة وان حصل الانعزال فيمكن السيطرة عليه وفق الاهداف التي يبتغيها المربي.

اما بالنسبة لمحاصيل خلطية التلقيح، مثل الذرة الصفراء وزهرة الشمس وبعض محاصيل الخضر والنخيل، فان قوة الهجين او الغزارة الهجينية التي تفرز افضل الهجن تعد الهدف الاساس الذي يعمل لأجله مربي النبات للحصول على صفات زراعية وانتاجية متفوقة نتيجة تحقيق اكبر قدر ممكن من الاختلاف الوراثي على المواقع الجينية. اذن يفهم من ذلك بان انتخاب افضل توليفات الهجن هو الخطوة الاولية التي تحدد درجة نجاح المربي في برنامج التربية لأن التغاير الوراقي الاساس انما يعود الى انتخاب الاباء الداخلة في التهجين. وعليه، فان مربي النبات يواجه صعوبات برنامجه التطبيقي في التحسين الوراثي عند انتخاب الاباء التي يراد تضريبها ببعض لتحقيق توليف هجن بمواصفات مرغوبة. بخلاف ذلك، فان المربي سيخسر الكثير من الجهد والوقت والامكانات المادية.

ان الهجن التي يراد تحقيق انتاجها من قبل المربي لابد ان تتصف بادائها الانتاجي العالي وتطبعها الواسع واسقرار حاصلها. مما لا شك فيه، ان استخدام مختلف الاساليب والطرائق الاحصائية لتوصيف التغاير بين وضمن النوع النباتي يعد الاداة الفعالة لمعرفة اللقائح او الهجن المتفوقة. ان طرائق التنبؤ باداء تولفات الهجن المختلفة قد امكن تقديرها على اساس ادائها المظهري (Cruz و Regazzi، 1997) وعلى المستوى الجزيئي (Diniz Filho، 2000 و Oliveira، 1998) او على اساس تقييم النسب (Barbosa neto واخرون، 1996 و Cao واخرون، 1997 و Van Beuningen وBush، 1997). وعليه، فان انتخاب السلالات الابوية يستند على الصفات المرغوبة المطلوبة، والتي غالباً ما تكون غير موجودة بشكل مؤكد في التراكيب الوراثية المتفوقة في النسل بسبب ان اي تحصيل وراثي يمكن تحقيقه انما يعود الى النسل الاصل الذي تم انتخابه على اساس بعض الصفات المظهرية، وهذا بدوره قد يكون عشوائياً او غير متكرر (Gandin، 1982). لذا يتوجب ان

يتم انتخاب الاباء على اساس درجة كفائتها في قابلية التآلف التي ستنعكس بشكل مرضي ومرغوب في الاجيال اللاحقة بتكرار عالي للتوليفات الجينية المتحققة.

اشرت الدراسات والبحوث الكثيرة ان افضل طريقة لتحقيق ذلك هي التهجين بكافة الاحتمالات الممكنة او ما يعرف "بالهجن التبادلية" diallel cross وتحليل النتائج المستقاة بطرائق الاحصاء الوراثي. تجدر الاشارة الى ان هناك عدة طرائق لتقييم الهجن التبادلية واكثرها شيوعاً ما وضعه Griffing (1956)، حيث تعد الطريقة الثانية الاكثر استخداماً وتطبيقاً (Lorencetti واخرون، 2005 و يوسف، 1997). عموماً، يتم من خلال هذه الطرائق تقدير قابليتي الائتلاف العامة والخاصة واللتان تعكسان تأثيرات الجينات الاضافية وغير الاضافية (السيادة والتفوق epistasis)، على التوالي، فضلا عن تقديرات درجة التوريث الواسع والضيق ومعدل درجة السيادة لكل صفة من الصفات المدروسة. على الرغم من الاستخدام الواسع لأسلوب الهجن التبادلية، الاان هذه الطرائق لا تخلو من المساوىء ومنها صعوبة الحصول على بعض توليفات الهجن قيد الدراسة الى جانب زخم العمل التنفيذي المطلوب في تهيئة التوليفات الهجينة او في عملية التقييم والمقارنة Masood0 و Kronstad، 2000). يضاف الى تلك المساوىء ان تطبيق برنامج التزاوج التبادلي الذي يخضع للمعادلة $n(n-1)/2$ يؤشر زيادة القيمة العددية للتهجينات المطلوبة بازدياد عدد الاباء الدخلة في التهجين بصورة مطردة، مما يشكل عقبة ليس في تنفيذ هذه التهجينات، بل حتى في عملية التقييم والمقارنة. وعليه، فان تطبيق اسلوب التهجين القمي topcross يعد الحل البديل الاولي لأختبار السلالات الابوية بتضريبها مع كشاف tester ذو قاعدة وراثية واسعة (صنف مفتوح التلقيح او تركيبي) لأختبار قابليتها على التآلف العام (Yousif واخرون، 1997 و محمود واخرون، 2009). ان مكمن الصعوبة في هذا الاسلوب يتحدد بايجاد الكشاف المناسب (Carvalho C واخرون، 2003). تجدر الاشارة الى ان تبني هذا الاسلوب قد انتشر بين مربي النبات (Balzarini واخرون، 2002) للتنبؤ بأداء اللقائح واختيار سلالات الاباء الاكثر ملائمة في برامج التربية اللاحقة وفق الانموذج الخطي الخليط Mixed-linear model (Searle واخرون، 1992)، فتكون سلالات الاباء تحت التأثير

الثابت، بينما تخضع البيئات وتداخلاتها مع السلالات الابوية للتأثير العشوائي، ولا يتجاوز عدد السلالات المنتخبة 10-12% من العدد الكلي للاباء الداخلة في الاختبار (يوسف واخرون، 1997). ان دقة التنبؤ باحسن انموذج خطي غير متحيز Best Linear Unbiased Predictor Model قد تمت مقارنته مع الانموذج الثابت لبيانات محصول قصب السكر فأظهرت بان نسبة الخطأ للانموذج الثابت كانت 11.406 طن/ هكتار، بينما كانت قيم متوسطاتها للانموذج الخطي الخليط ضمن المدى 9.738 و 9.959 طن/ هكتار (Balzarini واخرون، 2002). وعليه يعد للانموذج الخطي القدرة على اسعاف ما يبتغيه المربي في ايجاد افضل تنبؤ لأداء السلالات الابوية وانتخاب ما يلائم من تراكيب وراثية لبرنامج التهجين.

استخدمت التحاليل الاحصائية والوراثة الكمية من قبل العديد من مربي النبات في برامج التربية والتحسين (Balzarini واخرون، 2002 و Falchenecker واخرون، 2006 و Lstiburek واخرونن 2005 و Milligan واخرون، 2003 و Perkins و Jinks، 1968 و Piepho و Williams، 2006) لأنتخاب توليفات الاباء التي تعكس تأثيرات التهجن الرئيسة في ذرياتها. وعليه، فان المراجعة العلمية في هذه الدراسة ستناقش بعض المظاهر المتعلقة بالستراتيجيات الرئيسة ومواطن القوة والضعف.

غربلة الاباء استناداً للبيانات المظهرية Parental screening based on phenotypic data

ان تربية اي نبات على وفق تحسن الصفات المرغوبة بامثل صيغها وقيمها الكمية المقاسة انما يستند على تحوير الشكل الهندسي للنبات او ما يعرف Ideotype breeding (Khush، 2005). وعليه، فان مربي النبات يسعى لممارسة اعادة تركيب بعض الصفات في خيارات التربية التي يقوم بها على اساس توريث الصفة المرغوبة افضل القياسات الكمية التي يمكن تحقيقها، ضمن الموارد الوراثية المتاحة له قيد برنامج التربية. على الرغم من ان الفوائد القيمة التي تسخرها التقانات الحياتية الحديثة والمعلومات التوثيقية المتعلقة بالتراكيب

الوراثية المتاحة عالميا ضمن ما يعرف Bioinformatics، الا ان الواقع التطبيقي للتحسين الوراثي يفرض في احيان كثيرة محددات الوراثية مهما بلغت الخبرة والامكانات المتاحةن فتبقى عملية الانتخاب للاباء مستندة على الصفات المظهرية التي تعكسها الذرية في صفات معينة فتحدد قرار المربي. ان هذا النوع من القرارات يعتمد على طبيعة الاهداف التي يبتغيها المربي، ومثالها قيامه بانتخاب تراكيب وراثية معينة وفقا لأعلى متوسطات صفة يريد تحسينهان مثل صفة او اكثر من صفات مكونات حاصل الحبوب او الصفات النوعية او صفات النمو او مقاومة المسببات المرضية او غيرها من الافات في دورة حياة المحصول. بالتالي، فمن غير الممكن الوقوف لى الاداء الفردي للاباء. لذا لابد ان يحصل المربي على لقائح او هجن لتقييمها من خلال اداء ذرياتها باستخدام التقنيات التي تسمح بالتنبوء في تحقيق توليف تراكيب وراثية محددة حتى قبل اجراء التهجين (Mihaljevic واخرون، 2005).

التطبع والاستقرار Adaptability and stability

مثلما اسلفنا قبلاً، فان انتخاب الاباء لبرنامج التهجين على وفق الصفات المتفوقة المرغوبة فيها، فانه لابد ان تؤخذ في الحسبان مسألة التطبع العالي لهذه الصفات، اي قابلية التركيب الوراثي ليتفاعل ايجابياً مع البيئة التي يزرع فيها وكيف يمكن محاكاتها من جهة، واستقرار هذا التركيب من حيث الحاصل الذي يعطيه، اي قابليته للاستجابة حيال القدرة الانتاجية لتلك البيئات من جهة ثانية. اذا ما اخذت مثل هذه النقاط بنظر الاعتبار، فان انتخاب الاباء يكون على درجة كبيرة من الاهمية في برامج التربية التي تهدف الى توسيع المساحة البيئية التي يراد تغطيتها بنشر زراعة هذا الصنف او ذاك، وخصوصاً في ظروف التربة والمناخ المتميزين. طورت عدة نماذج احصائية لدراسة وتقدير التداخل الوراثي – البيئي بدقة عالية لتسهيل فهم تطبع واستقرار وتقييم التراكيب الوراثية (Gauch، 1992). مجموعة كبيرة من العلماء والباحثين الرواد (Plaisted و Paterson، 1959 و Finlay و Wilkinson ، 1963 وWricke ، 1965 و Eberhart و Russell، 1966 و Tai، 1971 و Francis و Kannenberg، 1978 و Verma واخرون، 1978 و Lin

واخرون، 1986 و Cruz واخرون، 1989 و Gauch، 1992) نشروا بحوثهم المتميزة لتطوير تقنيات التنبوء بتطبع واستقرار الاصناف في البيئات المختلفة. فكانت الدراسات المتعلقة بهذين المعيارين الانتخابيين قد تطورت من تحاليل التداخل الوراثي – البيئي الى تسخير هذه التحاليل باتجاه ايجاد ما يلائم كل بيئة على وفق معطياتها وخصوصياتها في بحوث كل من Oliveira، واخرون (2003) لفول الصويا و Jobim واخرون (1999) للفاصولياء و Coimbra واخرون (1999) للسلجم وفي الحنطة (Felicio واخرون، 1998) والذرة (Azzo، 2007 و Flachenecker واخرون، 2006 و Scapim واخرون، 2000) والشوفان (Benin واخرون، 2003) وقصب السكر (Milligan واخرون، 2003).

ان بيانات الشوفان في بحث Benin واخرون (2003) باستخدام انموذج القطع الثنائي والذي وصفه Cruz واخرون (1989) عندما قيموا 19 تركيب وراثي من الشوفان في 9 مناطق بيئية ملائمة واخرى غير ملائمة لزراعة لشوفان في جنوب البرازيل على اساس بعض معايير الاداء قد اظهر تفوق قسم منها والاخرى كان اداؤها ادنى من المتوسط العام للبيئات المدروسة.

يقاس التطبع والاستقرار بمعنوية الميل، اي قيمة b_i و قيمة معيار الاستقرار عندما يعود معامل التحديد R^2 لأنموذج الانحدار المصحح لكل تركيب وراثي قيد الدراسة. عندما نشاهد القيم المعنوية لكل من الميل والاستقرار في كلا البيئتين (الملائمة وغير الملائمة) لبعض التراكيب، فانما يدل ذلك على التطبع الواسع واستقرار حاصل الحبوب من حيث الانتاجية في مناطق المعاينة او الدراسة بمواقعها التسع (الجدول4-1). استخدمت هذه الطريقة كثيراً من قبل الباحثين بهدف تحليل سلوك واداء التراكيب الوراثية في المناطق الكبرى (التطبع الواسع) ومثلها للتطبع الضيق، اي المناطق الصغرى، لكيما تسعف مربي النبات في اختيار الاباء التي يراد من خلالها انتاج الهجن اصطناعياً (الهجن الموجهة)، وكذلك لأعطاء التوصية للمزارعين حول افضل التراكيب الوراثية (Chloupek و Hrstkova، 2005 و Lin واخرون، 1986 و Kraakman واخرون، 2004).

التهجين التبادلي

يعد تصميم التزاوج بين السلالات الابوية او التراكيب الوراثية بكافة الاحتمالات (التوافيق) الممكنة افضل ستراتيجية لتحديد قابلية التآلف العامة والخاصة للاباء الداخلة في التزاوج. ان المحدد الرئيس لتطبيق تصميم التزاوج هذا هو الحاجة الى عدد كبير من احتمالات التزاوج لأجل تقييمها. وعليه، فان تفسير النتائج قد يتأثر بعدد ونوعية البيانات المطلوب الحصول عليها لأعطاء تقديرات دقيقة (Burow و Coors، 1993).

استناداً لهذه التقنية، يكون من الضروري تهجين كل التراكيب الوراثية المنتخبة، اي التهجين التبادلي كامل (التضريبات العكسية) وتقييم ذرية الهجن الناتجة، ويمكن تجاهل التاثير الناجم عن الوراثة السايتوبلازمية باجراء التهجين التبادلي غير الكامل (غير العكسي). ومن الصعوبات التي يمكن حدوثها هو احتمال حدوث عدم التوافق في بعض الانواع او الحاجة الى ظروف بيئية محددة. قدم Griffing (1956) انموذجين رياضيين باربعة طرائق للتهجين، وسهَّل من خلالها حساب التباينات الوراثية والبيئية وقابليتي التآلف العامة والخاصة والتوريث بالمفهوم الضيق والواسع، بما يخدم ربي النبات في الحصول على افضل السلالات (الاباء) المنتخبة. كما قدم Gardner و Eberhart (1966) كيفية تقييم قوة الهجين، وكذلك Hayman (1954) الذي زودنا بمعلومات حول الية توارث الصفة على اساس القيمة الوراثية للاباء المستخدمة ومحددات الانتخاب.

الهجن القمية Top cross

يعد التهجين القمي احد اكفأ الاساليب التي يتبعها مربي النبات في تقييم ومعرفة الاياء الكفوءة وانتخابها من خلال التضريب الذي يقوم به لكل التراكيب المتوفرة لديه باب واحد او اكثر. وبذا يستطيع تقييم اعداد كبيرة من هذه التراكيب قد يصل الى المئات منها (يوسف واخرون، 1997 و محمود واخرون، 2009).

معلمات (مؤشرات) الدنا DNA markers

ان استخدام معلمات الدنا في تقدير المسافة الوراثية genetic distance ضمن النوع النباتي الواحد او بين الانواع قد تطور بشكل متارع واعطى مسحاً للمعلومات الوراثية التي يحتويها الجينوم (المجين). وعليه، يتوفر اليوم العديد من المعلمات الجزيئية التي تستخدم في قياس المسافات الوراثية في الانواع النباتية. اما اكثر المعلمات الوراثية شيوعاً واستخداماً وفق ما ذكره Dias واخرون (2004) فهي :

- Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP)
- Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)
- Simple sequence Repeat (SSR)
- Sequence-Tagged Sites-Amplified Polymorphic DNA (STS-PCR)

توضح في السنوات القليلة الماضية عدم دقة المعلومات الوراثية التي يوضحها المعلم الجزيئي (RFLP) فقل استخدامه (Yang واخرون، 1996). عموما ان هذه المعلمات الوراثية تعطي ارتباطاً معنويا بين المسافات الوراثية للاباء المستخدمة واداء درياتها في الجيل الاول للذرة الشامي (Smith، 1990).

أانواع الاصناف

اولاً: الاصناف الموسمية (احادية الحول)

1. اصناف السلالة النقية
2. اصناف مفتوحة التلقيح
3. اصناف الهجن
4. الاصناف التركيبية Synthetic cultivars
5. اصناف متعددة السلالات (الاباء) Multiline cultivars
6. الاصناف المركبة Composite-cross cultivars
7. اصناف الاكثار الخضري Clonal cultivars

ثانياً: الاصناف ثنائية الحول (الموسم)

ثالثاً: الاصناف المعمرة

إن تقسيم مختلف أنواع ألأصناف النباتية، يعطي فكرة واضحة عن البدائل وألأساليب المتوفرة في ألإكثار ألإقتصادي لأنواع المحاصيل. إن ما يصطلح به Cultivar أو variety أو (cultivated variety) تعني شيئاً واحداً من حيث المفهوم والمعنى. والصنف هو مجموعة من النباتات تتصف بمواصفات المظهرية أو الفسلجية. أو أية صفة أخرى تميزه عن غيره من ألأصناف المعروفة. يقصد بالتماثل، عدم وجود تغايرات بين نباتات الصنف في الصفات المهمة، بينما تشير حالة ألإستقرار الى أن الصنف يبقى دون تغيير محسوب في صفاته المهمة وأهم أنواع ألأصناف المنزرعة، بحسب طريقة الاكثار الجنسية او اللا جنسية.

1. اصناف السلالة النقية (أصناف السلالات) Line Cultivars

تتألف أصناف السلالات من مجموعة من النباتات ذاتية أو خلطية التلقيح تتكون من أساس وراثي واحد أو متشابهة جداً، بحيث تعطي معامل نظري مشابه للأب بنسبة 0.87 أو أكثر (1957,KIMPTHORNE). يتم الحفاظ على هذه ألأصناف من خلال التلقيح الذاتي أو تزاوج ألأخوة sibmating. ومن أمثلة أصناف السلالات في محاصيل ذاتية التلقيح صنف الحنطة Gaines وصنف Wayne لفول الصويا. أما أمثلة السلالات النقية الممثلة للأصناف في محاصيل التلقيح الخلطي فهو صنف القرع Msu-713-5 والسلالة النقية WF9 في الذرة الصفراء و B2215c في البصل.

2. أصناف مفتوحة التلقيح أو محاصيل خلطية التكاثر

Open pollinated cultivars or cross pollinated crop

تتكون ألأصناف مفتوحة التلقيح من النباتات التي تتلقح بصورة خلطية في الطبيعة والتي يتم انتخابها وفق حالة قياس معينة، بحيث يوجد فيها نوع من التباين، هذا التباين يكون في صفة واحدة أو عدد قليل من الصفات بحيث تميز هذا الصنف النباتي عن ذاك. ومن أمثلة

ألأصناف المفتوحة التلقيح صنف المسرة لمحصول الذرة الصفراء الملائم للزراعة الخريفية في العراق وصنف Kenland في النفل ألأحمر red clover وصنف بصل برمودا ألأصفر Yellow Bermoda وصنف الذرة السكرية Golden Bantam. إن المحاصيل المفتوحة أو خلطية التلقيح تضم العديد من أنواع ألأصناف ولمحاصيل مختلفة، طبقاً للأسلوب المتبع في تطوير صناعة الصنف، وطبيعة الامكانات المتوفرة لبرامج التربية سواءُ كانت للموارد الوراثية المتوفرة او الخبرات العلمية من جهة والامكانات المادية المتاحة لبرامج التحسين الوراثي.

3. اصناف الهجن Hybrid Cultivar

تتكون ألصناف الهجينة F1 من ذرية الجيل ألأول الناتجة من السيطرة على حالة التلقيح من النباتات التي يراد الحصول على هجينها من البذور، وهي عدة أنواع:-

بذور الهجن الفردية وهي البذور الناتجة من تهجين سلالتين نقيتين.

- بذور الهجن المزدوجة، وهذه تتكون من تهجين غشتين من الهجن الفردية مع بعضها وتحتاج الى 4 سلالات نقية.

- بذور الهجن الثلاثية، وهذه تتكون من تهجين هجين فردي مع سلالة نقية.

- ألأصناف الهجينة، وهي تتكون من تهجين سلالة نقية أو هجين فردي مع صنف مفتوح التلقيح أو صنف تركيبي.

- هجن ألأصناف أو السلالات أو الكلونات الخضرية أو هجن ألأنواع.

لا يمكن اعادة إنتاج بذور الهجن من بذور جيل الهجين نفسه، ومن أمثلة بذور الهجن، الهجين us13 في الذرة الصفراء والهجين RS-blo في الذرة البيضاء الحبوبية، وهجين الوادي في محصول زهرة الشمس sunflower valley hybrid الهجين فلامي في زهرة الشمس أيضاً.

أصناف الجيل الثاني F2 Cultivars

يتم الحصول على بذور أصناف الجيل الثاني من خلال ‘جراء التلقيح الذاتي أو المفتوح بين نباتات هجن الجيل ألأول. وأن هذه ألأصناف لا يمكن ادامتها عن طريق زراعة ألأجيال

ألإضافية. من أمثلة هذه ألإصناف، صنف الطماطة Formost F1 وصنف البيتونيا ألأزرق البنفسجي violet blue

4. ألأصناف التركيبية Synthetic Cultivars

وهذه الاصناف متعددة الاسلوب في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحاصيل خلطية التلقيح مثل الذرة وزهرة الشمس وتشمل:

أ. ألأصناف التركيبية في الجيل ألأول First- generation synthetic cultivars (syn1) تتكون أصناف الجيل ألأول التركيبية Syn1 من ذرية الجيل ألأول المأخوذة من حالة التزاوج الداخلي لطقم معين من الكلونات أو بذور السلالات التي تم إكثارها، وربما تستخدم بذور هذا الصنف كبذور محاصيل التلقيح الخلطي أو التلقيح الذاتي بحيث تدخل ميكانيكية صناعتها لأجل الحصول على أعلى درجة من التلقيح الخلطي كاستخدامات العقم الذكري أو عدم التوافق الذاتي self- incompatibility. إن هذه ألأصناف تتكون من خليط من البذور الناتجة من التلقيح الخلطي أو الذاتي أو تزاوج ألأخوة عادةً. إن أصناف syn1 تتألف فقط من ذرية الجيل ألأول. ومن أمثلة أصناف syn1، الصنف Gahi لمحصول الدخن اللؤلؤة وصنف Tempo في محصول الجت وصنف Vitagaze في الشيلم.

الجدول (4-1): حاصل الحبوب بالهكتار ومعياري التطبع بقيمة الميل b_i والاستقرار المتحصل عليهما من 9 مواقع من جنوب البرازيل في عامي 2002 و 2003 استناداً لأدائها في البيئات الملائمة وغير الملائمة لمحصول الشوفان الابيض *Avena sativa*.

التركيب الوراثي	البيئات الملائمة					البيئات غير الملائمة				
	حاصل الحبوب		معيار التطبع	معيار الاستقرار	معامل التحديد	حاصل الحبوب		معيار التطبع	معيار الاستقرار	معامل التحديد
UPF15	3445	أ[1]	0.85غ.م.	195220	82	1951	ب[1]	0.85غ.م.	64969*	89
UPF16	3558	أ	1.07غ.م.	407293	65	2072	ب	0.89غ.م.	76531*	89
UPF17	3340	أ	1.33*	150650	84	1872	ب	0.93 م.	347134*	71
UPF18	3559	أ	1.31*	240324	81	2228	أ	0.93غ.م.	166.75*	83
UPF19	3818	أ	0.98غ.م.	135522	85	2283	أ	1.07غ.م.	169564*	83
UPFA20	3738	أ	1.04غ.م.	29342	90	2513	أ	1.19*	45934*	90
UFRGS14	3635	أ	0.77*	126742	86	2417	أ	1.29*	23367غ.م	91
UFRGS15	3275	أ	0.77*	318150	80	1730	ب	0.92غ.م.	136917*	84
UFRGS16	3451	أ	1.33*	254852	80	2031	ب	1.09غ.م.	92944*	87

[1] الحروف المختلفة ضمن نفس العمود تعني ان التراكيب الوراثية تختلف عن بعضها معنوياً عند مستوى احتمال 0.05

** تعني معنوية عند مستوى احتمال 0.05 و غ.م. تعني غير معنوية.*

ب . ألأصناف التركيبية للأجيال المتقدمة Advanced generations synthetic cultivars وتسمى أيضاً Beyond Syn1 أي التي تتكون من بذور أجيال التلقيح المفتوحة المتقدمة التالية لجيل الصنف التركيبي Syn1. فجيل Syn2 يتم إنتاجه من بذور جيل Syn1 وهكذا بالنسبة لبذور Syn3 التي تنتج من بذور Syn2 إن ألأصناف التركيبية تكون عادة مستقرة ولعدد محدد من ألأجيال التكاثرية، بحيث يعاد تكونها من بذور السلالات ألأبوية ألأصلية. ومن أمثلة ألأصناف التركيبية، الصنف نيلم والصنف بحوث 106 في الذرة الصفراء وصنف الربيع الملائمة للزراعة الربيعية وسط العراق، وصنف Ranger في الجت.

5. أصناف متعددة السلالات Multilines Cultivars

إن خلط بذور عدة سلالات أو أصناف لتمثل نواة بذور الصنف الجديد، بحيث يعبر عن كل من هذه السلالات أو ألأصناف بنسبة مئوية صغيرة من المجموع الكلي لجميع النسب لكي تمثل ما يعادل 100% (يوسف، 1999). ربما تمثل أصناف متعددة السلالات إثنين أو أكثر من السلالات المتشابهة وراثياً من نباتات ذاتية التلقيح، بحيث تكون متشابهة في أغلب صفاتها، ولكنها تختلف في عدد محدود من الصفات المميزة لكل منها مثل مقاومة ألأمراض. إن اصطلاح multiliens يستخدم كذلك في توضيح خلائط بذور إثنين أو أكثر من السلالات غير المرتبطة، فالصنف متعدد السلالات يشتق من زراعة سلالات في عزل عن بعضها، ثم يتم تركيب البذور بطريقة تحدد النسبة المئوية لكل مكون من مكونات الصنف الجديد. وإذا ما اختلفت مكونات الصنف الجديد في إنتاج البذور (في المجتمع الخليط الجديد) فإن التركيب الوراثي للصنف الجديد سوف يتغير في كل جيل إنتاجي. لذا فإن مجتمعات متعددة السلالات عادةً ما يمثل فيها كل صنف أو سلالة نسبة مئوية حوالي 5% من النسبة الكلية. من أمثلة هذه ألأصناف، صنف الحنطة ميرامار – 63 وصنف الشوفان Webster

6. مجتمعات التلقيح المركب Composite–Cross populations

تستحصل مجتمعات التلقيح المركب من تهجين أكثر من إثنين من ألأصناف أو السلالات ذاتية التلقيح وإكثار بذور ألأجيال الناتجة منها ضمن المجتمع ألإنعزالي بطريقة تجميعية وفي بيئة محدودة وذلك بممارسة ألإنتخاب ألإصطناعي (بتدخل مربي النبات) في المجتمع النباتي، ويتوقع أن يكون المجتمع النباتي الناتج حاوياً على سلسلة من التغايرات الوراثية المستمرة ومن أمثلتها شعير هارلاند Harland barley .

7. الاصناف المهجنة مع الاقارب البرية

ومثالها اصناف الحنطة التي تهجن مع اقاربها من الانواع البرية حيث تسمى Synthetic wheat وذلك لتحسين صفات المقاومة للمسببات المرضية اوتحمل الشدود البيئية الاخرى. يوضح الشكل **(4-1)** انساب الحنطة المختلفة ومستويات التضاعف الكروموسومي وتسخيره في برامج التحسين الوراثي.

8. اصناف الاكثار الخضري Clones cultivars

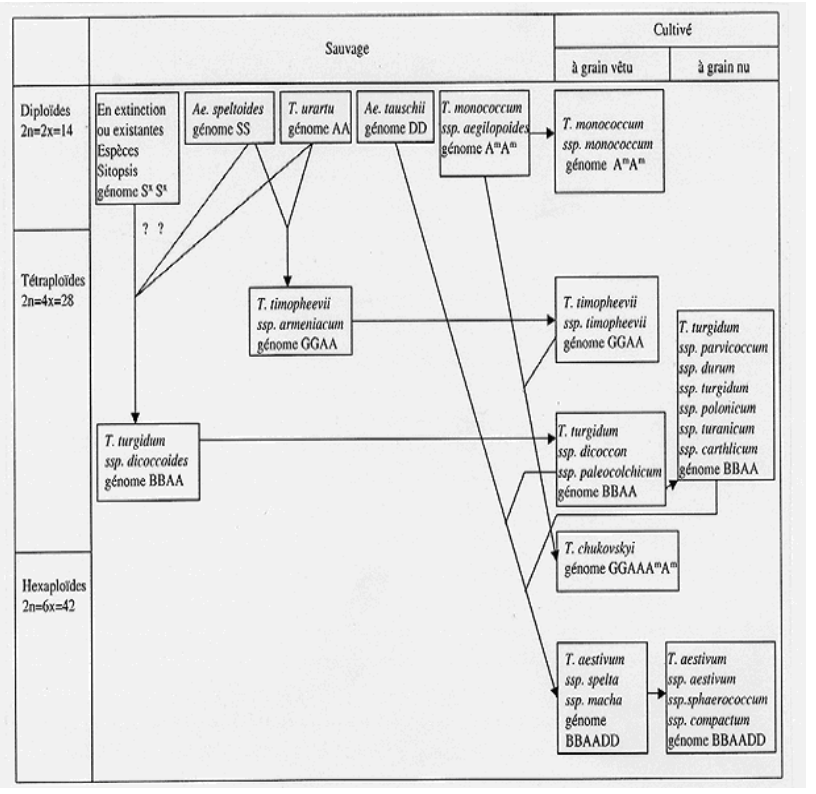
هذه الاصناف تنتج بطرائقق ألإكثار اللاجنسي، وتتضمن التقليم، الدرنات، ألابصال، الرايزومات، التطعيم وحتى الترقيد بانواعه.

ثانياً: الاصناف ثنائية الحول (الموسم)

ربما يمكن حصر مثل هذه الاصناف بمحصولي البنجر السكري وقصب السكر.

ثالثاً: الاصناف المعمرة

وتمثل اصناف الاشجار والشجيرات دائمة الخضرة او متساقطة الاوراق، اذ لها طرائق تربية محددة وتختلف قياساتها واحصاءاتها عن طرائق التربية التقليدية للمحاصيل الحقلية والبستنية.



الشكل (4-1) انساب الحنطة المختلفة ومستويات التضاعف الكروموسومي وتسخيره في برامج التحسين الوراثي.

اهم المراجع

- يوسف، ضياء بطرس وحميد جلوب علي وعبد الجاسم الجبوري وعزيز حامد مجيد، 1997. *استنباط صنف جديد (الربيع) من الذرة الصفراء يلائم الزراعة الربيعية في المنطقة* الوسطى من العراق برنامج التربية. مجلة دراسات (العلوم الزراعية) 24(1) 84-95.

- الدليمي، عزيز حامد وضياء بطرس يوسف وحميد خلف خربيط، 2009. تقدير قابلية الائتلاف لتراكيب وراثية محلية ومدخلة من الذرة الصفراء. المؤتمر العلمي السابع لوزارة الزراعة. بغداد – العراق. للفترة 26-2009/10/28.

- حمود، جلال ناجي وضياء بطرس يوسف وحمد اسماعيل الصفار واياد سعد حكمت، 2009. الاختبار المبكر لسلالات الذرة الصفراء باستخدام التلقيح القمي. المؤتمر العلمي السابع لوزارة الزراعة. بغداد – العراق. للفترة 26-2009/10/28.

- Araus, J. L.; G. A. Safer; M. P. Reynolds and C. Royo. 2009. Breeding for quantitative variables. Part 5: breeding for yield potential. In S. Ceccarelli *et al.* (eds.). Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.

- Balzarini, M. S.; B. Milligan and M. S. Kang. 2002. Best linearunbiased prediction: a mixed model approach in multienvironment trials. In: M. S. Kang (ed.), Crop Improvement: challenges in the twentu- first century, Haworth Press, Inc. NY, USA.

- Barbosa Neto,J. F.; M. E. Sorrells and G. Cisar. 1996. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLP based estimates of genetic relationship. Genomic 39:1142-1149.

- Benin, G.; F. I. F. Carvalho; A. C Olivrira; I. C. Assmann; E. L. Floss; C. Lorencetti; V. S. Marchioro and J. A. G. da Silva. 2003. Environmental effects on grain yield in oat and their influences on genetic parameter estimates. Rev. Bras. Ariciênc. 0:207-214.

- Brown, J.; and Peter D.S. Caligari. 2008. An Introduction to Plant breeding. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014-8300, USA.

- Burrow, M. D. and L. Coors. 1993. Diallel analysi and simulation. Wisconsin Univ., WI.

- Cao, D. and J. H. Orad. 1997. Pedigree and RAPD –based DNA analysis of commercial U.S, rice cultivars. Crop Sci.37:1630-1635.

- Carvalho, F. I. F.; C. Lorencetti; V. S. Marchioro and S. A. Silva. 2003. Coducting populations in plant breeding(in Portuguese). Pelotas: Editoria e gráfica da UFPel, Pp. 230.

- Ceccarelli, S.; E. P. Guimarães and E. Weltzien. 2009. Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.

- Chloupek, O.; and P. Hrstkova. 2005. Adaptation of crops to environment. Theor. Appl. Gen et. 111:1316-1321.

- Cruz, C. D.; and A. J. Regazzi. 1997. Biometrical models applied to plant breeding(in Portuguese). Vicosa: Editoria UFV,Pp390.

- Cruz, C. D.; R. A. Torres and R. Vencovsky. 1989. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. Rev. Bras. Genet. 12:567-580.

- Dias, L. a. S.; E. A. T. Picoli; R. B. Rocha and A. C. Alfenas. 2004. A priori choice of hybrid parents in plants. Genet. Mol. Res. 3;256-368.

- Diniz Filho, J. A. 2000. Coparative phylogenic methods. Ribeirão Preto: Holos.

- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for corn pairng varieties. Crop Sci.6:36-40.

- Felício, J.C.; C. E. O. Camargo; R. Germani and CPRS. Mango.1998. environment and genotype interaction on the grain yild and technological quali-

ty of wheat in the state of São Paulo, Brazil (in Portuguese; English summary). Bragantia 57: 149-161.

- Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in plant – breeding programmes. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.

- Flachenecker, C.;M. Frisch; K. C. Falke and A. E. Melchinger. 2006. Trends in population parameters and best linear unbiased prediction of progeny performance in a European F_2 maize population under modified recurrent full- sib selection. Theor. Appl. Genet. 112:483-491.

- Francis, T. R. and L.Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize.1. A descriptive method for grouping genotyped. Can. J. Plant Sci. 58:1029-1034.

- Gandin, C. L. 1982. Analysis of segregating population and combining ability effect from different genotypes on the main characters of importance in wheat. (in Portugese; English summary). M. sc. Diss. UFRGS.

- Gardner, C. O. and S. A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22:439-452.

- Griffing, B. 1956. Conceptof general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:463-493.

- Hayman, B. I. 1954. The theory and analysid of diallel crosses. Genetics. 39:789-809.

- Jobim, C. I. P.; S. L. Westphalen and L. C. Federizzi. 1999. Analysis to the genotype x environment interaction for yield grain in common bean. Pesquisa Agropec Gaúcha 6:27-38.

- Khush, G. 2005. What is willtake to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. Plant Mol. Biol. 59:1-6.

- kraakman, A. T. W.; R. E. Niks; PMMM. Vander Berg.; P. Stam and F. A. Van Eeuwijk. 2004. Linkage disequilibrium mapping of yield and yield stability in modern spring barley cultivars. Genetics 168:435-446.

- Lin, C. S.; M. R. Binns and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where did we stand?. Crop Sci. 26:894-900.

- Lorencetti, C; FIF. Carvalho; G. Benin; V. Marchioro; A.C. Oleveira; JAC. Da Silva; I. Hartwig; DAM. Schmidt and I. P. Valério. 2005. Combining abiity and heterosis in diallelis oat cross. Rev. bras. Agrociên. 11:143-148.

- Masood, M. S. and W. E. Kronstad. 2000. Combining ability analysis over various generations in diallel cross of bread wheat. Pakistan J. Agric. Res. 16; 1-4.

- Milne, I., P. Shaw, G. Stephen, M. Bayer, L. Cardle, W.T.B. Thomas et al. 2010. Flapjack — Graphical genotype visualization. Bioinformatics 26:3133–3134. doi:10.1093/bioinformatics/btq580.

- Milligan, S. B.; M. Balzarini and E. H. White. 2003. Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yied loss. Crop Sci. 43:1729-1735.

- Oliveira, a. B.; j. B. Duarte and J. B. Pinheiro. 2003. Employing of AM-MI analysis on yield stability evaluation of soybeans. Pesqui. Agropec. Bras.38:357-364.

- Perkins, J. M. and J.Jinks. 1968. Environmental and genotype- environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. Heredity 23:339-356.

- Plaisted, R. L. and L. C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistency in different locations or seasons. Amer. Potato J. 4:1093-1094.

- scapim, C. A.; V. R. Oliveira; A. L.Braccini; C. D. Cruz; CAB. Andeade and MCG. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlation among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genet. Mol. Biol. 23:387-393.

- Shaw, P.D., M. Graham, J. Kennedy, I. Milne, D.F. Marshall, P. Gregory et al. 2014. Helium: Visualization of large scale plant pedigrees. BMC Bioinformatics 15(1):259. doi:10.1186/1471- 2105-15-259

- Tai, GCC. 1971. Genotype stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11:184-190.

- Van Beuningen, L. T.and R. H. Bush. 1997. Genetic diversity among North America spring wheat cultivars: III. Cluster analysis based on quantitative morphological traits. Crop Sci. 37:981-988.

- Witcombe, J. and D. S. Verk. 2009. Methodologies for generating variability. Part 2: Selection of parents and crossing strategies. In S. Ceccarelli *et al.* (eds.). Plant breeding and farmer participation. Pp. 671. FAO, Rome.

- Yang, D.; A. C. Oliveira; I. Godwin; K. Schertz and J. L. Bennetzen. 1996. Comparison of DNA marker technologies in characterizing plant genome diversity: Variability in Chinese sorgum. Crop Sci. 36:1669 -1676.

- Yousif, D.P.; H.Ch. Ali; A.H. Majeed; N.F. Jabbo; and L.S. Mohammed. 1998. Estimation of general combining ability in 162 S1 and S2 progenies of corn (*Zea mays* L.) lines by topcrossing. Dirasat, Agric. Sci., 25(1): 1-5.

الفصل الخامس

استخدام نباتات ألأنواع البرية في تربية وتحسين المحاصيل
Use of Wild Species Crop Beeding

إن معرفة منشأ المحاصيل من ألأمور التي تشغل بال مربي النبات، ويعد العالم الروسي فافيلوف أول من حدد مراكز النشوء في بداية هذا القرن بعد أن قام بأكبر رحلة إستكشافية من هذا النوع، موضحاً مناطق محددة تمتاز بالتربة الخصبة والحرارة والرطوبة ذات المواصفات البيئية التي تمثل منشأ ثلاثة أرباع الانواع النباتية المهمة في الوقت الحاضر. وكانت منطقتنا العربية المتمثلة بجنوب غرب آسيا وشمال أفريقيا مراكز نشوء الكثير من هذه النباتات، مما جعلها مراكزاً لإستقطاب الكثير من العلماء والباحثين المهتمين بتصنيف وتربية النباتات. ولما تمتاز به أرض ألأنبياء والحضارات من الخصب والنماء والتنوع المناخي فقد دجنت فيها ونمت الكثير من النباتات البرية عبر الآف السنين، بفعل ألإنتخاب الطبيعي الذي أدى الى وجود التغايرات الوراثية الهائلة التي مثلت مصدراً مهماً للمادة الوراثية germplasm وبالتالي إمكانية ألإستفادة منها في نقل الكثير من الصفات الوراثية الى المحاصيل ألإقتصادية. بذلك فقد أصبح واضحاً هذا ألإهتمام المتزايد بجمع وتصنيف ألأنواع البرية و/أو المنزرعة مما أدى الى إنشاء مراكز حفظ وصيانة المواد الوراثية ومن أهمها المختبر الوطني لخزن البذور National Seed Storage Laboratory في ولاية كولورادو ألأمريكية والذي يضم أنواع مختلفة من الحنطة والرز والذرة الصفراء والبيضاء. ومما لا شك فيه أن تثار بعض ألإستفسارات حول أهمية هذا الموضوع فيدعي البعض إن التغايرات الوراثية المعروفة في ألأنواع المنزرعة ليست بدرجة من الضيق في المادة الوراثية وذلك لإمكانية خلق أو إستحداث تغايرات وراثية جديدة من خلال برامج إستحداث الطفرات ألإصطناعية (فيزيائية و كيميائية) أو باستخدام تقنيات زراعة ألأنسجة بإحداث التغايرات في الخلايا الجسمية المكلونة Somaclonal variation (يوسف، 1992) او بادخال الموارد الوراثي الاجنبية وتسخيرها للتحسين الوراثي (Dwivedi واخرون، 2008 و Zamir، 2001). قاد هذا الرأي الى القول بأن هذه التغايرات الوراثية تعطي فرصة كبيرة للمتخصص في علم تربية النبات بعدم إستخدام ألأنواع البرية، وبالتالي ليس لزاماً استخدامها في حل الكثير من المشاكل الوراثية. لكن، كيف يكون رد الفعل إن توفرت مثل هذه الصفات المراد إستحداثها في ألأنواع البرية فقط أو أن مسألة استحداثها تكون من الصعوبة بدرجة لم يتم تحقيقها رغم إختلاف التقنيات المستخدمة في هذا المجال.

إن رغبة مربي النبات في إستخدام ألأنواع البرية لم تأتي اعتباطاً أو إنها ليست مسألة تلاعب بالتوازن الطبيعي أو ألإخلال بالمادة الوراثية. فالحاجة الملحة لإستنباط تراكيب وراثية وتغايرات جديدة تحمل صفات معينة هي التي دعت الى الولوج في مثل هذا المسلك العلمي. فاستنباط ألأصناف المقاومة للأمراض والحشرات وألأصناف المتحملة للبرودة أو الحرارة أو

الجفاف أو الملوحة أو مقاومة المبيدات هي وليدة الطبيعة اولاً والفكر النير لمربي النبات ثانياً. فتراه يحاول بناء الجسور الوراثية بين النباتات البرية والمتررعة في برامج التهجين وألإنتخاب بغية نقل جين أو أكثر ونقل طقم كروموسومي (جينوم او مجين) أو نقل كروموسوم (صبغي) مفرد أو حتى قطعة صغيرة منه تحتوي على الجين أو الجينات المرغوبة.

لكي يكون هذا الكلام دقيقاً، فانه لا بد من توضيح ذلك، بشيء من التفصيل، مستندين بذلك الى ألإنجازات العلمية المتحققة من قبل علماء وباحثين في غير عالمنا العربي ومستطردين ما يهمنا منه، اذ من المؤكد أن هناك أمثلة عربية عديدة لم نحصل على معلومات وافية عنها لأسباب أهمها:

1. قلة تبادل المعلومات الدقيقة بين مربي النبات العرب لعدم وجود نشرات وإصدارات تعرفهم ببعض من جهة أو تختص بنشر هذه المعلومات في أرض الوطن الكبير من جهة أخرى.
2. عدم وجود لجان عربية تتبنى عمليات الاستكشاف والمسح وجمع المصادر ألأجنبية في هذا المجال.

لتوضيح جانباً ولو متواضعاً عن بعض المصادر العراقية أو العربية مع ألإسترشاد بالدراسات والبحوث ألأجنبية المنخصصة في هذا المجال، اعتمدنا أسلوب التخصص المحصولي، مستندين الى أهم المحاصيل التي تهم ألأمن الغذائي القومي.

أولاً: الحنطة (القمح)

أجمعت المصادر العلمية المعتمدة والعديدة على أن مناطق نشوء الحنطة هو جنوب غرب آسيا وبالتحديد شمال العراق وجنوب شرق تركيا وشمال شرق سوريا وغرب إيران، حيث تبين بأن الحنطة الخشنة (القاسية) durum هي ناتج التزاوج الطبيعي بين النوع البري *Aegilops speltoides* والنوع البري *Triticum monococcum* فتكونت الحنطة الخشنة البرية، وعبر الآف السنين وبفعل ألإنتخاب الطبيعي، نتيجة الظروف الطبيعية المتنوعة التي مرت بها الكرة ألأرضية، دجنت الى الحنطة الخشنة المنزرعة (ارجع الى الشكل، 4-1).

كذا الحال بالنسبة للحنطة الطرية أو الناعمة (حنطة الخبز) التي تكونت من التزاوج الطبيعي بين الحنطة الرباعية (الحنطة ألإيرانية) والنوع البري (*Aegilops squarrrossa*). ولكن يبقى هناك إستفساراً مفاده أين ومتى دجنت هذه ألأنواع البرية؟ في الحقيقة حدد المستكشفون وعلماء ألآثار ومنهم Robert Braid Wood من جامعة شيكاغو ألأمريكية، بعد أن قام بعدة حملات الى مناطق التلال في شمال العراق بإشراف المعهد المتخصص بدراسات الشرق الى أن تاريخ زراعة الحنطة يرجع الى اكثر من 6700 سنة في الشمال الشرقي من العراق في قرية تل جارمو. وهذا التأريخ يحدد نفس الفترة التي مارس فيها ألإنسان الزارعة لأول مرة، ومن هذه المنطقة انتشرت زراعة الحنطة الى المناطق المحيطة ولا تزال ألأنواع البرية التي

تمثل ذريات ألأنواع القديمة للحنطة ومنها monococcum و dicoccoids للجنس Triticumو Crassa للجنس Aegilops في مناطق سنجار وتلعفر ودهوك كآباء وأجداد للحنطة الناعمة والنوع البري Squarrossa للحنطة الخشنة في مناطق السليمانية والتأميم (الشكل، 4-1). وتجدر ألإشارة الى أن حملات ألإستكشاف قد ابتدأت منذ العقد الثاني والثالث للقرن العشرين من قبل العلماء ألإنكليز والفرنسيين تبعتها حملات اليابانيين في السبعينيات، ويعد جبل سنجار محمية طبيعية ومعين غني باربعة انواع برية للحنطة. كان دور الباحث العلمي العراقي منحسراً حتى مطلع الثمانينات في ألإستفادة من هذه ألأصول الوراثية والوقوف على أهم الصفات الزراعية ودراستها وتصنيفها سايتولوجياً وزراعياً بهدف ألإستفادة منها في برامج التربية اللاحقة، وقد أمكن تحديد صفات المقاومة لأمراض الصدأ والتفحم بالإضافة الى مقاومة الرقاد (ألإضطجاع) Loding والجفاف وتحمل البرودة وبعض الصفات النوعية كارتفاع محتوى البروتين قد أمكن نقل بعض هذه الصفات الى بعض أصناف الحنطة المتررعة باستخدام تقنية زراعة ألأنسجة. إن ما قدمه Riley وجماعته (1968) يعد مثالاً تقليدياً حول إستخدام تقنيات خاصة في التهجين بين ألأنواع، وقد حددوا مشكلة نقل المقاومة لمرض الصدأ ألأصفر *Puccinina striiforms* من *Aegilops comosa* الى حنطة الخبز *Triticrm aestivum* من خلال إستخدام تقنية زراعة ألأجنة. بعد إجراء التهجين الرجعي تم الحصول على خطوط وراثية تحتوي 42 كرموسوم من بين الكرموسومات المتناضرة تعود لـaestivum و 2 فقط لـ *A. comosa*. لأجل إحداث ألإرتقاق الكرموسومي بين الكرموسومات المتناضرة فقد تم التهجين مع *A. spehides* بهدف إحداث الحذف أو ألإزالة وثم الحصول على هجين يحوي 85 كرموسوم، 14 منها يعود الى Speltoides و 42 الى aestivum و 2 فقط لـ comosa ثم أجري التهجين الرجعي وتم الحصول في الجيل الثالث على نباتات لها 42 كرموسوم ذات مقاومة للصدأ ألأصفر تحمل أسم Compair. حقق المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح في المكسيك CIMMYT نتائج تطبيقية باهرة في التهجين بين الاقماح المنزرعة والبرية وانتاج ما يعرف Synthetic wheat التي تحمل الصفات المرغوبة، وخاصة ما يعنى بالمقاومة للمسببات المرضية، فاعطت زخماً كبيراً في الحصول على تراكيب وراثية جديدة ومتفوقة في قدرتها الانتاجية ومقاومتها لمسببات الامراض الفطرية (Dwivedi واخرون، 2008)، فضلاً عن توسيع الأساس الوراثي للمحصول بما يخدم برامج التربية والتحسين (الجدول، 5-1).

الجدول (5-1):الصيغ الجينومية والمرادفات عند تضريب *Aegilops* و *Triticum* مع *Amblyopyrum*

Species of *Aegilops*	Genome	Species of *Triticum*
Aegilops bicornis	S^b	*Triticum bicorne* Forssk.
Aegilops biuncialis	UM	*Triticum macrochaetum*
Aegilops caudata L.	C	*Triticum dichasians* Bowden
Aegilops columnaris	UM	Triticum - none
Aegilops comosa	M	*Triticum comosum* (Sm. in Sibth. & Sm.) K. Richt.
Aegilops crassa	DM DDM	*Triticum crassum* (Boiss.) Aitch. & Hemsl.
Aegilops cylindrica	DC	*Triticum cylindricum* (Host) Ces., Pass. & Gibelli
Aegilops	MU	Triticum - none
Aegilops juvenalis	DMU	*Triticum juvenale* Thell.
Aegilops kotschyi	SU	*Triticum kotschyi* (Boiss.) Bowden
Aegilops longissima	S^1	*Triticum longissimum* (Schweinf. & Muschl.)
Aegilops neglecta.	UM	*Triticum neclectum* (Req. ex Bertol.) Greuter
	UMN	*Triticum recta* (Zhuk.) Chennav.
Aegilops peregrina	SU	*Triticum peregrinum* Hack, in J. Fraser
Aegilops	S^s	Triticum - none
Aegilops sharonensis	S^1	*Triticum longissimum* (Schweinf. & Muschl.)

Aegilops speltoides	S	*Triticum speltoides* (Tausch) Gren. ex K. Richt.
Aegilops tauschii	D	*Triticum aegilops* P. Beauv. ex Roem. ex Schult.
Aegilops triuncialis L.	UC	*Triticum triunciale* (L.) Rasp. (var.
Aegilops umbellulata	U	*Triticum umbellulatum* (Zhuk.) Bowden
Aegilops uniaristata	N	*Triticum uniaristatum* (Vis.) K. Richt.
Aegilops vavilovii (	DMS	*Triticum syriacum* Bowden
Aegilops ventricosa	DN	*Triticum ventricosum* (Tausch)
Amblyopyrum muticum	T	*Triticum tripsacoides* (Jaub. & Spach) Bowden

المصدر van Slageren (1994)

ثانياً: الشعير

ويأتي بعد الحنطة من حيث النشوء من ألأصول البرية المنتشرة في منطقة الشرق ألأوسط، حيث تتواجد أصوله في كل من العراق وسوريا وألأردن وتركيا وإيران بالإضافة الى مركز النشوء في الحبشة (أثيوبيا). *Hordeum. Balbosum* و*H. spontaneum* تمثل ألأجداد وألأسلاف للشعير المنزرع في الوقت الحاضر. أشار Budin (1937) إلى إنتاج خطوط وراثية مقاومة للهلمنثوسبوريوم من تهجين الشعير البري *H. spontaneum* والشعير المنزرع *H. vulgare* وكذا الحال في إنتاج الشعير المقاوم للبياض الدقيقي من إستخدام *H. bulbosum* في التهجين مع *H. vulgare* (Dwivedi واخرون، 2008 و 1976, Hayes) .

ثالثاً: الرز

يعد الرز من أقدم المحاصيل المزروعة، ويعتقد أن منشأ الرز هو جنوب شرق آسيا(الصين وباكستان وبنغلادش) وذلك لملائمة الظروف البيئية. بسبب ضيق القاعدة الوراثي للرز المنزرع مقارنةً باقاربه البرية، تم خزن اكثر من 20000 ماد وراثي بريه في بنوك البذور وتنتظر استخدامها لصفات المقاومة لأكثر من سبعة من المسببات المرضية، كما يهدف

استخدام الاقارب البرية للرز الى تحسين نطبعها للزراعة في البيئات المختلفة (Zamir، 2001). في العراق تنتشر أصناف الرز ذات الخصوصية النوعية مثل أصناف العنبر ذات النكهة العالية والرائحة العنبرية الزكية التي أشارت اليها بعثات المستكشفين، حيث أن البذور المأخوذة من صنف العنبر المزروع في منطقة المشخاب في محافظة النجف لم تعط نفس المواصفات النوعية في المناطق التي نقل المستكشفون اليها هذا الصنف مما يشير الى خصوصية الموقع الجغرافي. كما تنتشر أصناف أخرى مثل الحويزاوي الذي يزرع في المناطق الجنوبية من العراق والعقراوي الذي يزرع في مناطق السفوح الجبلية في شمال العراق، وبالخصوص في منطقة عقرة الجبلية. انتشرت زراعة صنف الرز النكازة في فترة سابقة وانحسرت زراعته بسبب توافر ألأصناف الجديدة ذات ألإنتاجية العالية والتماثل الوراثي. ولا تشير المصادر إلى وجود أصناف برية في العراق مثلما تشير الى ألأصناف المنزرعة، بل تجدر ألإشارة الى ألأدغال القريبة من الرز كالدنان وغيره ذات المواصفات البرية في مناطق ألأهوار والمشخاب.

أشار Chang وجماعته (1975) إلى أن نباتات ألأنواع البرية للرز لها القابلية على مقاومة بعض ألأمراض أو ذات مواصفات نوعية خاصة، فذكر بأن المصدر الوحيد المعروف الذي يحمل صفة المقاومة لفايروس التقزم stunt في الرز هو النوع البري *Oryza nivara* كما إن أنواع الـ spontanea في استراليا و rufipogon في ماليزيا يمتازان بصفات نوعية جيدة. لحسن الحظ إن جميع هذه ألأنواع ذات مجاميع كروموسومية متشابهة لتلك الموجودة في الرز المنزرع *O.sativa* ، لذا فان اجراء التهجين بين هذه ألأنواع من السهولة في إمكانية نقل الصفات المرغوبة على الرغم من عدم حدوث التهجين الطبيعي فيما بينها بسبب عدم تجاورها جغرافياً أو احتفاظها باستقلاليتها الوراثية.

رابعاً: الحمص

وجد Van Der Maesem ان الانواع البرية للحمص والادغال التي لها قرابة وراثية معه تنمو بالقرب من الانواع المنزرعة في منطقة الحدود العراقية – السورية – التركية. وهذا يعني بالضرورة انتقال بعض الصفات الوراثية من الانواع البرية الى المنزرعة. وبالفعل فقد تم تحديد صفات المقاومة للفطريات Asochyta و Fusarium مما يشير الى الفائدة الكبيرة لحملات جمع العينات من جهة وما قدمته الطبيعة من تسهيلات للانسان والتي ربما تجاوزت آلاف السنين.

خامساً: الطماطة

جلبت اصناف الطماطه من العالم الجديد الى اوربا في القرن السادس عشر، ومنها انتقلت الى بقية البلدان، حيث تضمن تدجينها برامج التهجين مع الاصول البرية بسبب ضيق الاساس الوراثي الشديد للانواع المنزرعة لأجل نقل جينات المقاومة لـ 15 مسبب مرضي

بطرائق التضريب الرجعي المتكرر (Zamir، 2001). استخدمت المعلمات الجزيئية molecular mrkers للبناء الهرمي للمقاومة باساس الجين المنفرد، حيث نقل قطعة كرووسوم من النوع البري لمواقع الصفة الكمية ولتحسين نوعية الثمار (Rick، 1974). بينما أوضح Rick (1967) عند إشارته لإكتشاف النوع البري للطماطة *Lycpersicum Peruviamm* (لمقاومة النيماتودا *Meloidogyne incognita* التي تسبب مرض تعفن الجذور) عدم نجاح التهجين مع النوع المنزرع حتى عام 1944 أي بعد ثلاث سنوات من اكتشاف النوع البري، ورغم نجاح التهجين إلا أن النتائج المتحصل عليها لم تخلو من الصعوبات والمشاكل حتى عام 1965 عندما تم كسر ألأرتباط الشديد مع الصفات غير المرغوبة في الثمار. يتضح من ذلك أن مشاريع بحثية مثل هذه تتطلب وقتاً وجهداً كبيرين للوقوف على دقائق المشكلة التي يعمل مربي النبات جاهداً لحلها ومقارنة ذلك بما قدمته الطبيعة المتغيرة عبر الزمن السحيق الى جانب فرص حدوث التزاوج الطبيعي بين ألأنواع المختلفة. في مثالنا عن نقل صفة وتحديد نوع المقاومة المطلوبة وطبيعة الجين المورث الذي يسيطر على الصفة، وهذا ما أشار اليه Rick عندما قام بتهجين *L. esculentum* وهو النوع المنزرع مع النوع البري Pennellii الذي يمتلك 15 جين متنحي من 33 أي ما يعادل 45% من الجينات، وهذا يعني ضرورة إجراء التلقيح الذاتي للنسل الناتج من التهجين الرجعي لكل جيل.

سادساً: البطاطا

نظراً لاهمية محصول البطاطا في العراق، فأنه لا بد من الإشارة الى البحوث العالمية التي أهتمت بألأنواع النباتية البرية المنزرعة بغية ألإستفادة منها في وضع استراتيجية بحثية مستقبلية للمهتمين بهذا المحصول. تم الحصول على هجين مقاوم لمرض اللفحة المتأخرة في البطاطا من تهجين ألأنواع البرية المنزرعة، ورغم إختلاف العدد الكروموسومي، أمكن حصول التهجين بين البطاطا المنزرعة *Solanum tuberosum* مع ألأنواع البرية الثنائية ذات المقاومة لسلالات النيماتودا على سبيل المثال لا الحصر، نقل صفة المقاومة لنيماتودا *heterodera rostochiensis* من النوع البري للبطاطا Oplocense الى دغل البطاطا المسمى *S. sucrense* ومن ثم الى النوع المنزرع *S. tuberosum* (تحت نوع andigena). وهذا الحال عند نقل صفة تحمل البرودة، من النوع المتعدد المجموعة الكروموسومية. تجدر الإشارة الى نجاح Dionne (1963 و1961) في الحصول على هجين خصب من تضريب *S.caule* رباعي المجموعة الكروموسومية مع *S.bubocastamm* (ثنائي المجموعة الكروموسومية)، على الرغم من النمو البطيء للأنبوب اللقاحي، اذ تمت مضاعفة الهجين الثلاثي الناتج بالكولسيشين والحصول على هجين سداسي المجموعة الكروموسومية، وهذا ألأخير تم تهجينه مع *S. tuberosum* بهدف نقل صفة تحمل البرودة.

يظهر مما تقدم، أننا حاولنا تقديم بعض أهم المحاصيل التي يحتاجها العراق من جهة أو أنها تشكل موطناً أصلياً له ولها من ألأنواع البرية أو التي لها قرابة وراثية الكثير مما يعني ضرورة التوجه لها بشيء من ألأهمية والدراية في التطبيق مراعين في ذلك ألإهتمام بموضوع نقل الجبل الوراثية germplasm سواء داخل البلد الواحد أو تبادلها مع بلدان الدول المجاورة وحتى ألإستفادة من الجبل الوراثية في العالم المتقدم بغية تحقيق ألأمن الغذائي ونهضة علمية زراعية شاملة.

في هذا الخصوص، لابد ان نشير الى ان الكثير من الدول ومربي النبات الذين يفضلون ادخال التراكيب الوراثية او الاصناف المتفوقة الجاهزه على الولوج في برامج التهجين مع الانواع البرية في برامج التحسين الوراثي ومبرراتهم هي:

1- صعوبة إجراء التهجين بين النوع البري والمنزرع، وفي حالة نجاحه قد يتعذر التخلص من مشكلة العقم الكلي أو الجزئي.
2- إختلاف العدد الكروموسومي بين ألأنواع النباتية ووجود المتضاعفات polyploidy.
3- ألإفتقار الى المعلومات الكافية في علم التصنيف phylogeny والتوزيع الجغرافي للأنواع البرية.
4- إمتلاك ألأنواع البرية لصفات غير مرغوبة كانخفاض الحاصل ورداءة الطعم . . . الخ
5- ألإفتقار ثم الحاجة الى التقنيات الحديثة من خلال المتخصصين والمتدربين ذوي الخبرة وكذلك الحاجة الى ألأجهزة التي تذلل الكثير من المشاكل والصعوبات التي ترافق العمل البحثي والتطبيقي.

أن أواخر القرن العشرين قد شهد نجاحات متحققة في هذا المجال مثلما ذكرناها أنفاً ولا زال القسم ألأخر منها قيد البحث والمتابعة مما يوجب أن نذكر بعض الحالات التي تم تشخصها وتجاوزها أحياناً مبتدئين بذلك بأسهلها تسلسلاً.

أ- وجود حالة التداخل بين الطرز البرية والمنزرعة، والتي غالباً ما تؤدي الى تبادل الجينات بطريقة لا تعطي شكلها الكامل كما في مثالنا عن نيماتودا البطاطا وأمراض الحمص.
ب- ارتفاع معدل الخصوبة في التهجينات الناتجة بين ألأنواع البرية والمنزرعة على الرغم من استقلالية جينات كل منهما.
ت- إمكانية إجراء التضاعف المتشابه amphidiploidy وإعادة الخصوبة في الهجن الناتجة من تضريب ألأنواع البرية والمنزرعة على الرغم من إختلاف ألأعداد الكروموسومية أو الشكل الجينيومي لكل منهما. أمكن بهذا ألإسلوب الحصول على هجن ذات خصوبة عالية مثلما ذكر Hunziker (1975) من دراسة قام بها Joshi عندما هجن بين السمسم المنزرع *Sesumum indicum* (n=13) والسمسم البري *S. prosratrum* (n=16)، حيث كان للهجن الناتجه بعد مضاعفة العدد الكروموسمي 58 كروموسوم، وأطلق عليه إسم S. indicatum، وهذا بالإمكان تهجينه مع *S. indicum* لنقل صفة إرتفاع معدل حاصل البذور والزيت فضلاً عن نقل صفة المقاومة من النوع البري. كذا الحال في

الحصول على أصناف جديدة من السلجم Rape ذات التحمل العالي للبرودة (1973 Ellerstromg Jullen,.)

ث- إستخدام تقنيات خاصة في نقل الصفات المرغوبة من ألأنواع البرية بما يعرف بإسم Primary, Secondary and Tertiary gene pool (Fehr,1987)

ج- التهجينات المتباعدة على مستوى الجنس، اذ تم التهجين بين الخلايا باستخدام تقنية زراعة البروتوبلاست بعد دمجها protoplast fusion وقد أوضح Bhojwani وجماعته (1977) استخدام هذه التقنية في التبغ حيث تم الحصول على أكبر عدد ممكن من الهجن بهذه الطريقة ومثالها التهجين بين *Nigotiana* و *Petunia* وبالتالي الحصول على تغايرات وراثية لم تكن موجودة أصلاً في الطبيعة، أي أن احتمال حدوثها في الطبيعة يكاد يكون مستحيلاً.

يستنتج مما سبق، أن هناك عملاً كبيراً يمكن بل يجب تحقيقه باستخدام ألأنواع البرية لتهجين ألأنواع المنزرعة، ومن المؤكد بأن هذا الهدف سيقودنا الى معرفة وفهم ثروتنا النباتية الزاخرة وبالتالي فهم علوم كثيرة من خلالها، مما يقودنا الى ضرورة إنشاء وتوفير بنوك وراثية قطرية واقليميه، ولا ضير من التنسيق بين مختلف الجهات المعنية والمنظمات الدولية خدمة للإنسانية.

اهم المراجع

- يوسف، ضياء بطرس، 1992. اسس وراثة وتربية الخلايا الجسمية المكلونة. مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي. 11:55-58.
- Alercia, A., S. Diulgheroff, and M. Mackay. 2015. FAO/Bioversity Multi-Crop Passport Descriptors V.2.1 [MCPD V.2.1]. Bioversity International, Rome.
- Anderson, J.E., T.J.Y. Kono, R.M. Stupar, M.B. Kantar, and P.L. Morrell. 2016. Environmental association analyses identify candidates for abiotic stress tolerance in glycine soja, the wild progenitor of cultivated soybeans. G3: Genes, Genomes, Genet. 6: 835–843. doi:10.1534/g3.116.026914.
- Andersson, M.S., and M.C. de Vicente. 2010. Gene flow between crops and their wild relatives. Evol. Appl. 3:402–403. doi:10.1111/j.1752-4571.2010.00138.x
- Brozynska, M., A. Furtado, and R.J. Henry. 2016. Genomics of crop wild relatives: Expanding the gene pool for crop improvement. Plant Biotechnol. J. 14:1070–1085. doi:10.1111/ pbi.12454.
- Bates, L. S.; nd C. W. Deyoe. 1973. Wild hybridization and cereal improvement. Econ. Bot. 27:401-412.
- Budin, K. 1973. The use of wild species and primitive forms in agricultural crop breeding in the USSR. In J. G. Hwkes and W. Lange (eds.). Europian and regional gene banks. 87-97. Eucarpia, Wageninger.
- Bhojwani, S. S.; P. K. Evans; and E. C. cocking. 1977. Protoplast technology in relation to crop plants: progress and problems. Euphytica 26:343-360.
- Brummer, E.C., W.T. Barber, S.M. Collier, T.S. Cox, R. Johnson, S.C. Murray et al. 2011. Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. Front. Ecol. Environ 9:561– 568. doi:10.1890/100225.
- budin, K. 1973. The use of wild species and primitive forms in agricultural crop breeding in the USSR. In J. G. Hawkesand W. Lange (eds.), European and regional gene banks, 87-97. eucarpia, Wageningen.
- Chang, T. T.; Ou, S. H.; M. D. Pathak; K. C. Ling; and H. E. Kauiiman. 1995. The earch for diease and insect resistance in rice germplasm. In O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). Crop genetic resources for today and tomorrow. 183-200. Cmbridge Univesity Press, Cambridge.
- Castañeda-Álvarez, N.P., C.K. Khoury, H.A. Achicanoy, V. Bernau, H. Dempewolf, R.J. Eastwood et al. 2016. Global conservation priorities for crop wild relatives. Nat. Plants 2(4):16022. doi:10.1038/nplants.2016.22.
- Cavanagh, C., M. Morell, I. Mackay, and W. Powell. 2008. From mutations to MAGIC: Resources for gene discovery, validation and delivery in crop plants. Curr. Opin. Plant Biol. 11:215–221. doi:10.1016/j.pbi.2008.01.002 1080 www.crops.org crop science, vol. 57, 2017.
- Chang, T. T.; S. H. Ou; M. D. Pathk; K. C. Linh; and H. E. kauffman. 1975. The search for disease and insect resistance in rice germplsm.

In O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). crop genetic resources for today and tomorrow. 183-200. Cambridge Univ, Press, Cambridge.
- Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. 2010. The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome. 18. Cooper, H.D., C. Spillane, and T. Hodgkin, editors. 2001. Broadening the genetic base of crop production. CAB International, Wallingford.
- Dempewolf, H., R.J. Eastwood, L. Guarino, C.K. Khoury, J.V. Müller, and J. Toll. 2014. Adapting agriculture to climate change: A global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. Agroecology and Sustainable Food Syst. 38:369–377. doi:10.1080/21683565.2013.870629.
- Dempewolf, H.; G. Baute; J. Anderson; B.Kilian; C. Smith; and L. Guarino. 2017.
Past and Future Use of Wild Relatives in Crop Breeding. crop sci. 57: 1070-1082. www.crops.org doi: 10.2135/cropsci2016.10.0885
- Dempewolf, H., K.A. Hodgins, S.E. Rummell, N.C. Ellstrand, and L.H. Rieseberg. 2012. Reproductive isolation during domestication. Plant Cell 24(7):2710–2717. doi:10.1105/ tpc.112.100115.
- dinoor, A. 1975. Evaluation of sources of diseas resistance. In O. H. Frankel and J. G. Hawkes (eds.). crop genetic resources for today and tomorrow. 183-200. Cambridge Univ, Press, Cambridge.
- Dionni, L. A. 1961. Mechanisms of interspecific incompatibility in tuber-bearing *Solanum* species. Am. Pot. J. 38:73-77.
- Dionni, L. A. 1963. Studies on the use of *Solanum acaule* as a bridge between *Solanum tuberosum* and species in the series *Bulbocastan*, *Cardiophylla*, and *Pinnatlsecta*. Euphytica 12:263-269.
- Dreisigacker, S., M. Kishii, J. Lage, M. Warburton, D. Calderini, I. Ortiz-Monasterio et al. 2008. Use of synthetic hexaploid wheat to increase diversity for CIMMYT bread wheat improvement. Aust. J. Agric. Res. 59:413–420 doi:10.1071/AR07225.
- Dwivedi, S.L., H.D. Upadhyaya, H.T. Stalker, M.W. Blair, D.J. Bertioli, S. Nielen, and R. Ortiz. 2008. Enhancing crop gene pools with beneficial traits using wild relatives. In J. janick (ed.). Plant Breed. Rev. John Wiley & Sons, Inc. 30:179–230. doi:10.1002/9780470380130.ch3.
- Fehr, W. R. 1987. Principles of cultivars development. Vol. 1. Mcmillan Publishing Company, NY. USA.
- Glimelius, K., J. Fahlesson, M. Landgren, C. Sjödin, and E. Sundberg. 1991. Gene transfer via somatic hybridization in plants. Trends Biotechnol. 9:24–30. doi:10.1016/0167-7799(91)90008-6
- Hajjar, R., and T. Hodgkin. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. Euphytica 156:1–13. doi:10.1007/s10681-007-9363-0
- Harlan, J.R. 1976. Genetic resources in wild relatives of crops. Crop Sci. 16:329–333. doi:10.2135/cropsci1976.0011183X00 1600030004x

- Human, Z. 1975. The origin and nature of *Solanum ajanhuiri* Juz, et Buk. A South American cultivated diploid potato. Ph. D. Thesis, Univ. of Birmingham.
- Haussmann, B.I.G., H.K. Parzies, T. Presterl, Z. Susic, and T. Miedaner. 2004. Plant genetic resources in crop improvement. Plant Genet. Resour. 2:3–21. doi:10.1079/PGR200430
- Hoyt, E., and S. Brown. 1988. Conserving the wild relatives of crops. IBPGR, Rome.
- Hunter, D., and V. Heywood, editors. 2011. Crop wild relatives: A manual of in situ conservation. Biodiversity International, Rome.
- Jarvis, A., A. Lane, and R.J. Hijmans. 2008. The effect of climate change on crop wild relatives. Agric. Ecosyst. Environ. 126:13–23. doi:10.1016/j.agee.2008.01.013
- Jha, U.C., A. Bohra, and N.P. Singh. 2014. Heat stress in crop plants: Its nature, impacts and integrated breeding strategies to improve heat tolerance. Plant Breed. 133:679–701. doi:10.1111/pbr.12217
- Kilian, B., K. Mammen, E. Millet, R. Sharma, A. Graner, F. Salamini et al. 2011. Aegilops. In: C. Kole, editor, Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. p. 1–76.
- Kilian, B., W. Martin, and F. Salamini. 2010. Genetic diversity, evolution and domestication of wheat and barley in the fertile crescent. In: M. Glaubrecht, editor, Evolution in action. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. p. 137–166. doi:10.1007/978-3-642-12425-9_8
- Kōle, C., editor. 2011. Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Liu, J., X. Xu, and X. Deng. 2005. Intergeneric somatic hybridization and its application to crop genetic improvement. Plant Cell Tissue Organ Cult. 82:19–44. doi:10.1007/s11240-004-6015-0
- Maxted, N., B.V. Ford-Lloyd, S. Jury, S. Kell, and M. Scholten. 2006. Towards a definition of a crop wild relative. Biodivers. Conserv. 15:2673–2685. doi:10.1007/s10531-005-5409-6
- Maxted, N., and S.P. Kell. 2009. Establishment of a global network for the in situ conservation of crop wild relatives: Status and needs. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, FAO, Rome.
- Mecha, B.; S. Alamerew; A. Assefa; E. Assefa; and D. Dutamo. 2017. Genetic diversity basedon multivariate analysis for yield and its contributing characters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Agric. Res. & Technology. Open access Journal 8(5) ARTOAJ.MS.ID.555748
- McCouch, S., G.J. Baute, J. Bradeen, P. Bramel, P.K. Bretting, E. Buckler et al. 2013. Agriculture: Feeding the future. Nature 499:23–24. doi:10.1038/499023a
- Moore, G. 2015. Strategic pre-breeding for wheat improvement. Nat. Plants 1(3):15018. doi:10.1038/nplants.2015.18
- Morrell, P.L., E.S. Buckler, and J. Ross-Ibarra. 2011. Crop genomics: Advances and applications. Nat. Rev. Genet. 13(2):85.
- Nemeth, C., C. Yang, P. Kasprzak, S. Hubbart, D. Scholefield, S. Mehra et al. 2015. Generation of amphidiploids from hybrids of wheat and related species from the genera Aegilops, Secale, Thinopy-

rum, and Triticum as a source of genetic variation for wheat improvement. Genome 58:71–79. doi:10.1139/gen-2015-0002
- Nice, L.M., B.J. Steffenson, G.L. Brown-Guedira, E.D. Akhunov, C. Liu, T.J.Y. Kono et al. 2016. Development and genetic characterization of an advanced backcross-nested association mapping (AB-NAM) population of wild ´ cultivated barley. Genetics 203:1453–1467. doi:10.1534/genetics.116.190736
- Ogbonnaya, F.C., O. Abdalla, A. Mujeeb-Kazi, A.G. Kazi, S.S. Xu, N. Gosman et al. 2013. Synthetic hexaploids: Harnessing species of the primary gene pool for wheat improvement. Plant Breed. Rev. 37:35–122.
- Pimentel, D., C. Wilson, C. McCullum, R. Huang, P. Dwen, J. Flack et al. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. Bioscience 47:747–757. doi:10.2307/1313097
- Porch, T., J. Beaver, D. Debouck, S. Jackson, J. Kelly, and H. Dempewolf. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. Agronomy 3:433–461. doi:10.3390/agronomy3020433.
- Rick, C. M. 1967. Fruit and pedicel chractersderived from Galapagos tomatoes. Econ. Bot. 21:171-184.
- Rick, C. M. 1974. High soulable-solids content in large-fruited tomto lines derived from a wild green- fruited species. Higardia 42:493-510.
- Riley, R.; V. Chapman; and R. Johnson. 1968.. introduction of yellow rust resistance of *Aegilops comos* into wheat by genetically induced homoeologous, the F_1 and backcross generations. Proc.6th Gen.mtg. am. Soc. Sugar beet Technologists. 176-179.
- Salamini, F., H. Özkan, A. Brandolini, R. Schäfer-Pregl, and W. Martin. 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east. Nat. Rev. Genet. 3:429–441. doi:10.1038/nrg817.
- Sehgal, D., P. Vikram, C.P. Sansaloni, C. Ortiz, C. Saint Pierre, T. Payne et al. 2015. Exploring and mobilizing the gene bank biodiversity for wheat improvement. PLoS One 10(7):e0132112. doi:10.1371/journal.pone.0132112
- Sharma, S., H.D. Upadhyaya, R.K. Varshney, and C.L.L. Gowda. 2013. Pre-breeding for diversification of primary gene pool and genetic enhancement of grain legumes. Front. Plant Sci. 4:309. doi:10.3389/fpls.2013.00309
- Shaw, P.D., M. Graham, J. Kennedy, I. Milne, D.F. Marshall, P. Gregory et al. 2014. Helium: Visualization of large scale plant pedigrees. BMC Bioinformatics 15(1):259. doi:10.1186/1471- 2105-15-259
- Spindel, J.E., and S.R. McCouch. 2016. When more is better: How data sharing would accelerate genomic selection of crop plants. New Phytol. 212:814–826. doi:10.1111/ nph.14174
- Stalker, H.T. 1980. Utilization of wild species for crop improvement. Adv. Agron. 33:111–147. doi:10.1016/S0065- 2113(08)60165-0
- Tal, m.; 1965. Estimation of genetic differences between *Lycopersicu esculentum* and *solanum pennellii*. Ph. D. Thesis, university of California, Davis, California.
- Tanksley, S.D., and S.R. McCouch. 1997. Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. Science 277:1063–1066.doi:10.1126/science.277.5329.1063 1082 www.crops.org crop science, vol. 57, 2017

- Thormann, I., M. Parra-Quijano, and D. Endresen. 2014. Predictive characterization of crop wild relatives and landraces: Technical guidelines version 1. Biodiversity International, Rome.
- Valkoun, J. 2001. Wheat pre-breeding using wild progenitors. In: C. Van De Wiel, J. Schaart, R. Niks, and R. Visser, editors, Traditional plant breeding methods. Springer, Dordrecht, the Netherlands. p. 699–707.
- van de Wiel, C., J. Schaart, R. Niks, and R. Visser. 2010. Traditional plant breeding methods. Rep. 338. Wageningen UR Plant Breeding, Wageningen, the Netherlands.
- Van der Maesen, L. J. G. 1973 Genetic resources of chickpea. Plant Genet. Resour. Newsl. 30:17-24.
- van Slageren, M.W. 1994. Wild wheats: a monograph of Aegilops L. and Amblyopyrum (Jaub. & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agricultural University Papers 94-7. Wageneigen, Agricultural University.
- Zamir, D. 2001. Improving of plant breeding with exotic genetic libraries. Nat. Rev. Genet. 2:983–989.
- Winzeler H, Schmid J, Winzeler M (1993) Analysis of the yield potential and yield components of F 1 and F 2 hybrids of crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). Euphytica 74(3):211–218.
- Zamir, D. 2001. Improving plant breeding with exotic genetic libraries. Nature Rev. 2:983-989.
- zohary, D. 1970. Wild wheat. In O. H. Frankel and E. Bennett (eds.). Genetic resources in plants- their exploration nd conservation. 239-247. Blackwell Sci. Publ., Oxford nd Edinburgh.

الفصل السادس

تربية المحاصيل الحقلية لمقاومة الآفات
Breeding Field for Pest Resistance

هناك من يعرف الآفات بأنها كل ما يعيق ويؤثر في نمو المحصول ألإقتصادي ويقلل من قيمته ألإقتصادية سواء الكمية أو النوعية. نشمل هذه الآفات كل من ألأدغال والحشرات وألأمراض (الفطرية، البكترية والفايروسية) والمايكوبلازما والديدان الثعبانية . . . الخ. تذكر المصادر التأريخية والمراجع العلمية بأن الخسائر ألإقتصادية التي تسببها الآفات على إختلاف أنواعها كبيرة وأخذة في التزايد ورغم إختلاف معدلاتها تبعاً لكل آفة، مما يتطلب الوقاية منها ومكافحتها للحد من إنتشارها. على سبيل المثال لا الحصر، نذكر بعض ما سببته بعض ألأمراض والحشرات من خسائر كبيرة في نباتات المحاصيل، فالتأريخ يحدثنا عن كارثتين وراثيتين (Genetic Disasters) سببتا مجاعات كبيرة ألأولى في ايرلندا حيث أصيب محصول البطاطا، الغذاء الرئيسي لسكان أيرلندا بمرض اللفحة والمتسبب عن الفطر *Phytophthora infestans* والثانية إصابة الذرة الصفراء بالفطريات *Helminthosporium maydis* و*H. turcicum* ، اذ سببت هذه الفطريات إصابة حقول الذرة الصفراء في الولايات المتحدة ألأمريكية وخاصة منطقة حزام الذرة (Com Belt) وأصيبت النباتات بمرض لفحة ألأوراق الشمالية والجنوبية مما أدى إلى القضاء على الذرة الصفراء الهجينة الحاملة للعقم الذكري السايتوبلازم T–cytoplasm بينما لم تتأثر الحقول المزروعة بالذرة الهجينة غير حاملة للعقم الذكري السايتوبلازم. بسبب هذه الكارثة الوراثية، حذرت المنظمات الدولية ومنها FAO من الإعتماد على زراعة صنف واحد وتركت أهمية للتنوع الوراثي أو البايولوجي. على العموم فقد قدرت الخسائر الناجمة عن ألأمراض والحشرات بما يعادل 35% من مجموع الخسائر الكلية لنباتات المحاصيل، وهذا يدعو الى ضرورة اتخاذ كافة التدابير الكفيلة للحد من تأثير هذه الآفات من خلال ألإهتمام بمثل هذه المسببات وتحديد السبل العلمية لمقاومتها والحد من تأثيراتها.

إن طرق المقاومة للآفات المختلفة كثيرة ومتعددة، ولكن رغم كثرتها فأنها لا تخلو من المساوئ والمشاكل فالطرق التقليدية في المكافحة والمتمثلة بعمليات خدمة المحصول واستخدام الدورات الزراعية وقلع النباتات المصابة. . . الخ لم تجد نفعاً في حقول ألإنتاج التجاري نتيجة كبر المساحات المزروعة من جهة وسهولة انتشار المرض من جهة أخرى. إن إستخدام المبيدات الكيميائية المختلفة في المكافحة لن تخلو من المشاكل حيث تزايدت في السنوات ألأخيرة الاعتراضات على استعمال المبيدات لما تسببه من تلوث للبيئة تارة والقضاء على المفترسات والطفيليات والحشرات النافعة وملقحات ألأزهار من الحشرات ألأخرى، علاوة على ما تسببه من طفرات وراثية في الكائنات التي تتعرض لها تارة أخرى.

إن نشاط العلماء والباحثين في مجال مكافحة الحشرات بطرق لا تقل كفاءة عن الطرق التقليدية والكيميائية والتي منها ما يسمى بالمكافحة ألإحيائية (الحيوية) biological control دفع بهذا المسلك العلمي بخطوات كبيرة الى ألأمام. فاستخدام ألإشعاع أو المواد الكيمياوية في إعقام Sterilization ذكور الحشرات، بحيث أن ألإناث الطبيعية تعطي بيضاً غير مخصباً لا يفقس بعد معاشرة هذه ألإناث للذكور العقيمة. كما في المكافحة ألإحيائية لذبابة فاكهة البحر المتوسط *Ceretitus capitota* أو عثة التين *Ephestia calidella*، أو قد يتم التلاعب في التركيب الكروموسومي لمجتمع الحشرة أو التدخل في احدى العمليات الحيوية العامة اللازمة لحياتها بحيث يؤدي هذا التدخل الى الحد من تكاثر الحشرة.

تأتي المقاومة الوراثية، الخط الدفاعي ألأول وشكلاً من أشكال المقاومة ألإحيائية للآفات، حيث أصبحت عملية إنتاج وتطوير ألأصناف النباتية التي تتمتع بصفة المقاومة للآفات سواءً الحشرية أو المرضية أو الديدان الثعبانية من ألأمور الشائعة ألإستخدام بل انها قطعت شوطاً كبيراً في هذا المجال، وأصناف المحاصيل المستخدمة حالياً وبكفاءة ليس في صفة الحاصل والنوعية فحسب بل تعداه الى مقاومة ألأمراض والديدان الثعبانية ومقاومة الحشرات. من مزايا استعمال المكافحة الوراثية إنها لا تشجع ظهور سلالات مقاومة، كما وتضمن وصول المكافحة ألأخرى، الى مخابئ الآفة التي يتعذر الوصول اليها بطرق المكافحة التقليدية، علاوة على عدم تأثيرها على الحشرات النافعة وعدم تلوث البيئة. تزودنا المراجع العلمية بقائمة طويلة لا حصر لمفرداتها من نباتات المحاصيل وألأصناف النباتية ألأخرى المقاومة للأمراض والحشرات أو غيرها. سيتم التطرق بشيء من التفصيل الى أنواع المقاومة الوراثية وأسسها وأساليبها وبعض المفاهيم العلمية ألأخرى بالإضافة الى قواعد التربية لمقاومة الآفات وكيفية إنتاج ألأصناف المقاومة وأسلوب تقليل تغيرات السلالات المرضية الى الحد ألأدنى وكيفية صيانتها وصولاً الى تربية المحاصيل لمقاومة الآفات.

أنواع المقاومة

تشمل المقاومة للآفات كل من الصفات النوعية والكمية، حيث يمكن التحكم بالمقاومة بشكل فعال بواسطة جين واحد أو عدد قليل من الجينات التي تعطي نباتات مقاومة وحساسة على انها صفة نوعية (صفة متقطعة) وعندما تكون المقاومة للإصابة بدرجات متفاوتة أي انها تمثل سلسلة من التغايرات الوراثية بين الحساسية للإصابة والمقاومة بأعلى درجاتها فإن هذا يعني أن صفة المقاومة هنا يسيطر عليها عدد كبير من الجينات أي انها صفة كمية أي توارثها يشبه توارث الصفة الكمية. إذن يمكن القول بأن المقاومة يمكن تقسيمها على أساس التوارث الى:

1- أحادية الجين monogenic
2- جينات قليلة oligogenic
3- متعددة الجينات polygenic

يفهم بأن صفة المقاومة عندما يكون توارثها نوعياً (تصاب أو لا تصاب فإنها تمثل نوع من المقاومة المحددة أو المتخصصة specific resistance وتسمى أيضاً بإسم المقاومة العمودية vertical resistance. أما عندما يكون توارث صفة المقاومة كمياً، فإنها تمثل المقاومة العامة (الشاملة) general resistance أو ما يسمى بالمقاومة ألإفقية horizontal resistance، هذا ما أقترحه Van Der Plank عام 1963 بالنسبة لمقاومة النباتات للمسببات المرضية، وهناك تقسيم أخر للمقاومة حدده Painter سنة 1951 بالنسبة للحشرات وهو:

1- عدم الإستساغة non-preference
2- إقرار مواد تؤثر على حياتية الحشرة (التضاد) antibiosis
3-تحمل النباتات للإصابة tolerance

قد لا تستسيغ الحشرة عائلها (أنسجة النبات) لأسباب موروفولوجية كوجود الزغب والشعيرات وألأشواك أو فسيولوجية وحيوية كوجود مواد كيميائية لا تستسيغها الحشرة، وقد تفرز النباتات مواد كيميائية طاردة او افراز مواد تؤثر على حياتية الحشرة كإفراز مادة كلايكو كليسرات في نباتات اللهانة والقرنابيط. أما حالة التحمل فهي تعني أن النباتات المتحملة للإصابة هي في الحقيقة نبات غير مقاوم (حساس) ولكنه يستطيع إكمال دورة حياته حتى النهاية رغم وجود ألإصابة وتطورها بحيث يعطي حاصلاً جيداً قد لا يتأثر بالإصابة أو أن تأثره غير جوهرياً (معنوياً) كما في إصابة بعض النباتات الذرة الصفراء بحشرة المن أو حشرة حفار ساق الذرة. يمكن تقسيم التطور الذي حصل في دراسات وراثة المقاومة للإصابة في العائل الى مرحلتين:

المرحلة الأولى: تتمثل ببرامج وبحوث اجريت على أصناف هجن مختلفة المقاومة وبالتالي فإن تحديد جين أو جينات المقاومة يتم من خلالها إنعزال النسل للأب الهجين، تم ذلك من دون تمييز أو دراسة للعلاقة بين جينات ألأصناف المختلفة.

المرحلة الثانية: استخدام السلالات الفسيولوجية physiological races للمسبب المرضي للتعرف على نوع العلاقة بين جينات المقاومة المختلفة الموجودة في الأصناف المختلفة حيث عرف أن التفحم المغطى *Tilletia sp* في الحفظ مثلاً يحتوي على ما لا يقل عن 26 طرز (سلاله) مختلفة من الفطر، لذا فإنه من المنطقي جداً أن يتم ألإختبار للجينات المقاومة (وعددها ستة) الموجودة في أصناف مختلفة من العائل مع هذه السلالات المتعددة، اذ عرف فيما بعد أن كل جين من الجينات يتكون من عدد من السلالات يختلف عن الجين (الجينات) ألأخرى. ان النباتات التي ليست لها جينات مقاومه، اذ تكون الجينات مسؤولة عن المقاومة من خلال التحكم بالإنزيمات، اي تمثل المواد البروتينية التي لا تلائم هذه المسببات المرضية.

المقاومة لتوطن المسببات المرضية Resistance to Pathogen Establishment

إن فشل المسبب المرضي في تثبيت نفسه في النباتات بشكل ناجح يعود الى العديد من ألأسباب. اصطلح Nelson سنة 1973 على كل منها اصطلاحاً معيناً وحسب ما يمثل كل منها من صفات وهي:

1- فرط الحساسية Hypersensitivity: أي أن اصابة النسيج النباتي بالمسبب المرضي تؤدي به الى الموت وغالباً ما يسقط هذا الجزء المصاب وبذلك يتخلص العائل النباتي من المسبب المرضي.

2- المقاومة المحدودة Speciflc resistance: أي ان سلالات معنية من المسبب المرضي لا تسطيع أن تصيب النبات.

3- المقاومة غير المتماثلة Non uniform resistance أي ان بإمكان النبات العائل منع توطين سلالات معينة من المسبب المرضي ولا يسري ذلك على سلالات اخرى لنفس المسبب المرضي.

4- مقاومة الجين الرئيسي Major gene resistance أي أن النبات له جين المقاومة الرئيس الذي يسيطر على معظم سلالات مرض ما.

5- المقاومة الرأسية (العمودية) Vertical resistance أن مقاومة النبات العائل لمسبب مرضي معين تنحصر بالمقاومة لسلالة أو عدد قليل من سلالات المسبب المرضي، لذا فأن اختلاف مقاومة العائل تعتمد بدرجة كبيرة على التداخل بين الصنف النباتي وعزلات المسبب المرضي.

المقاومة للمسبب المرضي المتوطن Resistance to Established pathogen

إن مدى إتساع ألأذى الناتج عن المسببات المرضية يعتمد على قدرة هذه المسببات على التطور والتكاثر بعد أن تصبح متوطنة في النبات العائل. إن مقاومة النبات العائل لتطور المسبب المرضي يمكن توضيحها بتعريف المصطلحات التالية:

1- المقاومة الحقلية Field resistance: إن حضن النبات في المختبر ربما يجعله يعاني بشدة من ألإصابة، بينما يتأقلم النبات للظروف الحقلية بما يجعله يتطور بشكل طبيعي بوجود المسبب المرضي.

2-المقاومة العامة (الشاملة) General resistance: أي يكون النبات العائل قادراً على مقاومة معظم سلالات المسبب المرضي المتطور.

3- المقاومة غير المحددة Non specific resistance: أي أن مقاومة النبات العائل غير محددة بسلالات معينة من المسبب المرضي.

4- المقاومة المتماثلة Uniform resistance: وفيها تكون مقاومة النبات العائل لسلالات المسبب المرضي بشكل متماثل، ولا يبدي النبات العائل مقاومة لسلالات معينة بصورة أفضل من مقاومة سلالات أخرى لنفس المسبب المرضي.

5-مقاومة الجين الثانوي Minor gene resistance: إي يتحكم عدد من الجينات بمقاومة النبات العائل، اذ يكون لكل جين منها تأثيراً صغيراً، وبالتالي فإن درجة المقاومة تتبع التأثير التجميعي (ألإضافي) لتلك الجينات.

6- المقاومة ألأفقية Horizontal resistance: إن التباين في مقاومة النبات العائل للمسببات المرضية يعود وبشكل رئيس إلى إن الاختلاف بين ألأصناف النباتية من جهة وبين عزلات المسبب المرضي من جهة أخرى يكون أفضل من حالة التداخل بين صنف معين وعزلة معينة.

يسيطر عدد أكبر من الجينات على هذا النوع من المقاومة بالمقارنة مع المقاومة لتوطن المسببات المرضية، وان نقل هذا النوع من المقاومة إلى صنف واحد ليس بالعملية البسيطة، حيث يصاحب نقل هذه الجينات انتقال جينات أخرى قد تكون غير مرغوبة، ولكن رغم ذلك، فإن هذا النوع من المقاومة يعتبر من أحسن أنواع المقاومة.

تحمل ألإصابة Infection Tolerance

إن التحمل هو قدرة النبات على الأداء الجيد لصفة أو عدد من الصفات حتى وإن اتصف بصفات أعراض المرض أي صفة أعراض العائل النباتي الحساس. إن النبات المتحمل له القدرة على منع تثبيت أو توطين المسبب المرضي أو بمعنى أصبح هو النبات الذي يستطيع أن يوقف استفحال المسبب المرضي وتطوره بعد أن يتوطن هذا المسبب المرضي فيه. إن النبات المتحمل للإصابة بإمكانه أن يستمر في النمو والتطور وإعطاء حاصل إقتصادي يكون جيداً نوعاً ما بالقياس بالنبات الحساس. إن بعض المختصين في هذا المجال من العلوم البايولوجية يطلقون إصطلاح التحمل القابل للتبادلtolerance interchangeably على المقاومة الحقلية والاصطلاحات الأخرى كون تحمل ألإصابة المرضية شكلاً من أشكال المقاومة.

التداخل (التفاعل) الوراثي بين النبات والآفة Genetic Interaction of the Plant and pest

أوضح Flor (1956) العلاقة الوراثية بين النبات والافه بدراسته لصــدأ الكتان، فأشار الى أن لكل جين يتحكم بمقاومة المرض في العائل (النبات) هناك جين يقابله في المسبب المرضي يحدد فيما اذا كان بإمكانه اصابة العائل أو عدم قدرتة على احداث الاصابة، وبالتالي فأن العلاقة بين جينات كل من العائل النباتي والمسبب المرضي هي التي تحدد قدرة المسبب المرضي وتعبر عن مدى الاصابة التي يمكن احداثها في العائل النباتي. إن افتراض Flor حول التحكم الوراثي بالتفاعل (التداخل) بين العائل والمسبب المرضي تعود الى نظرية جين لكل جين gene for gene hypothesis وهذا يمكن توضيحه من خلال التداخل بين النظم الوراثيه لمجتمعين (جدول6-1). إن حساسية النبات يمكن أن تحدد من خلال علاقته الوراثية مــع المسبب المرضي مثلما اوضحها Elis واخرون (2014)، اذ صنَف الجينات التي تستخدم في التربية لمقاومة الصدأ في الحنطة الى نوعين، الاول سماه جينات R لمقاومة سلالات المسبب المرضي المحددة في تأثيرها بفعالية طويلة الامد لمراحل نمو النبات، ومن المحتمل ان تشفر بمستقبلات المناعة لنيوكليوتايد بناء الليوسين الغني المعاد Nucleotide Binding Leucine Rich Repeat (NB-LRR)، والصنف الثاني هو جينات المقاومة للنباتات الناضجة ويرمز لها APR (Adult Plant Resistance) فاوضح ان مقاومة صدأ الاوراق في الحنطه للسلالات الفسيولوجية *Lr34* و *Le46* و *Lr67* الواعده في المقاومه طويلة الامد لبرامج التربية والتحسين المستقبلية. اكدت نتائج (Che) واخرون (2019) استخدام التركيب الوراثي kwh333 لمحصول الحنطة لإمتلاكها جين المقاومة لسلالة *Lr33*، وان المعلمات الجزيئية ستساعد كثيراً في دراسات متقدمة حول Lr33 بما يسهل الانتخاب لتوليفات جينية لمقاومة السلاله Lr33.

الجدول (6-1): توليفات اليلات المقاومة المتغلبة في النبات و الأليلات المتنحية لدرجة الأصابة او شدتها للأفة والتي تحدث نتيجة استجابة النبات المقاوم او الحساس .

ت	جينات المقاومة في النبات	جينات الاصابة في النبات	استجابة النبات
.1	لا يوجد	اي جين للإصابة	حساس
.2	A-	لا يوجد	مقاوم
.3	A-	Aa	حساس
.4	A-B-	Aa	مقاوم
.5	A-B-	Bb	مقاوم
.6	A-B-	Aabb	حساس
.7	A-B-C-	Aabb	مقاوم
.8	A-B-C-	Aabbcc	حساس

إن نظرية لكل جين من العائل هناك جين يقابله من المسبب المرضي يشبه حالة القفل والمفتاح lock and key حسب رأي Browning 1963، والذي يذكر بان كل موقع جيني في العائل يعطي حالة مقاومة للمسبب المرضي وكأنه يمثل موقع قفل وهنا يكون موقع القفل للآليات المتغلبة التي تمنع المسبب المرضي من الفتك وإحداث التلف في العائل النباتي.

لا يكون المسبب المرضي مؤثر ما لم يكن له ما يشبه المفتاح لكل قفل في العائل، وهنا تكون الاليلات المتنحية بمثابة المفاتيح في المسبب المرضي. عندما يمتلك العائل التركيب الوراثي AABBCC فأن المسبب المرضي لكي يحدث ألإصابة يجب أن يمتلك ألأليلات المتنحية لأليلات العائل المتغلبة، وهذا بالنسبة لـ b,a أما ألأليلات الموقع C، فإنها يمكن أن تكون متغلبة أو متنحية أي عدم ضرورة توفر القفل للمقاومة بالنسبة لهذا الموقع. إن التباين الوراثي للتداخل بين النبات العائل والمسبب المرضي يستند الى استجابة النبات لعزلات المسبب المرضي. لذا فإن معرفة التباينات الوراثية للمسبب المرضي لها من الاهمية الكبيرة في برامج التربية ما يستوجب ايجاد المقاومة الكافية لتثبيتها في الصنف المزروع. في محاصيل الحبوب، يتم عمل مسح منتظم لسلالات مرض الصدأ في مجتمع ذريات المسبب المرضي للصدأ وبصورة دورية وضمن سقف زمني محدد.

ثبات صفة المقاومة Stability of Resistance

يرى البعض أن المسبب المرضي سواء كان فطر أو فايرس أو بكتيريا، يكون قادراً في التفوق على قدرة ألإنسان العلمية، بحيث مهما استطاع العلماء والباحثين تطوير أصنافهم لمقاومة ألأمراض، فأن هذه المسببات المرضية قادرة على المراوغة والتشكل بطريقة جديدة تفتح من خلالها ثغرة جديدة في وراثة النبات. بينما يرى البعض ألأخر من المهتمين في العلوم البايولوجية امكانية التغلب على هذه الصعوبات من خلال استخدام التغايرات الوراثية التي يمكن الحصول عليها باستمرار والى ما لا نهاية سواء في النبات العائل أو في المسبب المرضي الذي يسبب ألإصابة.

إن التطور الحاصل في العلوم البايولوجية وخصوصاً التقنيات الحديثة وعلوم البايوتكنولوجي أوضحت أهميتها الكبيرة في هذا المجال، وهناك ما يبعث على ألأمل والبهجة لثبات صفة المقاومة في المحاصيل، وفي مقدمة هذه ألأمثلة: مقاومة صنف الرقي لمسبب الذبول منذ عام 1907 وكذلك فاصولية ليما صنف Hopi الذي وزع على الفلاحين منذ عام 1932 وهو مقاوم للديدان الثعبانية التي تسبب تعقد الجذور. كذلك التجارب العلمية الحديثة التي تتفائل بانتاج أصناف محاصيل تتحمل الرش بمبيد الكلايفوسيت الذي يقضي على عدة أنواع من نباتات ألأدغال في حقول الذرة الصفراء مثلاً دون أن يؤثر في محصول الذرة الصفراء، وهذا يتم من خلال تقنية الهندسة الوراثية والزراعة النسيجية حيث يتم انتاج خطوط من الذرة الصفراء مقاومة لهذا المبيد.

قواعد التربية لمقاومة ألآفات Principles of Pest Resistance

يسعى مربي النبات جاهداً لإيجاد مصدر أو مصادر المقاومة وذلك للاستفادة منها في برنامجه لنقل صفة المقاومة، وهذا يمكن الحصول عليه من ألأصناف القديمة أو ألأنواع البرية باتباع الطرق العلمية التي سهلت وقللت عناء الباحثين في هذا المجال من خلال مراجعة مراكز جمع الاصول وبنوك الجينات الموجود في بعض دول العالم. ان طريقة نقل هذه الجينات من مصادرها الى التركيب الوراثي المرغوب يتم بالتهجين وحسب النوع والصنف، فربما نحتاج الى اجراء التهجينات المتباعدة بين ألأنواع والاجناس، ومن ثم تجرى عمليات التربية الاخرى من انتخاب وغربلة واختبار. . . الخ.

من هنا يفهم بأن معرفة العوامل الوراثية التي تسيطر على صفة المقاومة غالباً ما أو من المؤكد بأنها تساعد في نجاح برنامج التربية وربما يتطلب من المربي معرفة وراثة صفة المقاومة ولكنها تسهل عمله عندما يكون ملماً بشكل عملي ونظري بوراثة صفة المقاومة التي يدرسها من حيث كونها متغلبة أم متنحية، وكمية أم نوعية (وصفية)، وهل تتداخل معها الجينات ألأليلية أم لا، وهل للسايتوبلازم تأثير ما في اسلوب وراثتها. وكل ذلك من ناحية العائل النباتي، ومن الناحية الاخرى ربما يتطلب معرفة سلوك وآداء ووراثة المسبب المرضي وطبيعة الانعزال الوراثي في مجتمع المسبب المرضي، وهذا يتطلب توفر طرق إختبار النتائج التي يستنبطها المربي وحسب نوع الاصابة سواء كانت مرضية أو حشرية وكذلك اسلوب انتقالها وبالتالي تقدير قيمة المقاومة assessment of resistance ثم يستطيع المربي تحديد اسلوب وطريقة الانتخاب للمقاومة وبالتالي تحديد التحصيل الوراثي المتوقع.

إنتاج ألأصناف المقاومة Production of Resistant Varieties

ان التربية لأغراض انتاج ألأصناف المقاومة تحددها النقاط التالية:.

أ- طبيعة التلقيح ونظامه في المحصول، هل هو ذاتي التلقيح أم خلطي أم خضري؟

ب- طبيعة ونوع المقاومة المطلوبة، هل هي عمودية أم أفقية؟

ج- ألأساس الوراثي للنبات العائل، هل يمثل تركيب وراثي واحد أم متعدد التراكيب الوراثية؟ وهل يمثل صنف مفتوح التلقيح أم سلالات نقية أم ماذا؟

د- ألأساس الوراثي للمسبب المرضي أو الحشري (الآفة) وطبيعة التغاير الوراثي الموجود وطريقة انعزال السلالات المرضية.

التربية للحصول على المقاومة المحددة Breeding for Specific Resistance

من الشائع إيجاد جينات رئيسية تسيطر على طرز منتشرة في مجتمع المسبب المرضي وإيجاد جينات اخرى تتحكم بطرز اخرى ذات أهمية ثانوية. هناك ثلاث استراتيجيات عامة تستخدم الجينات المتوفرة لأغراض المقاومة المحددة للطرز المنتشرة والمعروفة من المسبب

المرضي وكذلك الطرز الثانوية ألأهمية. إن الاستراتيجية التي يختارها مربي النبات تحمل بصورة مباشرة على أنواع ألأصناف التي سبق تحسينها وفق طريقة التربية المستخدمة فيها (Ma وBerkowitz ، 2012). احدى الاستراتيجيات تتمثل في تطوير ألأصناف التي تمتلك جين رئيسي فردي قادر على السيطرة على المسبب المرضي السائد. ومثال ذلك جين المقاومة لمرض البياض الدقيقي في الشعير (الحمداني وآخرون، 1989) والجين الفردي Mi المسؤول عن صفة مقاومة الديدان الثعبانية في الطماطة أن الاستراتيجية الثانية تعني بوضع جينات التحكم بمقاومة المسبب المرضي السائد وطرزه ألأقل أهمية (ثانوية) في نباتات ذات تراكيب وراثية يمكن ان تخلط سوية لتمثل صنف متعدد ألآباء multiline. أما الستراتيجية الثالثة فهي تعني بوضع جينات المقاومة للمسبب المرضي السائد وطرزه الثانوية في صنف واحد وتسمى هذه العملية بالبناء الهرمي pyramiding.

ألأصناف الحاوية على الجينات الرئيسية المنفردة Cultivars with individual major jenes

إن الطرق ألأكثر شيوعاً واتساعاً في برامج التربية لأغراض المقاومة هي تطوير ألأصناف التي لها جين رئيسي فردي قادر على التحكم والسيطرة على طرز المسبب المرضي السائد في المجتمع النباتي. يمكن تطوير ألأصناف من خلال ألإنتخاب في أجيال مجتمع ألإنعزال الحاوية على اليل المقاومة أو من خلال نقل ألأليل بواسطة التهجين الرجعي. إن فائدة جين المقاومة الرئيسي تكمن في سهولة تحميل الجين المنفرد الرئيسي للمقاومة في مثل برامج التربية هذه وبينما يعاب على الطريقة في كونها سريعة التأثير في فقدان المقاومة إذا ما وجد جين منفرد ثانوي لطرز المسبب المرضي ألأخرى، والذي يمكن أن يصبح فيما بعد وباءً في المجتمع النباتي الذي كان فيما مضى مجتمعاً مقاوماً لذلك المرض. يفهم من ذلك سهولة تعرض الصنف النباتي الحامل لجين المقاومة الرئيسي الفردي الى سلالات جديدة من الآفة المتغايرة وراثياً وبالتالي يصبح حساساً لهذا المرض نتيجة ظهور هذه السلالة أو السلالات بتكرار واطئ أول ألأمر بحيث لا يتأثر الصنف النباتي كثيراً في حاصله ونتيجة استمرار زراعة بذور هذا الصنف الحامل لسلالات المرض الجديد أو الحساسة لها بحيث يزداد تكرار ظهور المرض حتى يصبح الصنف الزراعي حساساً للمرض.

أصناف متعددة السلالات (التراكيب الوراثية) Multilunes

يمكن خلط بذور التراكيب الوراثية المختلفة التي يحمل كل منها الجين الرءيسي المقاوم لمرض ماسوية بغية الحصول على مجتمع نباتي متعدد التراكيب يتصف با لمقاوماة لاغلب طرز المسبب المرضي. فالتراكيب الوراثية المنفردة يمكن ان تكون اشباه السلالات وتختلف عن بعضها في جين المقاومة الرئيسي الذى يحتويه، كما يمكن ان يكون مجتمعات متعددة التركيب الوراثي ومكونة من تراكيب وراثية تختلف في صفاتها الزراعية مثلما تختلف عن بعضها في جين المقاومة الرئيسي.

تفيد مثل هذة المجتمعات النباتية (multilines) في كونها تعطي وقاية ضد مدى واسع من طرز المسبب المرضي ضمن مجتمع الحشرة أو المسبب المرضي، وبعض التراكيب الوراثية النباتية ضمن صنف متعدد السلالات تبدو كأنها مقاومة لحدوث ألإصابة بهذا الطرز. هذه المقاومة تقلل انتشار الطرز الجديد في النباتات الحساسة.

هناك مشكلتين رئيستين في إسلوب عمل مجتمعات متعددة التراكيب الوراثية في برامج تربية ألأصناف المقاومة بحيث تمنع أو تقلل انتشارها بسرعة وهاتين المشكلتين هما:

1. تتطلب نقل عدد من جينات المقاومة الرئيسية الى التراكيب الوراثية المتفوقة في صفاتها الزراعية.
2. اذا ما استعملت طريقة التضريب الرجعي لتطوير أشباه السلالات، فإن ألأب التكراري هو الذي يحدد مواصفات الصنف الزراعي (الصفات المرغوبة). من الممكن، من خلال سنوات برنامج التضريب الرجعي أن يظهر صنف جديد من برامج ألإنتخاب ألأخرى يكون متفوقاً في صفاته الزراعية المرغوبة على ألأب التكراري المستخدم في برنامج التضريب الرجعي، وهذا بطبيعة الحال يحدد قبول الصنف متعدد التراكيب الوراثية الذي تم أو سيتم انتاجه بالتضريب الرجعي.

البناء الهرمي للمقاومة pyramiding

إن اسلوب البناء الهرمي لمقاومة الاصابة بمسبب مرضي معين تتمثل بامكانية وضع أو نقل جينات المقاومة الرئيسية في سلالات منفردة لأجل جمعها في صنف متعدد السلالات وربما تستخدم أغلب جينات المقاومة الرئيسة لكي تنيح مقاومة كبيرة وكافية لسلالات وطرز المسبب المرضي. إن الاختلاف في جينات المقاومة الرئيسة يتوقع أن يعطي وقايه كبيرة ضد السلالات الجديدة التي يمكن أن تظهر لذلك المسبب المرضي من خلال تطور سلالاته. قد يتبادر الى الذهن السؤال ألآتي: هل يتوقع أن يظهر المرض أو الطفيل بعد أن يتم جمع الجينات الرئيسية للمقاومة في صنف زراعي معين؟ أي بمعنى هل أن مربي النباتات يواجه خطر نفاذ أو شحة رصيد جينات المقاومة؟ أم ماذا؟. في الحقيقة، إن الإجابة على هذين السؤالين واضحة، أي قد سبق وأن أجيب على هذا الموضوع في مجال بيولوجي آخر وهو الطب عند استعمال المضاد الحيوي البنسلين في علاج ألأمراض البكتيريه الحساسة لهذا المضاد الحيوي، وحيث أن طفرات المقاومة لأثر ألبنسلين قد شاعت كثيراً نتيجة سوء ألإستخدام وحتى صدرت القوانين في بعض الدول والتي تحرم استخدام البنسلين. ومثال ذلك في الجانب الزراعي. استخدام المضاد الحيوي الستربتومايسين في مكافحة اللفحة النارية على التفاح والكمثرى، اذ استمرت المقاومة لفترة زمنية معينة، بعدها حدثت وبائية عالية في ولاية كالفورينيا عام 1970. إن أسلوب عمل هرم المقاومة له عدة مساوئ تحدد استخدامه وأهمها:

1. الجهود الحثيثة المطلوبة في جمع عدة جينات رئيسة للمقاومة في تركيب وراثي واحد بالإضافة الى الإختبارات الشاملة المطلوبة لمختلف سلالات المسبب المرضي.

2. تغير الكثير من الصفات الزراعية المرغوبة أو فقدانها في الصنف الجديد في برامج التضريب الرجعي المعدة لهذا الغرض باستخدام ألأب التكراري.

ربما تشجع ألأصناف المقاومة تطور سلالات جديدة من المسبب المرضي، وعلى الخصوص إذا ما استخدمت نفس جينات المقاومة الرئيسة بشكل منفرد في أصناف زراعية أخرى.

أصناف متماثلة التركيب الوراثي Cultivars of Genetic Uniformity

أصبحت عملية إزالة تراكيب وراثية، وهي كثيرة، وأهمالها في غاية التداول مثال ذلك إن متطلبات الزراعة الواسعة لأصناف المحاصيل تعني دخول المكننة بشكل كبير لتسهل العملية ألإنتاجية. وبذا، فأنه يتطلب أن تكون نباتات الصنف متماثلة الى حد كبير في الكثير بل في أغلب صفاتها كأرتفاع النبات ووضع وحالة الثمار (السنابل، العناقيد الزهرية، العرانيص. . الخ) بالإضافة الى درجة نضجها، وهذا بدوره يعني زيادة حالة التماثل الوراثي Genetic Uniformity مما يؤدي الى ضيق المصادر الوراثية المستخدمة، وهذا ما حصل مع الذرة الصفراء الحاملة لجينات العقم الذكري السايتوبلازمي من نسل T بحيث كانت الولايات المتحدة الأمريكية تزرع هذا التركيب الوراثي للذرة الصفراء الهجينة في عموم منطقة حزام الذرة. هذا ألإتجاه أدى الى تقليص التباين الوراثي في ألأصناف المتررعة، وخصوصاً في الدول المتقدمة زراعياً، حيث اختفت ألأصناف المحلية القديمة والتي تمتاز بالتباين الوراثي العالي وحلت محلها ألأصناف الجديدة ذات التركيب الوراثي الواحد أو المتمائل، والتي تتصف بتفوقها في الصفات الكمية والنوعية. ولما كان الحال كذلك، أرتأت الهيئات العلمية المتخصصة عقد مؤتمر لدراسة خطر زوال التباين الوراثي في الاصناف المزرعة وبدعوة من منضمة الغذاء والزراعة الدولية FAO عام 1971 لبحث وسائل الحفاظ على المصادر الوراثية المختلقة التركيب الوراثي و المظهري. ووضع السبل الملائمة لاكثارها وكيفية تداولها. تطور الحال حتى اصبحت تسمى باسم بنوك الجينات. لتوضيح الصورة حول انحسار عدد التراكيب الوراثية المزروعة في الولايات المتحدة الامريكية مثلا ناخذ الجدول (6-2):

الجدول (6-2): أهم المحاصيل المنزرعة في الولايات المتحدة ألأمريكية وعدد ألأصناف الرئيسة في الزراعة

المحصول	عدد ألأصناف	ألأصناف الرئيسة	المساحة%
القطن	50	3	53
الذرة	197	6	71
الفول السوداني	15	9	95
البطاطا	82	4	72
ألأرز	14	4	65
فول الصويا	62	6	56
البنجر السكري	16	2	42
القمح	269	9	50

يفهم مما تبين بان استعمال اصناف يكون في تركيبها الوراثي مزيجاً من جينات المقاومة منحدرة اصلاً من مصادر مختلفة، وهي ما يمثل خلط عدة سلالات لكل منها جين او عدة جينات للمقاومة هو الحل ألأسلم للحد من خطورة الامراض والمحافظة على التركيب الوراثي المستخدم.

التربية لأغراض المقاومة العامة (ألأفقية)Breeding for General Resistance

تمثل المقاومة العامة هدفاً ومطلباً ضرورياً في إنتاج نباتات مقاومة لمسبب مرضي ما، وهي بذلك أكثر رغبة وحاجة من المقاومة المحددة لكونها (المقاومة العامة) تزودنا بمستوى من المقاومة للعديد من سلالات المسبب المرضي وبالتالي فانها اقل تأثراً بتغيرات المسبب المرضي الوراثية. ان التربية للمقاومة العامة اكثر صعوبة من التربية للقاومة الخاصة، وذلك بسبب استخدام عدة جينات ذات تأثيرات ثانوية في احداث المقاومة. اذ تتأتى المقاومة من خلال أليلات المقاومة الموجودة على عدة مواقع جينية. كل موقع لة تأثير صغير. ان استحداث هذا النوع من المقاومة او نقلها من تركيب وراثي لأخر هو احد المساوىء المؤشره على هذا النوع من المقاومة، هذا بالاضافة الى ان إليلات المقاومة الفردية في النبات (التركيب الوراثي) لا يمكن معرفتها وبالتالي يصعب تحديد تكرار النباتات التي تحمل إليلات المقاومة ومن ثم عدم امكانية توقعها. هذا يعني إن احتمال نقل جميع إلإليلات المرغوبة من التراكيب الوراثية المقاومة الى الحساسة يكون واطئاً، خصوصاً عندما يكون التعامل مع عدد كبير من ألأليلات المرغوبة على الرغم من أن هذا النوع من المقاومة نادراً ما يؤدي الى القضاء نهائياً على المرض، إلا أن يزود العائل النباتي بمقاومة على مستوى من الثبات. هنا يأتي التساؤل: هل المقاومة الافقية ثابتة ودائمه؟ وللإجابة على هذا السؤال نقول كلا لا يمكن البت في هذا ألأمر ما دام أن الطفيلي أو المسبب المرضي قادراً على إستحداث تغايرات وراثية عن طريق اعادة التوليفات الجينية الموجودة، ومن خلال التباين الوراثي الموجود في الطبيعية

من جهة، كما أن المقاومة ألأفقية التي وفرها المربي في تركيب وراثي ما قد لا تمثل بالضرورة جميع الجينات المسؤولة عن المقاومة من جهة اخرى. أن العلوم البايولوجية لم تقف عند حد، وربما لم تحدد جميع ألأوجه والمسالك العلمية التي توفر المقاومة بشكل نهائي، لكن يبقى الحال يبعث الى التفاؤل، لتوفر الكثير من ألأمثلة الممتازة على ثبات المقاومة الأفقية كمقاومة مرض الذبول البكتيري في التبغ والفول السوداني المتسبب عن *Pceudomonas solanocearum*. من الناحية الكمية يكون الانتخاب لاغراض المقاومة العامة مشابهاً لأعمال التربية لزيادة الحاصل والصفات الزراعية المرغوبة، مثال ذالك تحسين المقاومة العامة من خلال الانتخاب التكراري، كما حصل مع محصول الجت alfalfa حيث وجد بانه لاتوجد نقطة فاصلة بين النباتات المقاومة و الحساسة وخاصة في الجيل الثاني، هذا بالإضافة الى تداخل العوامل البيئية. أثبتت الدراسات بان التربية لإنتاج الهجن تعطي نباتات جيدة المقاومة او متحملة للاصابة، وكذالك استخدام ما يسمى الانعزال المتعدي transgressive segregation في الحصول على نباتات مقاومه.

تربية المحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح لمقاومة الافات Breeding of Self and Cross Pollinated Crops for Pest resistance

تعد طرائق الانتخاب الاجمالي او الفردي او تربية الخط النقي و التهجين بانواعه من ألاكثر شيوعا"في التربية لمقاومة الآفات. فإما ان يتم ألإنتخاب على اساس المقاومة للإصابة بشكل فردي(نباتات فردية) من المجتمع غير المتجانس بحيث تدخل النباتات المنتخبة في تزاوجات مختلفة الإتجاهات للحصول على بذور الجيل اللاحق، وهكذا كما في الانتخاب الإجمالي. اما الانتخاب الفردي او تربية الخط النقي، فيتم انتخاب النباتات المقاومة وتزرع بذور كل سنبلة او عرنوص في خط Ear to Row او مرز ويمكن تحويل الطريقة باستخدام طريقة العرنوص – سطر المحورة، بحيث يتم اجراء الانتخاب بين الخطوط داخل نباتات الخط الواحد. أما برامج التهجين، ففي الحقيقة يمثل التهجين الرجعي اكثر انواع التهجينات المتبعة في نقل جينات المقاومة، كذلك استخدام برامج التهجين بكافة ألإحتمالات المتبادلة لتجميع اكبر عدد من الجينات في تركيب وراثي ما. كما تستخدم طريقة التربية الداخلية في نباتات خلطية التلقيح للحصول على سلالات نقية حاملة لجينات المقاومة. اشار hbese [Gess (2019) الى ان برامج التربية `lk العقد الاخير من القرن العشرين اتجهت الى تطبيقات الوراثة الجزيئية والتقنية الحياتية والمعلمات الوراثية لتحل محل طرائق التربية التقليدية لمقاومة الاصداء، وتوفر الوقت والايدي العاملة فتستخدم التحاليل الخلوية كطريقة لنقل ووضع الجينات بتقنيات الخرائط الجزيئية.

تطفير المسببات المرضية لاغراض التربية

ان برامج استحداث الطفرات في الاصناف او التراكيب الوراثية لمقاومة المسببا ت المرضية يخدم في مجالات واسعة اهمها:

- يوضح كيفية انتشار المسببات المرضية وطبيعية التغايرات الوراثية التي يمكن ان تنتج في المستقبل.
- استحداث طرز جديد يمكن الاستفادة منها في تقويم الاصناف والسلالات النباتية.
- امكانية الاستفادة من الطفرات المستحدثة في الدراسات الفسيولوجية المرتبطة بالعلاقة المتبادلة بين النبات العائل و المسبب المرضي.

ان اهم مستلزمات استحداث الطفرات في المقاومة للمسببات المرضية هي معرفة معدل حدوث الطفرة والعوامل الاخرى المختلفة التي تؤثر في كيفية وطبيعة حدوثها والتي يأتي في مقدمتها تحديد العامل المطفر ونوعه. تجدر ألإشارة الى اعتقاد البعض في امكانية وجود خطورة في انتاج طرز وسلالات جديدة من المسببات المرضية من خلال استخدام التطفير التجريبي على الرغم من سهولة التعامل مع المطفرات وذلك خوفاً من عدم امكانية السيطرة على التحكم بتكاثر وانتشار المسببات المرضية وبالتالي وصولها الى الحقول والمزارع وتلوثها. ولا بد هنا من معرفة مسائل أساسية هي أن بقاء هذا الطرز الطافرة (الطفورية) من المسببات المرضية لمدة طويلة في الحقل غالباً ما يمثل احتمالاً ضعيفاً تكون السلالات الجديدة الطافرة غالباً ما تكون أقل تحملاً للظروف البيئية من السلالات والطرز الموجود أصلاً في الطبيعة. ولتجنب مثل هذه ألإشكالات يقودنا التفكير بجدية عن ايجاد أساليب أخرى في احداث المقاومة ويأتي في مقدمتها أسلوب استخدام التهجينات المتباعدة لنقل الجينات المسؤولة عن المقاومة، مما يدعو الى التفتيش عن مصادر المقاومة باستمرار، وكذلك ألإنتخاب خارج الجسم الحي من خلال زراعة الخلايا وألأنسجة الخالية من المسببات المرضية.

التربية لمقاومة الأصداء في الحنطة Breeding Wheat for Resistance to Rusts

ربما تعد الاصداء اقدم المسببات المرضية التي تصيب الحبوب وبالذات الحنطة، اذ أظهرت الحفريات وجود السپورات (الابواغ) اليوريدية لصدأ الساق قبل اكثر من 1300 ق. م. في غرب آسيا، مثلما أدرجت كمسببات مرضية خطرة في ايطاليا واليونان قبل الفي سنة (Gessese، 2019). حتم انتشار الوبائية العالية بالصدأ في بداية القرن العشرين الحاجة الى دراسات متعمقة في المقاومة الوراثية للمرض ودورة حياة المسببات المرضية للنبات وتداخل وراثة العائل– المسبب المرضي. لا تزال امراض الاصداء المهدد الرئيس لأنخفاض الحاصل في الحنطة لما تسببه من فقد معنوي في حاصل الحبوب ونوعيته (Singh واخرون، 2011 و Reynolds و Borlaug، 2006)، وخصوصا بعد ظهور سلالات فسيولوجية جديدة لصدأ الساق (Ug99) فشكلت تهديداً عالمياً لكل مناطق انتاج الحنطة.

تصاب الحنطة بثلاثة انواع مختلفة من الصدأ هي صدأ الاوراق (الصدأ البني) المتسبب عن الفطر *Puccinia triticina* Eriks والصدأ المخطط او ما يعرف بالصدأ الاصفر والمتسبب عن الفطر *Puccinia striiformis* Westend f. sp.*tritici* Eriks وصدأ الساق *Puccinia graminis* Pers.f. sp. *tritici* Eriks. يعد صدأ الاوراق الأكثر شيوعاَ

وانتشاراً في العالم مقارنة بالنوعين الاخرين (Kolmer، 2013 و Lan واخرون، 2014)، اذ يصيب نصل الاوراق في الظروف البيئية الملائمة (الجيدة) فيصيب غمد الورقة والعصافة. إن الفطر *Puccinia triticina* من الفطريات الاجبارية وله القدرة على أحداث الاصابة بالسپورات (الابواغ) اليوريدية في الانسجة الحية فقط. لفطر الصدأ عائل اولي (الطور التيلي او اليوريدي) وعائل ثانوي (pycnial أو aecial) ليكمل دورة حياته. اما العائل الاولي فهو محصول القمح ، سواءً كان حنطة خبز او حنطة المعكرونة، منزرعة او برية من نوع حنطة emmer او *Aegilops speltoides* او *Aegilops cylindrica* او القمح الشيلمي (الترتيكيل)، بينما يكون العائل الثانوي او العائل البديل هو *Thalictrum speciosissimum* و *Isopyrum fumaroides* (Bolton واخرون، 2008). في الظروف الملائمة للنمو (10-25°م) وتوفر الندى على سطح الاوراق، فينتج على نبات الحنطة خليتين من السپورات التيلية بلون بني غامق. ألصدأ الاسود او صدأ الساق، احد اكثر المسببات الفطرية المرضية المدمرة لمحاصيل الحبوب في مختلف البيئات في العالم، مسبباً خسائر اقتصادية ومجاعة وحتى ازمات سياسية، وخاصةً في جنوب آسيا التي بدأت فيها الثورة الخضراء (CABI، 2012). تنخفض الاصابة بمسببات الأصداء بشكل ملحوظ واقتصادي، بالتخلص من العائل البديل، وبذا يتم تدعيم الانتاج العالمي للحنطة بمعرفة محدداته من الشدد البيئي الحياتي. تعد المعرفة العلمية بتداخل المسبب المرضي- العائل اساسية في تربية المحاصيل لمقاومة الامراض، لأختلاف كل من مجتمعي المسبب- العائل وراثيا وفسيولوجياً. يمكن تصنيف المقاومة للصدأ ضمن احد معيارين هما: 1) المقاومة للصدأ في مرحلة البادرات/ مقاومة المرحلة ككل seedling/ all stage resistnce ويرمز لها ASR ومقاومة النبات الناضج adult plant resistance ويرمز لها APR. فجينات المقاومة للمرحلة ككل تعطي المقاومة في كل مراحل نمو النبات تجاه عزلات المسبب المرضي الوبائية. وعليه، فان جينات ASR غالباً ما تستسلم لمجتمع المسبب المرضي، بينما تعبر جينات APR في مراحل نمو النبات اللاحقة عن اسنجابة متماثلة لكل الطرز الفسيولوجية للمسبب المرضي، ولا تشجعه على التطور، فتكون طبيعة المقاومة هنا دائمية. يستخدم توصيف المقاومة للأصداء التأثير والفعل الجيني (اختبار نوع المسبب المتعدد) ويسمى multi-pathotype test، فتعطي التحاليل الوراثية ومعرفة عدد ومواقع الجين/ الجينات صفة المقاومة للمسببات المرضية. تم دراسة وتحديد الخرائط الجينية ومواقعها الكروموسومية بتحليل الوراثة الخلوية، اذ تم ذلك منذ التسعينات من القرن العشرين بتطبيقات الوراثة الجزيئية والتكنولوجيا الحيوية المتقدمة. عموماً، ساعدت الكلمات المفتاحية seeling resistance, adult plant resistance, multi-pathotype test, genetic markers, genetic analysis, و gene mapping لانواع الباريبري (عشبة العائل)، وخصوصاً في امريكا الشمالية واوربا الغربية، في خفض نسبة الاصابة المبكرة لمحصول الحنطة (Kolmer، 2013). اوضح نشر وتعميم الاصناف شبه القصيرة وعالية القدرة الانتاجية والاصناف المقاومة لصدأ الساق امكانية التحكم والسيطرة على التأثير المختلف للمسبب المرضي (CABI، 2012).

تأثير المسبب المرضي

ان الضرر الذي تحدثه المسببات المرضيه لفطريات الاصداء في الاجزاء النباتية لنبات الحنطة فوق سطح التربة، وما يسببه من تلوث النباتات بتكرار عالي ينتج عنه عدد اقل من الاشطاء المثمرة وعدد اقل من الحبوب في السنبلة، وبالتالي فقد كلي لحاصل الحبوب نتيجة حدوث كسر في الساق، إذ يمكن لسپورات (ابواغ) المسبب المرضي ان تنبت ضمن درجة حرارة دنيا قدرها 2° م، بينما تكون درجة الحرارة المثلى والعليا لنمو وتطور السپورات 15 – 24° م و 30° م، على التوالي. تعد درجة الحرارة 30° م المثلى لتكوين الابواغ اليوريدية ويمكنها ان تستمر حتى درجة حرارة عليا قدرها 40° م .

التربية لمقاومة الاصداء Breeding for Rust Resistance

تستند المقاومة على قابلية النبات في إزاله او تقليل التأثر بالافات الحشرية والمرضية بالاليات الجزيئية التي تمثل دفاعات النظم الوراثية لكل من العائل والمسبب المرضي، خصوصاً وان مسببات الاصداء لها سلسلة من الطرز الفسيولوجية التي يجب ان تستخدم وتطبق معها الفرضية التي وضعها Flor (1959) والتي تنص على ان لكل جين يتحكم بالمقاومة في العائل هناك جين يقابله في المسبب المرضي. هناك استثناءات لهذه الفرضية، تجعلها غير مطلقة مثل وجود جين APR مقاوم غير محدد مفرد (Chen، 2013)، حيث ان جينين او ثلاثة للعائل والمتحورات في الجينات الرئيسة وحالة التلازم الوراثي على المواقع غير الاليلية epistasis هي التي تتحكم بالمقاومة، وان الاستثناء الرئيسي هو عدة جينات (مواقع الصفة الكمية QTL) يشارك كل منها بفعل جيني اضافي ثانوي يتحكم بالمقاومة (Chin و Line، 1992 و Christ واخرون، 1987).

وعليه، فان التخطيط لمشروع تربية الحنطة لمقاومة مسببات الصدأ يتطلب توفر ادلة دامغة حول الاهمية الاقتصادية لأنظمة العائل – المسبب المرضي السائدة بين المحصول والافة لتبرر الفقد المعنوي في حاصل الحبوب، مثلما يتطلب وجود معرفة علمية حول الاختلاف الوراثي في مجتمع المسبب المرضي. ان تربية الحنطة لمقاومة امراض الاصداء كانت ولا زالت ذات اهمية اقتصادية ومثلها بيئية بما يمثل استراتيجية مفيده للتطبيق من قبل المزارعين، كونها لا تضيف مدخلات مادية على العملية الانتاجية (Singh واخرون، 2016).

انواع المقاومة الوراثية للحنطة ضد مسببات الاصداء Types of Genetic Resistance of Wheat Against Rust Pthogens

للحديث عن المقاومة الوراثية لنبات الحنطة، لابد من تفصيل حالاتها بحسب:

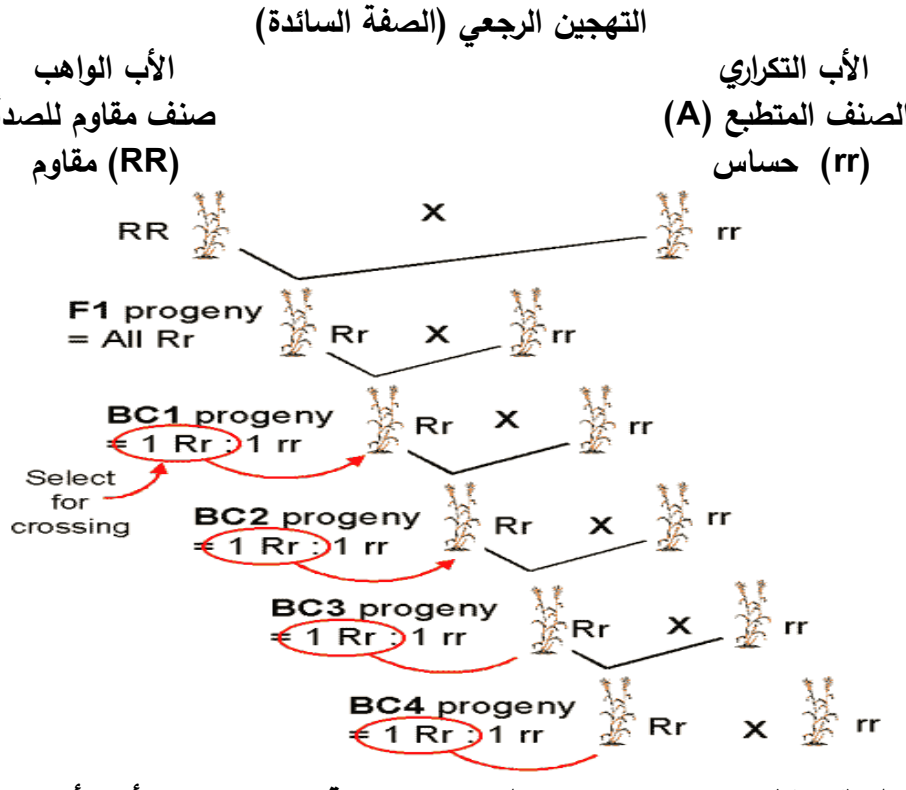
أ. مقاومة البادرات/ المقاومة المحددة Race-Spcific resistance Seeding Resistance

يعرف هذا الوع من المقاومة للشد الحياتي بعدة مسميات منها المقاومة المحددة specific، الكاملة complete، البسيطة simple، الوصفية (النوعية) qualitative، المحددة بالطرز race specific، الشاملة overall، العمودية vertica ، غير المتماثلة non-uniform، المتميزة differential، فرط الحساسية hypersensitivity، الوراثية الضئيلة oligogenic، الرئيسية major، وغير الدائمية non-durable. تتصف بنوع اصابة واطئة او قليلة الفعل الوراثي للعائل. تعبر جينات المقاومة في مرحلة البادرات عن دورها الوراثي، اذ تعطي المقاومة في مرحلة النمو. باستثناء حالات قليلة، فان جينات المقاومة المحددة بالطرز race specific في اصداء الحنطة تتبع الوراثة المندلية او الوراثة البسيطة في توارثها، اذ فعل جين السيادة التامة (الشكل، 6-1) وجينات اللا فوعة السائده في الغالب في المسبب المرضي الانتخاب ونقل صفة المقاومة. ويكون من السهل نسبياً الانتخاب ونقل صفة المقاومة بالطرائق التقليدية للتحسين الوراثي، اذ يستغرق برنامج التربية 4-5 سنوات في الاقل. في حالات استثنائية قليلة لم تتحقق نتائج ايجابية في التربية لمقاومة الصدأ ومنها جين المقاومة Sr31 حيث استمرت المقاومة لثلاثة عقود (Park، 2008 و CABI، 2012). ومثلها بالنسبة لجين المقاومة Lr24 في استراليا للفترة 1983-2000 حتى تم كسرها بسلالة وبائية للفطر *P. triticina*. حتى يومنا هذا تم التعرف على 59 و 81 و 79 جين لمقاومة مسببات صدأ الساق والصدأ المخطط وصدأ الاوراق، ووفت في كاتالوك جينات مقاومة مرحلة البادرات وجينات مرحلة النباتات الناضجة (Dracatos واخرون، 2016 و Mcintosh واخرون، 2015-2016 و 2013-2014 و 2012 و Singh واخرون، 2013).

ب. مقاومة النباتات الناضجة/ المقاومة غير المحددة Adult Plant Resistance (APR)/ Race Non-Specific Resistance

هذا النوع من جينات المقاومة يسمى ايضاً بالجينات المعقدة complex، الكمية quantitative، العامة general، جينات النباتات الناضجة mature plants، الافقية horizontal، متعددة الجينية polygenic، الجزئية partial، الجين الثانوي minor gene، الدائمية durable، بطيئه الاصابة بالصدأ slow rusting والمقاومة الحقلية field resistance ...الخ. يوضح هذا النوع من المقاومة التفاعل المتماثل لكل عزلات مجتمعات طرز المسبب المرضي (Klarquist واخرون، 2016). فالجينات التي تتحكم بنسل واحد للمقاومة غير المحددة يمكن ان يكون جين منفرد او عدة جينات لكل منها تاثير صغير (ثانوي) وبتأثير اضافي تراكمي يعطي مستوى عالي من المقاومة. كما معروف، تتأثر الصفة

الكمية كثيراً بالبيئة، اذ تنعزل على عدة مواقع جينية، مما يؤشر استمرار التغاير الوراثي فيها، على عكس الصفة النوعية التي يكون تأثيرها متقطعاً discreat. لحسن الحظ فان التوريث لجينات APR عالياً، كما انها في الغالب مرتبطة او متلازمة (Chhetri واخرون، 2016) وتستجيب بالتالي للتربية والانتخاب. عموماً، ان مقاومة النباتات الناضجة لها فترة ظهور اكبر onger latent period وتكرار اصابة اوطأ وحجم يوريدي اصغر وفترة تبويغ اقصر وتنتج كمية اقل من الابواغ في كل موقع اصابة. اظهرت الدراسات البحثية في البيت الزجاجي وجود طرز وبائية لجينات APR من نوع Lr12 و Lr13 و Lr22 (Park و Mcintosh، 1994) و Lr37 (Huetra-Espino واخرون، 2011). يوضح الشكل (6-2) التهجين الرجعي لنقل جين المقاومة المتنحي لمسبب ألصدأ من الاب الواهب الى الاب النكراري لمحصول الحنطة.



الشكل (6-1): التهجين الرجعي لنقل جين المقاومة السائد لمسبب ألصدأ من الاب الواهب الى الاب النكراري لمحصول الحنطة.

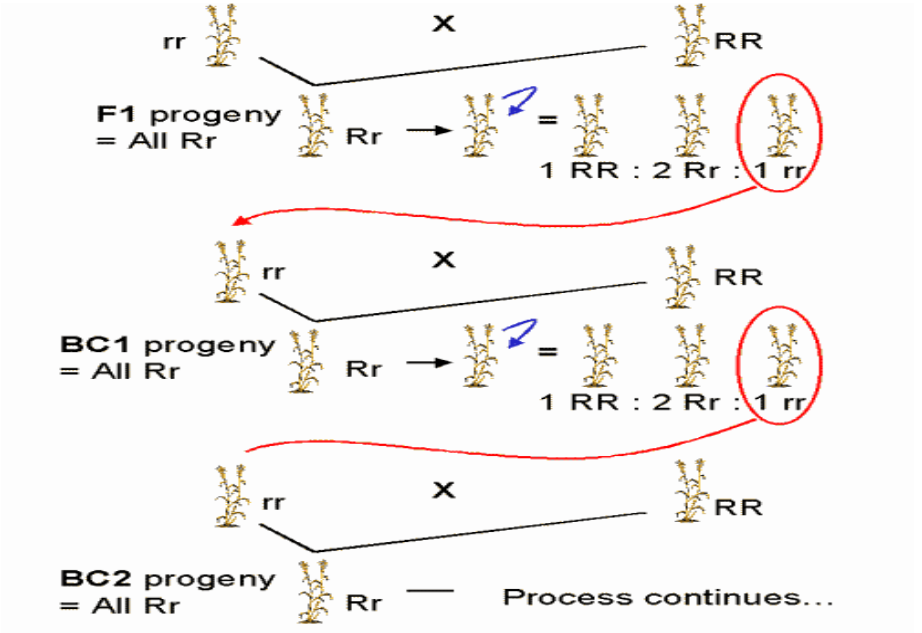
تعبر جينات APR، بطريقة مختلفة عن جينات الطرز المحددة، في مرحلة نمو النبات المتأخرة عن الاستجابة المتماثلة لكل طرز المسبب المرضي ولم تستحدث طفرة في جينات ال avirulent للمسبب المرضي، ولهذه الاسباب فان طبيعة المقاومة تفيد في كونها دائمية (Chen، 2013). ان التأثيرات الجينية المتعددة المظاهر والتي تعطي المقاومة لمسببات صدأ الاوراق والصدأ المخطط والبياض الدقيقي هي: Le34/Yr18/Sr57/Pm38/Ltn1 و Lr46/Yr29/Sr58/ Pm39/Ltn2 و Lr67/Yr46/Sr55/Pm46/Ltn3.

ان وجود جين منفرد او جينين من جينات APR في الصنف لا تمثل مستويات مقاومة كافية في المناطق التي فيها ضغط او انتشار كثيف للمسبب المرضي. وعليه، فان الاصناف التي لها مستويات مقاومة عالية لابد ان تمتلك 3–5 جينات في الأقل، اي تم تطويرها وفق الاسلوب الهرمي للمقاومة.

التهجين الرجعي (الصفة المتنحية)

الأب التكراري
الصنف المتطبع (A)
(RR) مقاوم

الأب الواهب
صنف مقاوم للصدأ
(rr) حساس



الشكل (6–2): التهجين الرجعي لنقل جين المقاومة المتنحي لمسبب ألصدأ من الاب الواهب الى الاب النكراري لمحصول الحنطة.

التحليل الوراثي للمقاومة Genetic Analysis for Resistance

تم تحديد عدد وتوارث الصفات من حيث جينات السيادة او التنحي في التراكيب الوراثية (أصناف، طرز بيئية، اقارب برية...الخ)، حيث توضح استخدام التهجين بين اصناف مقاومة واخرى حساسة او التضريب بين اباء مختلفة لها جين واحد معروف او اكثر، والتي سميت فيما بعد باسم الاختبار الاليلي test of allelism (الشكلان 6–1 و 6–2). فاذا تم التعبير عن جين المقاومة في الجيل الاول بشكل تام، فيتم توصيفه جيناً سائداً والاستجابة المتوسطة تمثل السيادة الجزئية. بالنسبة لمحاصيل ذاتية التلقيح، مثل الحنطة، يكون توارث صفة المقاومة وعدد الجينات المستخدمة للتعبير عن الصفة محدداً باختبار نباتات F_2 و F_3 والتضريب

الرجعي/ التلقيح الاختباري للجيل الاول والثاني ونباتات احادية المجموعة الكروموسومية المضاعفة doubled haploid او مجتمعات البذرة الواحدة single seed descent او المجتمعات الخليطة او ربما اكثر من هذه الطرائق. يستخدم مربع كاي أيضاً في تقدير عدد الجينات باختبار حسن المطابقة للنسب المشاهدة بالنسبة للمتوقع منها نظرياً.

في الوقت الذي استخدمت فيه الطرائق الحديثة في توصيف المواقع الجينية على الكروموسومات وعلى مستوى الجينومات او الاطقم الكروموومية وكذلك المعلمات الوراثية والمظهرية في النبات والمعلمات الكيموحياتية (الايزوزايمات isozymes) والمعلمات الجزيئية ومعلمات الدنا DNA وخرئط مواقع الصفة الكمية وغيرها، لا يمكن الاستغناء عن الطرائق التقليدية المعمول بها في تربية وتحسين محاصيل ذاتية وخلطية التلقيح المعروفة، مما يوحي بان استنباط اصناف مقاومة قد اصبح في الافق القريب. من الطبيعي استخدام برامج التربية التقليدية او باستخدام المطفرات الكيميائية او الفيزيائية، وحتى تطبيقات التهجينات بين الانواع، وخاصة مع الانواع البرية، وتربية الكلونات لإستنباط اصناف جديدة ومقاومة للأصداء.

ستراتيجيات التربية لمقاومة الفايروسات النباتية Breeding Strategies for Viruses Resistance in Plants

تختلف برامج التربية لمقاومة الامراض الفايروسية عن مثيلاتها لمقاومة الامراض الفطرية او البكتيرية، كون الفيروسات لا تعد كائنات حية مالم تجد لها عائل تصيبه. أكتشفت المسببات الفيرسية اول الامر في إصابة ازهار التوليب مسببةَ تبرقشها بشكل موزائيك، كما وصفه Carlous Clussius عام 1576 على الازهار الحمراء المصابة بتخطط اصفر او بالعكس وبصورة غير منتظمة.

أظهرت الدراسات العلمية حدوث الاصابة بالفايرس في الكثير من نباتات المحاصيل والخضر ونباتات الزينة، وبمسببات فيروسية مختلفة. على سبيل المثال، تصاب البطاطا بحوالي 30نوع من الفيروسات المختلفة، حيث الحساسية لإكثارها خضرياً ولسنين متتالية دون اتخاذ التدابير الوقائية اللازمة، فينجم عنها تدهور وانخفاض الحاصل والانتاجية وكذلك النوعية.

بدأت دراسة المسببات الفيروسية بطريقة علمية في أواخر القرن التاسع عشر عقب انتشارها في مزارع التبغ في هولندا عام 1880، إذ عرف فيما بعد ان للحشرات المختلفة (ما يقارب 400نوع من الحشرات، مثل المن والقفازات والذباب الابيض والخنافس والجراد والثربس) تنقل ما يقارب 200 نوع من الفيروسات في النباتات. وعليه، يصعب وضع تعريف للفيرس، بقدر ما يراد توصيف الفيرس عن الكائنات الاخرى، كما لخصها Smith (1977) في ادناه:

1. يعتمد تكاثر الفيرس على الحامض النووي فيه فقط، إذ يحتوي الفريون virion على نوع واحد من RNA أو DNA وليس له القدرة على النمو والتكاثر والانشطار كونه لا يحتوي على المعلومات الوراثية اللازمة لتكوين الانظمة الخلوية لإنتاج الطاقة، بل يحتاج الى عائل للتكاثر، كونه متطفل خلوي اجباري obligate intracellular parasite. ان اكتشاف المايكوبلازما كمسببات مرضية لمجموعة من الامراض، والتي كانت تعد حتى عام 1967 أمراضاً فيروسية، حيث تتداخل اعراض امراضها مع الاعراض المرضية التي تسببها الفايروسات في النبات.

عموماً، تصيب الفيروسات جميع المحاصيل الاقتصادية محدثةً خسائر اقتصادية كبيرة من الناحيتين لكمية والنوعية، حيث انخفاض الانتاجية وتدهور الصفات النوعية، وبالتالي انخفضعر المنتج النهائي. من المفضل مراجعة الكتب العلمية المتخصصة بعلم الفايروسات Virology للاطلاع على انواع الفيروسات وتصنيفها وتركيبها الكيميائي (شوكت، 1982).

كما أسلفنا، يحتوي الفايرس على نوع واحد من الاحماض النووية (RNA أوDNA) وليس كلاهمان إذ يكون هذا الحامض محاط بغلاف بروتيني من جميع جوانبه، ويمثل الغطاء الواقي للحامض النووي من تأثيرات الانزيمات، وخصوصاً تلك التي تعمل على تحليل الاحماض النووية. يعتقد ان تركيب الغلاف البروتيني قد تشكل نتيجة الانتخاب الطبيعي في اثناء تطور ونشوء الفيروسات في الطبيعة، إذ يتكون من سلاسل غير متفرعة من العديد من النيوكليوتيدات، والتي تمثل كل منها جزيئة سكلر وقاعدة نيتروجينية وجزيئة فوسفات. ان اختلاف جزيئة السكر هو الذي يحدد نوع الحامض النووي، والذي يعد المادة الوراثية القادرة على التكاثر واحداث العدوى وتصنيع الغلاف البروتيني الخاص بكل فيرس. تختلف النسبة المئوية والوزن الجزيئي للحامض النووي لكل فيرس (الجدول، 6-3)، فكلما زادت كتلة الفيرس والنسبة المئوية للحامض النووي، كلما كان الفيرس اكثر تعقيداً.

يعتقد ان الخطوة الاولى في إحداث العدوى للعديد من الفيروسات النباتية تتمثل بالتصاق او تلامس attachment او إدمصاص adsorption جسيمة الفايرس على مستقبلات receptors خاصة على أسطح الخلايا الحساسة للاصابة، إذ يكون للغلاف البروتيني دوراً مهماً في عملية الادمصاص، وخصوصاً الفيروسات التي تصيب البكتيريا. وجد إحتواء بعض الفيروسات على مكونات اخرى مثل مركبات متعدد الامينات polyamines والدهون واهمها الفوسفولبيدات، مثلما تحتوي على غشاء خارجي يحيط بالغلاف البروتيني، كما هو الحال مع غايرس التقزم الاصغر للبطاطا او فايرس الذبول المبقع في الطماطة. يكذر إيضاً إكتشاف فيروسات تصيب البطاطا مسببةً مرض الدرنة المغزلية، بدون غلاف بروتيني، كونه ليس فايرس بقدر ما هو حامض نووي فقط من نوع RNA ووزنه الجزيئي لا يزيد عن 000 130 دالتن، مما يجعله من أصغر الكائنات المسببةلبعض الامراض المعدية وينتقل ميكانيكياً وليس عن طريق الكائنات الحية الناقلة، فاطلق عليه Diener (1974) اسم فايرويد viroid ليميزه عن الفايروسات الاخرى. يفهم من ذلك تباين الفيروسات التي تصيب النباتاتفيما بينها في

الشكل والحجم تبايناً كبيراً، فمنها الكروية والعصوية المرنة او الخيطية او العصوية الصلدة، ومنها ما يشبه الاطلاقة، كما ان هناك فايروسات متغيرة الشكل.

الجدول (6–3): جينات المقاومة السائدة للفايرس التي تم توصيفها في الانواع النباتية للعائل.

الفيرس	الرمز الجيني	العائل	العامل الوبائي
موزاييك التبغ (TMV) (*Tobamovirus*)	*N*	التبغ	Replicase/helicase
موزاييك التبغ (ToMV)	*Tm-2 and Tm2-2*	الطماطة	بروتين متحرك
Tobamovirus	*L^1, L^2,L3, L^4*	الفلفل	الغلاف البروتيني
البطاطا نوع x (PVX) (Potexvirus)	*Rx1*	البطاطا	الغلاف البروتيني
(Potexvirus) PVX	*Rx2*	البطاطا	الغلاف البروتيني
فايرس البطاطا Y (Potyvirus)	*Y-1*	البطاطا	غير موصوف
الذبول المبقع في الطماطه (Tospovirus)	*Sw-5*	الطماطة	بروتين متحرك
موزاييك الخيار (CMV) (Cucumovirus)	*RT4-4*	الفاصوليا	الجين 2a
موزاييك الخيار (CMV)	*RCY1*	Arabidopsis	الغلاف البروتيني
موزاييك التبغ etch (TEV) (Potyvirus)	*RTM1*	Arabidopsis	غير موصوف
موزاييك التبغ etch (TEV) Potyvirus)	*RTM2*	Arabidopsis	غير موصوف
تغضن اللفت (Carmovirus)	*HRT*	Arabidopsis	الغلاف البروتيني
موزاييك الصويا	*Rsv1*	الصويا	غير موصوف

عن Maule (2007)

يدخل الفيرس الى الخلية النباتيةمن خلال الجروح الدقيقة او الاضرار الميكانيكية الناتجة عن استخدام المكننة او بسبب الحشرات الماصة او القارضة او العناكب او النيماتودا او

الفطريات والبكتيريا او نتيجة التلامس والاحتكاك بين النباتات المصابة والسليمة، سولءً بالرياح او غيرها نتيجة الزراعة الكثيفة او من خلال الشعيرات الزغبية على أسطح الاوراق، كما في التبغ والطماطة. عقب دخول الفايرس الى داخل الخلية النباتية، تبدأ العدوى، فيتكاثر الفايرس داخل الخلية بنزع الغلاف البروتيني من الحامض النووي للفيرس تدريجياً، وبمساعدة خلية النبات العائل في سايتوبلازم الخلية، إذ لا توجد انزيمات لدى الفيرس تسهل له ذلك. يتكون RNA ثنائي الخيط، احدهما للفيرس RNA + والاخر النظير او الشقيق RNA – ثم ينفصلان عن بعضهما ليتم انتاج العديد من الخيوط الموجبة RNA +.

مقاومة الامراض الفيروسية

اختلفت طرائق المقاومة لمسببات الامراض الفيروسية، سواءً كانت ميكانيكية او كيميائية او وراثية او غيرها، إذ ان التشخيص الدقيق لطبيعة عمل الفيرس ونوعه يعد الخطوة الاساس لتحديد ومعرفة طريقة المقاومة او الوقايه منه. تعد إبادة مصادر المسبب المرضي للفيرس الاسلوب الانجع في المقاومة ويتضمن ذلك القضاء على الحشرات الناقلة او النباتات العائل، كالادغال وغيرها (نباتات الزينة المعمرة او الموسمية، التي تزرع في الحدائق والبساتين). ان استخدام البذور الخالية من المسببات الفيروسية، والقضاء على امراض البذور يعد عاملاً مهماً ومساعداً للحد من الاصابة الفيروسية. اعتمدت في السنوات الأخيرة طرائق وتقنيات زراعة الانسجة والتكنولوجيا الحيوية الجزيئية في إنتاج نباتات خالية من المسببات الفيروسية لنباتات البطاطا وبعض نباتات الزينة.

استخدام الاصناف المقاومة لمسببات الاصابة بالفيرس

يعد استخدام الأصتاف االمقاومة لمسببات الاصابة بالفيرس، والتي يتم تربيتها لهذا الهدف أفضل طرائق المقاومة، على الرغم من عدم سهولة تربيتها، كونها تحتاج جهود علمية وفنية وسنوات عمل طويلة. تم انتاج أصناف عديدة لمحاصيل مختلفة، فالنباتات عموماً اما ان تكون حساسة او متحملة او مقاومة او منيعة. تظهر المقاومة بشكل بقع او بثرات موضعية على اوراق النبات لمسافات طويلة المصاب عند تلقيحه بالفيرسن وتكون صفة متغلبة كما في الفلفل والطماطة والفاصوليا، كما وجدت أصناف ذرة مقاومة لمرض تقزم وكوزاييك الذرة، بينما لا توجد اصناف مقاومة لفيرس إصفرار البنجر او فيروسات البطاطا. ربما يعود ذلك الى تعدد انواع الفايروسات وسلالاتها الممرضة.

هناك إتجاه آخر يعنى بتربية النبات لمقاومة الإصابة بالحشرات التي تنقل الفيروسات، كما في القطن المقاوم لحشرة الذبابة البيضاء الناقلة لمرض تجعد اوراق القطن cotton leaf curl. عند تعذر الحصول على جينات المقاومة، يلجأ مربي النبات الى السعي للحصول على أصناف متحملة للمسببات الفيروسية. يفهم مما سبق، ان المقاومة الوراثية لنباتات المحاصيل، الهدف الاسمى لبرامج التربية والتحسين لإنتاج النباتات المقاومة.

توصف النباتات المقاومة للفيرس بأشكال مختلفة من التعبير المظهري، وهي:

1. المقاومة نبات– نبات plant – to – plant، اي تقل حركة الفايرس long distance transmission (مثالها مستوى تلوث البذور).

2. تثبيط التضاعف الخلوي او تكاثر الخلايا المصابة او ما يعرف " المناعة الحقيقية" true immunity و،

3. المقاومة للاصابة من خلال ما يعرف " الاستجابة لفرط الحساسية" hypersensitive response و،

4. المقاومة لإنتقال الفيرس (من خلية الى اخرى) من الخلايا المصابة اولياً، والتي غالباً ما تنتج من غير اعراض واضحة، او ما يسمى "إصابة لا شعورية subliminal infection و،

5. التحمل و/ او توهين الاعراض attenuation symptoms، وكما يوضحها الجدول (6–4) بحسب Gomez واخرون (2009) و Fraser (1993) و Cooper و jones (1983).

الجدول (6–4): المصطلحات المتعلقة بمقاومة النبات للفيرس

Resistance	قابلية السلالات او الاصناف في كبح او تقليل او تأخير الجروح او الاضرا التي يسببها الفيرس في انواع نباتية محددة للعائل. هناك مستويات للمقاومة اقواها هي المناعة في التعبير عن الصفة.
Immunity	المقاومة المطلقة للاصابة. اذ لا يمكن تحديد الفيرس بعد الحضانة المؤكدة و/ او التعرض للنواقل الشبيهة، تكرار او انتقال الفايرس غير محدد.
Hypersensitive response	ينتج عن التحورات النسيجية، المظهرية والكيموحياتية المتحورة التي يستحدثها الفيرس في موقع التقييد المكاني. يتم التوصيف المظهري عادةً بالافة في الموقع وتعتد على عوامل عديدة (زماني/مكاني، التنوع، عزلات الفيرس والبيئة)
Tolerance	يصاب النبات موقعيا وبشكل منهجي بالفيرس المتكرر، ولكن أعراض الاصابة غائبة او طفيفة.
Isolate	تؤخذ عينة الفيرس من العائل النباتي وتنقى او مباشرة من الناقل باستخدام ستراتيجيات التوصيف الجزيئي او الحيوي.
Strain	متغاير الفيرس تتم بمشاركة للتوصيف الجزيئي، المصلي والحيوي مع طبيعة النوع النباتي. يمكن ان تعَرف ايضاً من حيث تركيبة الفوعة في مختلف العوائل وتغايراتها الجينومية.
Pathotype	تقسيم تغايرات الفيرس على وفق قابليتها في الاصابة للاصناف والعوائل المرتبطة وتوصيف عوامل المقاومة
Resistance breakdown	تحدث عندما يستطيع متغاير نوع الفيرس ان يصيب او يلتصق بالصنف الاقتصادي وتظهر المقاومة لكونه يحمل موقع/ جين المقاومة ويصبح متغلباً على مجتمع الفيرس.

Gene silencing system of the host plant	وهي مختلف انظمة الدفاع النباتي المستخدمة ضد الفيرس، حيث يتم كبح مكونات الجينوم الفيروسي المهمة لعملية الاصابة. استخدمت هذه الآليات في اهداف ستراتيجية لتطوير نباتات معدلة وراثياً لمقاومة الفيرس.
Viral suppressors of gene silencing	تكون بعض الفيروسات غير قادرة على الانظمة الدفاعية للنبات و/ او القدرة على كبح الجين في العائل النباتي، مما يؤدي الى تعطيل آليات المقاومة و/ او تسهيل عملية الاصابة. تتضمن هذه الفيروسات آليات الدفاع المضاد بوجود مثبطات كبح الـ RNA وتبني تشكل الـ RNA المتحمل.

انواع واجناس الفيروسات النباتية

من المهم ان ندرج اهم واكثر الفيروسات النباتية انتشاراً في العالم، من حيث تاثيرها العلمي والاقتصادي (Scholthof واخرون، 2011)ن متضمنةً:

- فايرس موزاييك التبغ *Tobamovirus*
- فايرس تجعد الاوراق الاصفر *Begomovirus*
- فايرس الذبول المبرقش *Tospovirus*
- فايرس موزاييك الخيار *Cucumovirus*
- فايرس الكسافا الافريقية *Begomovirus*
- فايرس جدري الخوخ (البرقوق) *Potyvirus*
- فايرس موزاييك الاناناس *Bromovirus*
- فايرس البطاطا *Potexvirus*

ونوعي الفيرس:

- فايرس الحمضيات *Citrus tristeza* و
- فايرس التقزم الافر في الشعير Luterovirus

تمثل محاصيل الخضر الانواع المنزرعة الأكثر تأثرا بمسببات الامراض الفيروسية.

تربية النبات لمقاومة الامراض الفيروسية

نستعرض الأنظمة الممرضة المحددة وجينات المقاومة المستخدمة في التحكم بالأمراض الفيروسية التي تصيب المحاصيل البستنية، وبالخصوص الاجناس الستة الاولى المذكورة آنفاً. تعد صفة المقاومة للإصابة بالفيرس في الغالب صفة نوعية، تتأثر قليلاً بالبيئة، ونسبة توريثها من الاباء الى الذرية عالية. لذا، فان طرائق التربية المتبعة لهذا الهدف هي نفس الطرائق التقليدية المتبعة في تحسين الصفات النوعية، سواءً في محاصيل ذاتية او خلطية التلقيح. ان دمج المقاومة للفيرس تعتمد في الاساس على الانتخاب الفردي للنباتات او الستابل او العرانيص او الثمار، وبحسب المحصول، اي تطبيق برامج التربية بالانتخاب الكمي او الاجمالي والانتخاب الإجنالي الطبقي والتضريب الرجعي وغيرها، وبشكل مباشر (مقاوم او

حساس)، ومن المحتمل ان يطبق ذلك في المراحل الاولية لتسريع التحصيل من الانتخاب selection gain. لنأخذ مثالاً لبرنامج التربية لأحد الفايروسات (Boiteux واخرون، 2012.) وكما يأتي:

- **التربية لمقاومة فيرس من أنواع *Potyvirus***

أ. الفلفل الحلو والفلفل الحار

تم توصيف 8 جينات لمقاومة فيرس الموزاييك الاصفر في انواع مختلفة من الفلفل Pepper yellow moszic virus (PepYMV)، وعلى الأقل 5 انواع اخرى من *Potyvirus*. تم توصيف جينات *pvr-1* (من الفلفل الصيني *Capsicum annuum*) وسلسلة أليلاتها *pvr-2* (*pvr-2*^{1} و *pvr-2*^{2}) والبدء بترميز عامل الترجمة لبروتينات من نوع 4E في حقيقية النوى (LeGall واخرون، 2011). تم جمع موقع الصفة الكمية للنوع *C. frutescens* المعمر مع *pvr-1*^{2} وسمي *pvr-1*^{3}. تم تثبيت الاليلات في الوقت الحاضر *pvr-2*^{1} و *pvr-2*^{2} و *pvr-2*^{3} وكذلك جين pvr-1 لتحتل نفس موقع الصفة الكمية ليعاد تسميتها بسلسلة الأليلات الاعضاء pvr-1 و pvr-11 و pvr-12 و pvr-13 (Wang و Bosland، 2006). الجين السائد Pvr-4 (فعال ضد معظم متغيرات PVY) والجين المتنحي prv-5 (جين التحكم في مقاومة PVY pathotype-0) في C. annuum ورمزه "CM-334". كما تم تمييز جين متنحي آخر في C. frutescens "المعمرة" ويطلق عليه اسم prv-6 ، وهو مكمل لموقع prv-1. الجين السائد وتم تمييز Pvr-7 (وثيق الصلة بـ Pvr-4) في C. chinense وهو فعال ضد أنواع Potyvirus في الولايات المتحدة الأمريكية. تم تمييز الجين المتنحي prv-8 أيضًا في "CM-334" ضد عزلات إسبانية الاصل. يعزل PVY الذي يصيب الفلفل، إذ يقسم إلى ثلاثة أنماط مرضية بحسب القدرة على كسر المقاومة بالأليلات المتنحية من سلسلة pvr-1. تعد عدوى PVY في البرازيل، العامل المحدد الرئيس لإنتاج الفليفلة منذ الستينيات. في أوائل التسعينيات، ظهرت عزلة PVY جديدة (تسمى PVYm) كتهديد لمحصول الفلفل الحلو بسبب قدرتها على كسر مقاومة فيروسات (Nagai، 1993). كانت ضراوة الفوعة PVYm مماثلة للعزلات الممرضة PVY 1 ، .2 ومع ذلك، اظهرتتحليلات تسلسل الجينوم أن PVYm يمثل نوعًا جديدًا من (PepYMV، Inoue-Nagata واخرون،2002).

التقدم في تربية النباتات البستنية لمقاومة الأمراض الفيروسية

تستخدم ألانظمة الممرضة وجينات المقاومة المحددة في السيطرة على ألامراض الفيروسية في المحاصيل الحقلية والبستنية. تم في اعلاه مناقشة بإيجاز التقدم المتحقق في المقاومة ضد الأنواع التي تنتمي إلى احد أجناس الفيروسات الموصوفة. ان مقاومة الفيروسات بشكل عام تمثل ألصفة النوعية التي لا تتأثر إلا قليلاً بالبيئة؛ أي أن نسبة توريث الصفة عالية، وبالتالي ، فإن طرق التربية المستخدمة لغرض الدمج تعتمد المقاومة على الانتخاب الفردي (على سبيل المثال، الانتخاب الاجمالي، الانتخاب الاجمالي الطبقي والتضريب الرجعي وغيرها من طرائق

التربية) والتي تعتمد احد أمرين، فإما حساس او مقاوم، وبالإمكان إجراء الانتخاب في مراحل مبكرة لتسريع التحصيل الوراثي المتحقق من الانتخاب (Boiteux واخرون، 2012.).

يتبين مما سبق، ان برامج التربية والتحسين لمقاومة مسببات الاصابة النبات هي نفس طرائق التربية المتداولة في تحسين الصفات النوعية التي يحكمها عدد قليل من الجينات، ولكن واقع الحال يؤشر عدم سهولة التطبيق العلي، بل انها معقدة وتحتاج الى التقنيات الجزيئية الحديثة لمرافقة طرائق التربية السائدة لتحقيق صفة المقاومة الوراثية وباستمرار، حيث تطور الفيرس وتطبعه لكسر المقاومة ولو بعد سنين.

أهم المراجع

صالح، حمود مهيدي وهادي مهدي عبود وفرقد عبد الرحيم عبد الفتاح، 1992. نقل صفة مقاومة الديدان الثعبانية في الطماطه. تقرير داخلي. منظمة الطاقة الذرية العراقية، دائرة الابحاث العلمية، مركز اللبحوث الزراعية والبيولوجية.

شوكت، بهجت عبد اللطيف. 1982. فايروسات النبات: خصائصها، لامراض التي تسببها ومقاومتها. مطابع مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، الجمهورية العراقية.

- Al-Hamdany, M. A.; M.M. Salih; and I. A. Al-Dulaimi. 1989. Inheritance of mildew resistance in barey. 2nd Sci. Conf., Iraqi nce, key for sBook of Abstracts.
- Botton, M. D.; J. A. Kolmer; and D. F. Garvin. 2008. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina.* Molecular Plant Pathology 9(5): 563-575.
- Boiteux, L. S.; M. E. de Noronha Fonseca; J. V. Vieira; and R. de Cássia Pereira-Carvalho.2012. breeding for resistance to viral diseases. In R. Fritche-Neto and A. Borém (eds.), Plant breeding for biotic stress resistance, doi: 10.1007/978/-3-642-33087-2_4
- Browing, J. A. 1963. Teaching and applying the gene for gene hypothesis for interactions host: Parasite system. J. Ia. Acad. Sci. 70: 120-125.
- CABI. 2012. Disease resistance in wheat. 1st ed. CABI Wallingford, Oxfordshire; Cambridge, MA.
- Chen, X. 2013. High-temperature adult-plant resistance, key for sustainable control of stripe rust. Am. J. Pant Sci. 4: 608-627.
- Chen, X.; and R. F. Line. 1992. Inheritance of stripe rust in wheat cultivars used to differentiate races of *Puccinia striiformis* in north America. Phytopathology. 82: 633-637.
- Chhetri, M.; U. Bansal; A. Toor; E. Lagudah; and H. Bariana. 2016. Genomic regions conferring resistance to rust diseases of wheat in a W195/BTSS mapping population. Euphytica 209: 637-649.
- Chi, M.; C. W. Hiebert; C.A. McCartney; and Z. Zhang. 2019. Mapping nd DNAarker development for *Lr33* from the leaf rust resistant line KU168-2. Euphytica 215:29 https://doi.org/10.1007/s10681-019-2343-3
- Christ,B. J.; C. O. Person; nd D. O. Pope. 1987. The genetic determination of variation in pathogenecity. In M. S. Wolfe and C. E. Caten (eds.). Population of plant pathogens-their dynamics nd genetics. Blackell sci. Publ., Oxford, London, Edinburgh.
- Dracatos, P. M.; P. Zhang; R. F. Par; R. A. mclntoch; and C. R. Wellings. 2016. Complementary resistance genes in wheat selection 'Avocet R' confer resistance to stripe rust. TAG Theoretical and Applied genetics. Theoretische und Angewandte Genetik 129(1) 65-76.

- Ellis,J. G.; E. S. Lagudah; W. Spieleyer; and P. N. Dodds. 2014. The past, present and future of breeding rust resistant wheat. Front Plant Sci. 5:641.
- Flor, H.H. 1956. The complementary genic systems in fax and flax rust. Adv. Genet. 8: 29-54.
- Frey, K. J. I. 1982. Multiline breeding. 43-71. In I. K. Nasil; W. R. Scowcroft and K. J. Frey (eds.). Plant improvement and somatic cell genetics. Academic Press, new York.
- Frey, K. J. I.; J. A. Browing and m. D. Simons. 1973. Management of host sesistance genes to control diseases. Z Pflanzenzuchtg. 80: 160-180.
- Gessese, M. K. 2019. Review of concepts and methods of genetic characterization and breeding wheat for resistance to rusts. Agri. Res & Tech: Open Access L. 22(4); Dio:1019160/ARTOAJ.2019.22556216 HTTP://dx.doi.org/1019160/ARTOAJ.2019.22556216
- Hooker, A. L. 1983. Breeding to control pests. 199-230. In D. R. Wood (ed). Crop breeding. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Hueta-Espino, J.; R. P. Singh; S. Germán; B. D. Mc Callum; taust caused by *Puccinia triticina*. Euphytica 179:143-160.
- Karquist, E.; X. Chen; and A. Carter. 2016. Novel QTL for stripe rust resistance on chromosomes 4A and 6B in soft white winter wheat cultivars. Agronomy. 6:4.
- Kolmer, J. 2013. Leaf rust of wheat: Pathogen biology, variation and host resistance. Forests 4:70-84.
- Lin, C.; G. M. Rosewarne; R. P. Singh; S. A. Herrera-Foessel; J. Hueta-Espino. 2014. QTL characterization of resistance to leaf rust and stripe rust in the spring wheat line Francolin#1. Molecular Breeding 34:789-803.
- Ma, Y.; and G. Berkowitz. 2012. Biotic stress signaling: Calcium-ediated pathogen defence programmes. P. 291-309. In Shabala (ed.). Plant stress physiology. CAB International, USA.
- Mclntosh, R.; J. Dubcovsky; W.Rogers; and R. Appels. 2015-2016. Catalogue of gene symbols for wheat.
- Mclntosh, R.; J. Dubcovsky; W.Rogers; and R. Appels. 2013-2014. Catalogue of gene symbols for wheat.
- Mclntosh, R.; J. Dubcovsky; W.Rogers; and R. Appels. 2012. Catalogue of gene symbols for wheat.
- Nelson, R.R. 1973. The use of reistance gene to crub population shifts in plant pathogens. 49-66. In R. R. Nelson (ed). Breeding plants for disease resistance. Concept and applications. Pensylvania State Un.versity, Park.Bancal; P. Bancal; I. J. Bingham; and J. Foulkes. 2013. Crop architecture and crop tolerance to fungal diases and insect herbivoy. Mechanisms to limit crop losses. Eur. Plant Pathol. 135: 561-580.
- Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. Macmillan, Newyork. Nice, L.M., B.J. Steffenson, G.L. Brown-Guedira, E.D.

Akhunov, C. Liu, T.J.Y. Kono et al. 2016. Development and genetic characterization of an advanced backcross-nested association mapping (AB-NAM) population of wild cultivated barley. Genetics 203:1453–1467.doi:10.1534/genetics.116.190736

- Park, R. F. 2008. Breeding cereals for rust resistance in Australia. Plant Pathology 57: 591-602.
- Park, R. F.; and R. A. Mclintosh. 1994. Adult plant resistances to *Puccinia recondite* f sp. *tritici* in wheat. New Zealand J. Crop and Holticultural Science 22: 151-158.
- Reynolds, M. P.; N. E. Borlaug. 2006. Applying innovation and new technologies for international collaborative wheat improvement. The journal of Agricultural Science 144:95.
- Singh, A.; M. P. Pandey; A. K. Singh; R. E. Knox; K. Ammar; J. M. Clarke. 2013. Identification and mapping of leaf, stem and stripe rust resistance quantitative trait loci and thrir interactions in durum wheat. Molecular Breeding: New Strategies in Plant Improvement. 31: 405-418.
- Singh, R. P.; D. P. hodson; E. J. Huetra; Y. Jin; and S. Bhavani. 2011.b the emergence of Ug99 races of the stem rust fungus is athreat to world wheat production. Annual Rev phytopath. 49:465-481 (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21568701)
- Stakmann, E. C. and F. J. Piemisal. 1917. Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. J. Agric. Res. 10: 429-495.
- Van der Plank; 1963. Plant diseases. Epidemics and control. Acad. Press. New York.
- Van der Plank; 1968. Disease resistance in plants. Acad. Press. New York.

الفصل السابع

التهجين الرجعي Backcross

يقصد بالتهجين او التضريب الرجعي ان يعاد استخدام احد أبوي الذرية الناتجه في عملية التزاوج والانتاج مع الذري الناتجة، وتتم في الغالب لخمس او سته اجيال بهدف الوصول الى ذرية تشبه الاب الذي يتكرر التهجين معه بنسبه عاليه (اكثر من 95%) والذي يسمى " الاب التكراري". تستخدم طريقة التهجين (لتضريب الرجعي) الرجعي في تحسين الاصناف التي تفتقد صفة معينة، فسميت بذلك اعتماداً على اعادة التهجين للنسل الناتج مع احد الابوين. يسمى الاب الواهب للجينات المرغوبة "الاب غير التكراري Non-recurrent parent" مثلما يسمى ايضاً " الاب الواهب donor parent" حيث يستخدم لمرة واحدة في برنامج التهجين ولا تكون هناك حاجة لتكرار استخدامه بعد نجاح عملية التهجين. يسمى الاب المستقبل (الاب الثاني) الذي يراد ان تنقل له الصفة المرغوبة التي تنقصه "الاب التكراري"، اذ تتم العودة اليه في كل تهجين لاحق خلال دورة التهجين الرجعي. ربما يكون Pope و Harlan (1922) هما اول من حدد اهمية استخدام التهجين الرجعي لتحسين نباتات المحاصيل، اذ لاحظا امكانية استخدام التهجين الرجعي لعدة سنوات في برامج تربية الحيوان لأجل تثبيت الصفات المرغوبة، واشارا الى كفاءة استخدام هذا الاسلوب في تحسين محاصيل الحبوب. ارتبط التحسين الوراثي لهذين الباحثين باصناف الشعير ذات السفا الناعم smooth awns بدلا من استخدام اصناف الشعير ذات السفا الخشن rough awns والتي كانت منتشرة في الاصناف السائدة انذاك. يتطلب برنامج التهجين الرجعي استقدام او ادخال الصنف او الاصناف الي يراد نقل الصفة المرغوبة منها لأجل تهجينها مع الصنف السائد الذي تنقصه هذه الصفة. قام هذان الباحثان بعمل تهجينات بين الشعير ذي السفا الناعم والاصناف المرغوبة لديهم تجارياً مثل الصنف منشوريا، ولم تأت نتائج الانعزال مساوية لحاصل الاب منشويا، فقررا نقل صفة السفا الناعم اليه باسلوب التهجين الرجعي، فاستخدما انعزالاً من الشعير ذي الستة صفوف والابيض وبالسفا الناعم والذي كانا قد حصلا عليه من انعزال التهجين السابق، فاستخدماه كأب واهب لصفة السفا الناعم وتم تضريبه رجعياً لجيل واحد فلاحظا بان الذرية الناتجة تشبه الصنف منشوريا اكثر مما هو ملاحظ سابقاً في مجتمع الهجين الفردي. جمعت البذور المرغوبة وكثرت بسرعة لأجل تعميم زراعتها. اعتمد اسلوب التهجين الرجعي في الكثير من انواع المحاصيل فيما بعد وتم اعتباره طريقة من طرائق التربية التي تخدم نقل صفات المقاومة للامراض.

الشروط الواجب توفرها في أباء الهجين الرجعي

لابد ان تتوفر كافة الشروط المرغوبة في التركيب الوراثي للاب التكراري باستثناء الصفة التي يراد احلالها او تحسينها بالتضريب الرجعي من الاب غير التكراري. اي بمعنى ان التضريب الرجعي سيهتم بنقل الصفة المرغوبة بالدرجة الاساس ولا يقتضي العمل على تحسين الصفات الاخرى، فاذا كانت صفات الاب التكراري ادنى قيمة من صفات الاب غير التكراري

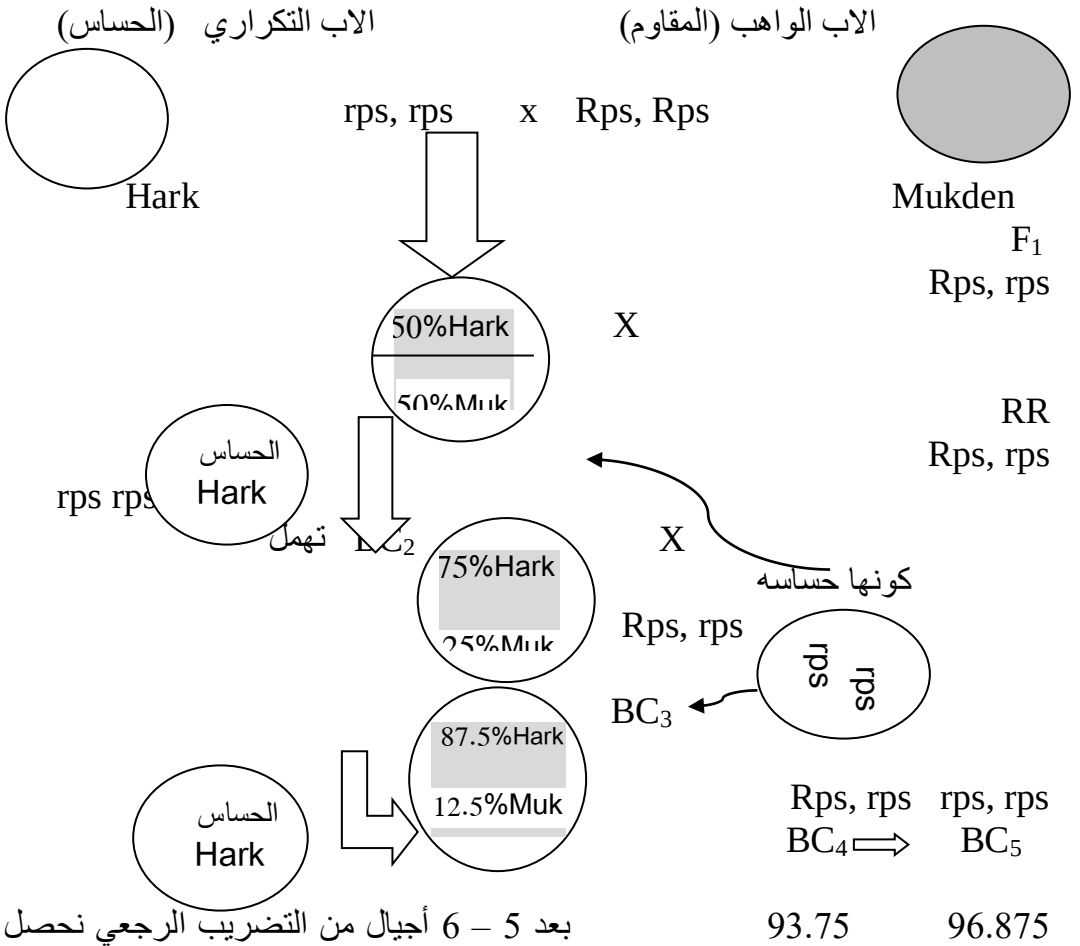
(الاب الواهب للصفة) بالاضافة الى الصفة التي يراد نقلها، فان برنامج التحسين يقتضي بقاء هذه الصفات على حالها دون تحسين حتى اكتمال نقل الصفة وبرنامج التربية، وبخلاف ذلك فانه يتطلب مراجعة عملية اختيار الاباء. تعد عملية انتخاب الاب التكراري في برامج التضريب الرجعي خطوة مهمة واساسية لنجاح العمل التطبيقي. اما الشروط الواجب توفرها في الاب الواهب للصفة فانها تفترض توفر جينات الصفة التي يراد نقلها الى الاب التكراري، مع الاخذ بنظر الاعتبار عدم وجود تدهور كبير في الصفات المرغوبة الاخرى.

يعتمد اسلوب التضريب الرجعي على التحكم الوراثي في الصفة المطلوب نقلها وبالتالي الحاجة الى اختبار ذرية النباتات التي تحدد التركيب الوراثي المطلوب. يكون التضريب الرجعي في ابسط حالاته عندما تتحكم الجينات المتغلبة في الصفة المرغوبة، فيتم تقييم الصفة من خلال نبات واحد قبل مرحلة التزهير. وجد Otacilio واخرون (2022) ان ازدياد درجة القرابة الوراثية والتابه الوراثيبين كلاً من الاب الواهب والاب التكراري يقق عدد اجيال التضريب الرجعي، وكما اثبتت المؤشرات اجزيئية للتهجين الرجعي في محصول الذرة. نستعرض اسلوب التهجين الرجعي لنقل صفة المقاومة لمرض ما حيث يتحكم في الصفة جين واحد.

الموسم الاول: يتم الحصول على نباتات الجيل الاول من تهجين الاب التكراري الحساس للمسبب المرضي (rr) مع الاب الواهب (غير التكراري) المقاوم للمسبب المرضي (RR). فتكون البذور الهجينة (F_1) مقاومة للمرض وتحمل جينات (Rr) بنسبة متساوية قدرها 50% من كل من الابوين.

الموسم الثاني: يتم تهجين نباتات الجيل الاول (F_1) مع الاب التكراري الحساس للمسبب المرضي (rr) للحصول على بذور التضريب الرجعي الاول (BC_1) فتحمل النسبة الجينية 25% Rr و 75% rr.

الموسم الثالث: يتم تقييم نباتات (BC_1F_1) قبل مرحلة التزهير وتستبعد النباتات الحساسة من عملية التهجين، بينما يتم تهجين النباتات المقاومة للمسبب المرضي والحاملة لجينات (Rr) مع الاب التكراري (rr) للحصول على بذور (BC_2F_1) فتكون النسبة الجينية 12.5% Rr و 87.5% rr.



الشكل (7-1): نقل جين متغلب من احد الاصناف الى آخر بالتهجين الرجعي.

الموسم الرابع: يتم تقييم نباتات (BC_2F_1) قبل مرحلة التزهير للحساسية المرضية، اذ تستبعد النباتات الحساسة من برنامج التهجين الرجعي، ويتم التضريب مع النباتات المقاومة للمسبب المرضي في فترة التزهير مع الاب التكراري للحصول على بذور (BC_3F_1) فتكون النسبة الجينية 6.25% Rr و 93.875% rr.

الموسم الخامس: تجرى نفس الاعمال السابقة كما في الموسمين الثالث والرابع للحصول على (BC_4F_1). تكون نسبة التشابه الجيني مع الاب التكراري 95.5%.

الموسم السادس: يتم تقيم نباتات (BC_4F_1) للحساسية المرضية قبل التزهير وكما في الموسم الثلاثة السابقة، وتستبعد النباتات الحساسة التي تحمل جينات rr للحصول على (BC_5F_1) فتتشابه التركيبة الوراثية مع الاب التكراري بنسبة 96.325%. يتم اجراء التلقيح الذاتي للنباتات المقاومة للمسبب المرضي، وتحصد بذور (BC_4F_2) عند النضج.

الموسم السابع: يتم الانعزال الجيني في نباتات (BC_4F_2) بنسبة 25% RR و 50% Rr و 25% rr. ان تقييم نباتات (BC_4F_2) للحساسية المرضية لأستبعاد النباتات الحاملة لجين rr من اهم الاجراءات التي ينجزها مربي النبات، اما نباتات Rr و RR فتبدي مقاومة للمسبب

المرضي بوضوح، فيتم اجراء التلقيح الذاتي تحصد بذور كل نبات بصورة منفصلة وعدم خلطها مع بعض.

الموسم الثامن: والمواسم اللاحقة: تختبر ذرية النباتات النامية قبل التزهير بنفس الاسلوب السابق وتستبعد النباتات الحساسة من انعزال الجين Rr بينما يستكمل العمل بالتلقيح الذاتي لنباتات RR كونها مقاومة للاصابة بنسبة 100%.

من المهم الاشارة الى بعض الصفات المرغوبة والمحكومة بجينات متغلبة، حيث لا يمكن اجراء تقييمها لحين اكتمال التزهير. يتطلب في بعض الاحيان تغيير الاسلوب المستخدم في نقل جين متغلب واحد الى الاسلوب الذي يستوجب استبعاد ليس فقط النباتات المصابة، بل استبعاد بذورها ايضاً من برنامج التهجين الرجعي، مثلما يتطلب اجراء التهجين الرجعي مع الاب التكراري لعدد كبير من النباتات لأحتمال ظهور الكثير من النباتات الحساسة للمسبب المرضي، مثلما يراد تطبيق التلقيح الذاتي في المواسم المشار اليها انفاً، حيث احتمال صعوبة تحديد حساسية النباتات قبل مرحلة التزهير.

اما اذا كانت الصفة المطلوب نقلها من الاب الواهب الى الاب التكراري متنحيه، فان اختبار الذرية واجراء التقييم ضروري وملزم ضمن برنامج التهجين الرجعي، اذ يستخدم اختبار الذرية عندما لا يمكن اجراء التقييم في البيئه التي تم إجراء التهجين الرجعي فيها لتحكم الاليل المتغلب او المتنحي بالتركيب المظهري المرغوب. وعليه، سندرج مثالاً اخراً لنقل جين متنحي في اقصر وقت ممكن، عندما يكون اختبار الذرية ضرورياً لتحديد التركيب الوراثي المرغوب لنسل التهجين الرجعي:

الموسم الاول: يجرى التهجين بين نباتات الاب التكراري الحساس للمسبب المرضي RR والاب التكراري الواهب لجين المقاومة rr للحصول على بذور الجيل الاول F_1 الحاملة للتوليفة الجينية Rr.

الموسم الثاني: تهجن نباتات F_1 مع الاب التكراري RR للحصول على بذور BC_1F_1 حيث تكون النسبة الجينية 50% RR و50% Rr ايضاً. يكون التركيب المظهري لكلا التركيبين مقاوماً للمسبب المرضي. لأستكمال برنامج التضريب الرجعي باقل عدد ممكن من المواسم الزراعية، لابد من القيام باجراء التلقيح الذاتي لنباتات BC_1F_1 للحصول على الذرية BC_1F_2 لأجل اختبارها.

الموسم الثالث: تزرع بذور التلقيح الذاتي BC_1F_2 لاختبار ذرية كل نبات BC_1F_1 قبل تزهير نباتات BC_1F_1. ان نباتات BC_1F_1 الحاملة للجينات النقية للصفة RR والتي تكون حساسة للمسبب المرضي ستكون جميعها مصابة اما الذرية BC_1F_2 التي تحمل الجين الخليط (المختلف) وراثياً Rr سيتم فيها الانعزال الوراثي نتيجة التلقيح الذاتي الى RR و Rr و rr وهذه الاخيرة rr ستمثل النباتات المقاومة التي يتم تضريبها مع الاب التكراري لأنتاج بذور BC_2F_1، بينما يتم استبعاد النباتات الحاملة للجين RR و Rr من برنامج التربية.

الموسمين الرابع والخامس: تزرع بذور BC_2F_1 ويجرى التلقيح الذاتي لها لأنتاج بذور BC_2F_2ويتم اختبار الذرية كما في الموسم الثالث قبل التزهير. يتم تضريب النباتات الحاملة لجين rr المقاومة للمسبب المرضي مع الاب التكراري لأنتاج بذورBC_3F.

الموسمين السادس والسابع: يستمر برنامج الاختبار والتضريب كما في الموسمين السابقين لأنتاج بذور BC_4F_1.

الموسم الثامن والمواسم اللاحقة: يتم تقييم العوائل النباتية لأهم الصفات المرغوبة من خلال مقارنتها مع الاب التكراري الحساس للمسبب المرضي وتجمع بذور المنتخبات من النباتات لتحل محل الاب التكراري. يتم تحوير اسلوب التهجين الرجعي بعض الشيء عند تعذر تقييم الصفة في نفس البيئة التي جرى التهجين الرجعي فيها في المواسم من الرابع – الثامن. يتم خلال الموسم الثامن والمواسم اللاحقة تقييم النباتات المتماثلة لجين المقاومة من حيث ادائها وسلوكها المشابه للاب التكراري. ان اسلوب اختبار وتقييم الذرية من حيث وجود جين المقاومة يزيد عدد المواسم الزراعية في برنامج التهجين الرجعي.

المثال التالي يوضح كيفية نقل جين المقاومة المتنحي لمرض ما بافتراض تعذر تقييم الذرية الى ما بعد انتهاء التلقيح باستخدام اربعة تضريبات رجعية.

الموسم الاول: يتم التهجين بين نباتات الاب التكراري والاب الواهب للصفة، تجمع بذور الجيل الاول الحاملة للجين Rr.

الموسم الثاني: تهجن نباتات الجيل الاول مع الاب التكراري الذي يراد تحسن صفة المقاومة والحصول على BC_1F_1 والذي سيكون تركيبه الوراثي حاملا لجينات RR و Rr بنسبة 50% لكل منهما.

الموسم الثالث: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات BC_1F_1 وتجمع البذور في نهاية الموسم بطريقة منفصلة لكل نبات او سنبلة.

الموسم الرابع: تزرع ذرية النباتات BC_1F_2 ويتم متابعة النباتات المقاومة للمسبب المرضي فيتم تضريبها مع الاب التكراري لأنتاج بذور BC_2F_1.

الموسمين الخامس والسادس: كما في الموسمين الثالث والرابع، حيث تنتج بذور BC_3F_1.

الموسمين السابع والثامن: كما في الموسمين الخامس والسادس وتنتج بذور BC_4F_1.

الموسم التاسع: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات BC_4F_1 والحصول على بذور BC_4F_2 والتي ستنعزل بنسبة جينية 25% للجين المتنحي.

الاسس الوراثية المطلوبة في برامج التهجين الرجعي Genetic Considerations Required For Backcross Programs

انتخاب الاب الانثوي selection of the female parent

يكون سايتوبلازم الذرية الناتجة من اي تهجين مماثلاً لسايتوبلازم الكاميتات الانثوية، اذ يورث 50% من النسبة الجينية و100% سايتوبلازم الاب الانثوي. لذا وجب تحديد طبيعة النباتات المستخدمة كأم في برنامج التهجين وكذلك التهجينات الرجعية اللاحقة. ان اهمية انتخاب الاب الانثوي على درجة من الاهمية في برامج استخدام العقم الذكري السايتوبلازمي، فانتاج السلالات الخصبة ذكرياً ذات السايتوبلازم الطبيعي والحاوية على جينات اعادة او تجديد الخصوبة B line يتم تحويلها الى سلالات عقيمة سايتوبلازمياً A line فتستخدم كأباء انثوية عقيمة ذكياً في عملية التهجين. تستخدم في بعض برامج التهجين السلالة العقيمة ذكرياً ذات السايتوبلازم العقيم غير الحاوية على جينات اعادة الخصوبة الذكرية كامهات في اول تهجين، وان نباتات الهجن الناتجة منها وبذور التهجينات الرجعية التي تليها ستكون عقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً، مما يتطلب اعادة الخصوبة الذكرية لها. اما اذا كان سايتوبلازم الاب غير التكراري مرغوباً فيه وعند عدم استخدام العقم الذكري السايتوبلازمي، فيستخدم الاب غير التكراري اباً انثوياً في اول تهجين. وفي التهجينات الرجعية لابد ان يكون الاب التكراري واهباً لحبوب اللقاح لأجل الحفاظ على سايتوبلازم الاب غير التكراري في الذرية الناتجة.

احتمال نقل الجينات المرغوبة Probability of transferring the desired genes

ان احتمال الحصول على الجينات المرغوبة من خلال التضريب الرجعي يعتمد على التكرار المتوقع للنباتات التي تمتلك هذه الجينات وعدد النباتات التي يمكن الحصول عليها. من الممكن حساب عدد البذور او النباتات المطلوبة التي تعطي احتمالاً مؤكداً في استحصال هذه الجينات المرغوبة.

زودنا Sedcole سنة 1977 بابعة طرق لحساب العدد الكلي للنباتات المطلوبة للحصول على واحد او اكثر من النباتات التي تحوي الجينات المرغوبة. اختلفت هذه الطرق عن بعضها في دقة الحساب من جهة وتعقيدات عملية الحساب والتقدير من جهة ثانية، فقام باستخدام الطريقة الاكثر كفاءة ودقة. استطاع الباحث من خلالها وضع جدول يمكن استخدامه لهذا الغرض في برامج التهجين الرجعي (الجدول 7 -1). بالنسبة للحالات التي لا يمكن ان يوفرها الجدول (7 -1)، فقد اشار Sedcole الى ان الطريقة المعول عليها يتم الحصول عليها من المعادلة التالية:

$$N = \frac{[2(r-0.5)+Z^2(1-q)+Z\{Z(1-q)2+4(1-q)\,(r-0.5)\}^{1/2}]}{2q}$$

تمثل n عدد النباتات المرغوبة وr العدد المطلوب من النباتات الحاملة للجينات المرغوبة و q تكرار النباتات الحاملة للجينات المرغوبة، اما Z فهو مقدار يوظف بحسب درجة الاحتمال. تكون قيمة Z مساوية لـ 1.645 عندما يكون مستوى الاحتمال P = 0.95، بينما تبلغ 2.326 عند مستوى الاحتمال 0.99

لتوضيح تطبيق المعادلة ندرج المثال التالي: r = 15 و q= 1/64 و p=0.95 اي ان قيمة Z = 1.645، لذا فان قيمة N هي:

$$N = \frac{[2(14.5) + (1.645)^2 (63/64) + (1.645)\{(1.645)(63/64)+4(63/64)+14.5\}^{1/2}}{2(1/64)}$$

N= 142.0

تجدر الاشارة الى اهمية الانتباه والاهتمام بالنسبة المئوية للانبات عند تحديد عدد البذور المطلوب زراعتها للحصول على عدد مؤكد من النباتات المرغوبة. إذ تطبق المعادلة التالية لتحقيق ذلك:

$$\text{عدد البذور الواجب زراعتها} = \frac{\text{عدد النباتات المطلوب الحصول عليها}}{\text{\% للانبات}}$$

فاذا كانت النسبة المئوية لأنبات البذور 80% وان عدد النباتات المطلوب هو 100 نبات، فان عدد البذور التي يجب زراعتها هو 100\ 0.80 = 125 بذرة (الجدول، 7-1).

الجدول (7-1): العدد الكلي للنباتات المطلوب للحصول على العدد المرغوب من النباتات الحاملة للجينات المرغوبة.

P*	q*	1	2	3	4	5	6	8	10	15
0.95	1/2	5	8	11	13	16	18	32	28	40
	1/3	8	13	17	21	25	29	43	54	62
	1/4	11	18	23	29	34	40	50	60	84
	1/8	32	37	49	60	71	82	103	123	172
	1/16	47	75	99	122	144	166	208	248	347
	1/32	95	150	200	246	291	334	418	500	797
	1/64	191	302	401	494	584	671	839	1002	1397
0.99	1/2	7	11	14	17	19	22	27	32	45
	1/4	17	24	31	37	43	49	60	70	96
	1/16	72	104	132	158	182	206	252	296	402
	1/32	146	210	266	281	286	316	508	597	804
	1/64	293	423	535	640	739	825	1020	1198	1623

*P تعني الاحتمال المطلوب لقيمة r من النباتات الحاملة للجينات المرغوبة، و**q تمثل تكرار النباتات للجينات المرغوبة.

إستعادة الجينات من الاب التكراري genes recovery of the recurrent parent

ان الهدف الاساس من برنامج التضريب الرجعي هو استعادة جينات الاب التكراري باستثناء جين او جينات الصفة التي يراد نقلها من الاب الواهب لها. يعتمد معدل استعادة جينات الصفات الابوية على كمية انتخاب الصفات الابوية في برنامج التضريب الرجعي، مثلما يعتمد على تلازم الصفات وارتباطها مع بعضها. بغياب الانتخاب والتلازم linkage، يزداد معدل انتقال الجينات التي تعود للاب التكراري في كل تضريب رجعي بمقدار نصف مجموع التركيب الوراثي للاب غير التكراري الموجود في جيل التضريب الرجعي السابق (الجدول، 2-

7). اما المعادلة العامة لمعدل استعادة جينات الاب التكراري فهي [1− $(1/2)^{n+1}$]، اذ ان n تمثل عدد التضريبات الرجعية مع الاب التكراري، وبالنسبه لأول تهجين يتم اجراؤه بين الابوين التكراري وغير التكراري تكون قيمة n مساوية للصفر، بينما تبلغ قيمتها واحد لأول تهجين رجعي.

الجدول (7−2): متوسط النسبة الابوية التي يتم الحصول عليها من الابوين في التهجين الرجعي.

الجيل	النسبة الابوية للاب	
	التكراري	الواهب
F_1	50.00	F_1
BC_1F_1	75.00	BC_1F_1
BC_2F_1	87.50	BC_2F_1
BC_3F_1	93.75	BC_3F_1
BC_4F_1	96.875	BC_4F_1
BC_5F_1	98.430	BC_5F_1

ان ما يعبر عن استعادة الجينات في كل جيل رجعي يتم نتيجة وجود التباين بين النباتات التي تنقل اليها الجينات الابوية. ينحرف هذا التباين بتكرار في كل جيل بسبب وجود التماثل في جينات الاب التكراري. اما تحديد نسبة النباتات المتماثلة فقد اوضحها Allard عام 1960 بالمعادلة: $(2m - 1)n$

نسبة النباتات (الافراد) المتماثلة =----------

2m

حيث ان m عدد التضريبات الرجعية للاب التكراري و n عدد المواقع المختلفة وراثياً0عدد الجينات التي تعبر عن اليلات مختلفة من كل من الاب التكراري والاب غير التكراري. تكون قيمة m مساوية للصفر لأول تضريب بين الابوين و m = 1 لأول تضريب رجعي. فاذا كان للابوين التكراري وغير التكراري 10 مواقع مختلفة، فان 0.1% اي نبات

واحد لكل 1000 نبات من نباتات BC_1F_1 و 6% من نباتات BC_2F_1 و26% من نباتات BC_3F_1 ستكون متماثلة للمواقع الاليلية العشرة للاب التكراري (الجدول 7–3). اما النباتات المتبقية فتكون تكراراتها مختلفة للمواقع الاليلية العشرة. لأجل توضيح ذلك، نأخذ المثال التالي: اذا كان عدد او تكرار النباتات الحاملة للجينات المرغوبة (q) = 1/2، واحتمال ضمان الحصول على هذه النباتات (p) = 0.95، فاننا الحصول على 5 نباتات حاملة للجينات المرغوبة من اصل 40 نبات ذي تضريب رجعي، سنحتاج 15 نبات يحمل الجينات المرغوبة. ان اجراء الانتخاب بين هذه الـ 15 نبات على اساس الاكثر تشابهاً للاب التكراري يمكن ان يعجل عملية استعادة جينات الاب التكراري.

الجدول (7–3): النسبة المئوية للنباتات المتماثلة في اليلات الاب التكراري لمختلف اجيال التضريب الرجعي.

عدد الجينات للاليلات الختلفة	جيل التضريب الرجعي					
	1	2	3	4	5	6
1	50.0	75.0	87.5	94.0	97.0	98.0
2	25.0	56.0	77.0	88.0	84.0	97.0
5	3.0	24.0	51.0	72.0	85.0	92.0
10	0.1	6.0	26.0	52.0	73.0	99.0

تأثير التلازم على استعادة جينات الاب التكراري Effect of linkage on recovery of genes of the recurrent parent

اول من ناقش تأثير التلازم الوراثي للجينات المراد استعادتها هما الباحثان Harlan و Pope عام 1922، اذ لاحظا ان التضريب الرجعي يقدم فرصة جيدة لحصول العبور الوراثي بين الجينات المرغوبة من الاب غير التكراري والجينات غير المرغوبة التي تتلازم معها وراثياً. مع افتراض ان المقاومة للمسبب المرضي R تتلازم مع الجين d غير المرغوب في الاب غير التكراري، بينما يمتلك الاب التكراري الاليلات rD، وان استعادة الكاميت المرغوب RD

بحصول العبور الوراثي بين Rd يكون فعالاً في التركيب الوراثي غير المتماثل وراثياً (Rd/rD) وليس في التركيب المتماثل (Rd/Rd) او التضريب الرجعي، اذ تكون كاميتات Rd المأخوذة من ذرية التضريب الرجعي متحدة مع كاميتات rD المأخوذة من كاميتات الاب التكراري لأنتاج نباتات (RdrD). يقلل التلقيح الذاتي النسبة المئوية للنباتات المختلفة وراثياً ويقل بالتالي احتمال حدوث العبور الوراثي الفعال.

ذكر Allard ان ازالة الجينات غير المرغوبة المرتبطة مع الجينات المرغوبة يمكن التعبير عنه بالمعادلة $1-(1-P)^{m-1}$، حيث انP تمثل كسر التوليفة بين الجينات المرتبطه، و m عدد التضريبات الرجعية. فاذا كان عدد التوليفات المكسورة = 0.1، فان احتمال ازالة الجينات غير المرغوبة دون اجراء الانتخاب في خمسة تضريبات رجعية $1-(1-0.1)^{5+1}$.

ان احتمال ازالة الجين غير المرغوب b المرتبط مع الجين المرغوب A باسلوب التلقيح الذاتي والتضريب الرجعي بدون اجراء الانتخاب يوضحها الجدول (7-4).

الجدول (7-4): تأثير التلازم على احتمال ازالة الجين غير المرغوب b المرتبط مع الجين المرغوب A.

التوليفة المكسورة	احتمال ازالة الجين غير المرغوب b باجراء	
	خمسة تهجينات	التلقيح الذاتي
0.50	0.98	0.50
0.20	0.74	0.20
0.10	0.47	0.10
0.02	0.11	0.02
0.01	0.06	0.01
0.001	0.006	0.001

الحفاظ على الأختلاف الوراثي للاب التكراري Retaining the heterogeneity of the recurrent parent.

تمتلك السلالات النقية لمحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح بعض الاختلاف الوراثي في الاصناف المستنبطة من التضريب الرجعي، لذا يتطلب استخدام عدد كبير من نباتات الاب التكراري في اخر تضريب رجعي. لايمكن اعطاء عدداً معيناً او عدداً ثابتاً بل لايقل هذا العدد عن 30 نبات.

التضريب الرجعي للصفات الكمية .Bakcrossing for quantitative characters

تتأثر الصفات الكمية في برامج التضريب الرجعي بعاملين هما:

عدد الجينات التي تتحكم بالصفة التي يراد نقلها ودور البيئه وتأثيرها في سلوك الجينات المرغوبة.

يتناقص عدد او تكرار التراكيب الوراثية المرغوبة بزيادة عدد الجينات، لذا لابد من زيادة عدد النباتات المزروعة لضمان الحصول على التراكيب المرغوبة. يتوضح ذلك من خلال الجدول (7-4).

يعتمد نجاح التضريب الرجعي على القدرة في تشخيص التراكيب الوراثية المرغوبة في كل جيل، وعندما يكون للبيئه تأثيراً كبيراً في سلوك الجينات المسؤولة عن الصفات الكمية، فان معرفة التراكيب الوراثية المرغوبة ليست سهلة، حيث ان نقل الصفات الكمية يتاثر بالاتي:

أ. انتخاب الاب غير التكراري ب. التلقيح الذاتي ت. اختبار الذرية

لابد من توضيح هذه التأثيرات بشيء من التفصيل وكما يأتي:

أ. انتخاب الاب غير التكراري

من الصعب، ان لم يكن من المستحيل اكتمال نقل الصفة المرغوبة من الاب غير التكراري مثلما هي. لتوضيح ذلك نأخذ المثال الذي يوضح انتخاب الاب غير التكراري الذي يتفوق على الاب التكراري بالتبكير بالنضج بعشرة ايام. اي ان هدف برنامج التربية هو استنباط صنف جديد يشابه الاب التكراري ولكنه يتفوق عليه بالتبكير بعشرة ايام. اثبتت النتائج العملية الملموسة امكنية تحقيق التبكير بالنضج بواقع 7-8 أيام عن الاب التكراري، اذ كان من الصعب جداً الحصول على اي سلالة مبكرة في النضج بعشرة ايام. وعليه، فان الاسلوب

البديل للحصول على هذا المستوى من التبكير بالنضج هو استخدام اباً غير تكرارياً يكون مبكر النضج بعشرين يوماً عن الاب التكراري، اذ يفقد النبات نصف حالة التبكير الموجودة في الاب غير التكراري عند نقل الصفة المرغوبة، وهذا بطبيعة الحال لا يتعدى هدف مربي النبات.

اما بالنسبة للصفة الكمية، فيفترض ان يتشابه الابوين المشتركين بالتضريب باكبر قدر ممكن ن الصفات، بل بجميعها باستثناء الصفة المطلوب نقلها من الاب غير التكراري. ان الانتخاب الدقيق للاب التكراري يقلل عدد اجيال التضريب الرجعي المطلوبة لأستعادة الصفات المرغوبة في السلالات الجديدة الشابهة للاب التكراري في جميع الصفات المرغوبة.

ب. التلقيح الذاتي

من البديهي ان يكون الجين الذي يسيطر على الصفة المرغوبة المطلوب نقلها الى الاب التكراري مختلفاً وراثياً بعد كل تضريب رجعي. تختلف نباتات التضريب الرجعي عن بعضها البعض بعدد الاليلات المرغوبة التي يتم الحصول عليها من الاب غير التكراري المستخدم في التهجين. يؤدي التلقيح الذاتي بعد كل تضريب رجعي الى زيادة عدد التراكيب الوراثية المختلفة، وان النباتات الملقحة ذاتياً يكون تكرار الاليلات المرغوبة فيها عالياً، وبعضها في حالة التماثل الوراثي مما يسهل تشخيصها عما هو عليه في نباتات التضريب الرجعي التي تكون فيها المواقع الجينية مختلفة وراثياً. تجدر الاشارة الى ان كل جيل من التلقيح الذاتي سيزيد من معرفة وتحديد المواقع الجينية المتماثلة وحالة التغاير بين النباتات. وعليه، فان اجراء الانتخاب بين نباتات الجيل الثاني او الاجيال التي تليه يكون مهماً وضرورياً.

ت. اختبار الذرية Projeny test

ان ممارسة الانتخاب لنبات واحد لا يكون كفوءاً لتحسين الصفات التي تتأثر كثيراً بالبيئة. فاختبار الذرية لنباتات التلقيح الذاتي وبشكل متكرر يمكن ان يحسن القدرة الوراثية genetic potential بطريقة يعول عليها في النباتات الفردية، كما يزيد فرصة استخدام التراكيب الوراثية ذات الصفات الانتاجية المرغوبة وبتكرار عال في التضريبات الرجعية. في المثال التالي، يكون هدف برنامج التضريب الرجعي تحسين محتوى البروتين في بذور سلالة نقية من مستواها الحالي (20%) الى المستوى المرغوب (25%). كان محتوى البروتين في الاب غير التكراري

المنتخب لبرنامج التضريب هو 30% ويشابه الاب التكراري باكبر قدر ممكن من الصفات الاخرى.

الموسم الاول: يتم فيه الحصول على البذور الهجينة من كلا الابوين التكراري وغير التكراري.

الموسم الثاني: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات الجيل الاول F_1 للحصول على بذور الجيل الانعزالي F_2 .

الموسم الثالث: تزرع بذور الجيل الانعزالي F_2 وبذور الاب التكراري والاب غير التكراري ليتم حصاد نباتاتها بصورة منفصلة في نهاية الموسم لأجل تقييم صفة محتوى البروتين في الجيل الثاني ولكلا الابوين، اذ يعاد اختبار الذرية لبذور الجيل الثالث التي انتجتها نباتات الجيل الثاني والتي ستعطي اعلى محتوى بروتين في الموسم الرابع لتمثل سلالات $F_{2:3}$.

الموسم الرابع: تزرع بذور الاختبار التي تم الحصول عليها ويتم تحديد السلالات التي تعطي اعلى محتوى بروتين لكيما تستخدم سلالات ابوية في اول تضريب رجعي في الموسم الخامس.

الموسم الخامس: تهجن البذور التي تم الحصول عليها من الجيل الثاني اصلاً والتي اظهرت احتواؤها على محتوى بروتيني عالي مع الاب التكراري لأنتاج بذور التضريب الرجعي الاول BC_1F_1.

الموسم السادس: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات التظريب الرجعي الاول للحصول على BC_1F_2.

الموسم السابع: تزرع بذور BC_1F_2 وتنتخب التي تعطي اعلى محتوى بروتيني لأجل اختبار ذريتها في الموسم الثامن باعتبارها بذور سلالات $BC_1F_{2:3}$.

الموسم الثامن: تختبر ذرية السلالات التي تم الحصول عليها من الموسم السابق $BC_1F_{2:3}$ لتشخيص بذور السلالات المتفوقة في محتواها البروتيني، فتمثل بذور السلالات الابوية للتضريب مع الاب التكراري وانتاج جيل التضريب الرجعي الثاني.

الموسم التاسع– الثاني عشر: يجرى التضريب الرجعي الثاني وتتبع نفس الخطوات في المواسم 5– 8 ...

يتم اجراء التضريبات الرجعية وفق ما يجده المربي ضرورياً ولحين تحقيق الهدف النهائي من حيث محتوى البروتين والصفات المهمة الاخرى، فتجمع بذور السلالات المتفوقة والمشابهة للاب التكراري ليتم اكثارها واحلالها محله.

عدد التضريبات الرجعية Number of backcrosses

يعتمد عدد التضريبات الرجعية المستخدمة في برنامج التضريب الرجعي على:

اهمية وضرورة استعادة صفات الاب التكراري

كمية (شدة) الانتخاب التي يفترض اجراؤها خلال التضريب الرجعي.

كمية ومقدار التشابه بين كلا الابوين الداخلين في برنامج التضريب.

فمقدار التلازم الوراثي الموجود بين الجينات (الصفات) المرغوبة وغير المرغوبة يجب ألا يقل عدد التضريبات الرجعية عن تضريب واحد ولا يفضل ان يزيد عن خمسة تضريبات رجعية. وفي الغالب فان اربعة تضريبات رجعية هي الاكثر شيوعاً، اذ يتم استعادة الصفات الاساسية من الاب التكراري. يزداد عدد التضريبات الرجعية عندما يكون اداء الاب غير التكراري ادنى من الاب التكراري في صفة او اكثر. ان استخدام الاصناف او التراكيب الوراثية المدخلة او البرية نسبياً بالنسبة للانواع المنزرعة، كآباء واهبة للصفة يؤدي الى انتقال صفات غير مرغوبة الى الاب التكاري المراد تحسينه، مما يتطلب اجراء تضريبات رجعية اضافية. اقترح Allard (1960) تسمية طريقة تطوير الاصناف بعدد قليل من التضريبات الرجعية باسم طريقة نسب التضريب الرجعي backcross pedigree method.

نقل عدة صفات مرغوبة Transferring multiple characters

يمكن استخدام التضريب الرجعي لنقل عدة صفات مرغوبة الى نباتات الصنف المراد تحسينه في حالتين:

يتم نقل الجينات (الصفات) المرغوبة ضمن برنامج واحد للتضريب الرجعي.

يتم نقل الجينات (الصفات) المرغوبة ضمن برامج مستقلة للتضريب الرجعي.

ثم تربط هذه البرامج في نبات ومن ثم سلالة فصنف نباتي. ان مشكلة نقل عدة جينات تحتاج الى عدد كبير من بذور التضريب الرجعي لضمان الحصول على تركيب وراثي يحتوي جميع الجينات المرغوبة. لأجل توضيح ذلك نفترض ان هناك اربعة جينات لمقاومة مرض معين هي FHJN. فاذا كان لدينا نبات مختلف وراثياً وتركيبه الوراثي هو FfHhJjNn وتم تضريبه رجعياً مع الاب التكراري ffhhjjnn فان تكرار او نسبة النباتات التي يكون تركيبها الوراثي خلطياً (غير متماثل) لهذه الجينات هو $(1/2)^4$ اي (1/16) ولنسبة احتمال 0.99، اي الحصول في الاقل على نبات واحد له هذه التوليفة الجينية، فاننا نحتاج الى 72 جيل من اجيال التضريب الرجعي، كما اوضحها الجدول (7−1). اي بمعنى لو تم نقل كل جين بصورة مستقلة، فان الحصول على نبات غير متماثل لجين واحد هو 1/2 وان ذلك يتطلب 7 أجيال من التضريب الرجعي عند مستوى احتمال 0.99. للحصول على نباتات منفصلة كل منها يحتوي الجين المرغوب (من الجينات الاربعة)، فاننا بحاجة الى 7 x 4 = 28 جيل من التضريب الرجعي. ربما تظهر مشكلة اخرى في عملية نقل الجينات المرغوبة مفادها صعوبة تقييم نبات فردي واحد لأكثر من صفة واحدة في وقت واحد على عكس ما هو عليه في تقييم صفة واحدة. لتوضيح ذلك لابد من المثال التالي:

الموسم الاول:

تهجين نبات FFhhjjnn x ffHHjjnn للحصول على الهجين FfHhjjnn.

تهجين نبات ffhhJJnn x ffhhjjNN للحصول على الهجين ffhhJjNn.

الموسم الثاني:

يهجن هجينا الجيل الاول (ffhhJjNn x FfHhjjnn) اللذان تم الحصول عليهما من الموسم الاول تكون نسبة الحصول على التركيب الوراثي الهجين FfHhJjNn هي 1/16 مما يؤشر وجوب توفر بذور 72 هجين لكيما تمثل نسبة 0.99 اي للحصول على نبات واحد في الاقل يحمل التركيب الوراثي FfHhJjNn.

الموسم الثالث:

يجرى تقييم مقاومة الانسال الاربعة ولكل نبات من نباتات هجن الجيل الاول المتحصل عليها من الموسم السابق وتنتخب النباتات الت تركيبها الوراثي FfHhJjNn لتلقح ذاتياً بعد تزهيرها في هذا الموسم.

الموسم الرابع:

يجرى تقييم مقاومة الانسال الاربعة ولجميع نباتات الجيل الثاني والتي تبدي المقاومة للسلالات المرضية تلقح ذاتياً وتحصد بصورة منفصلة لكل نبات. ان نسبة ظهور الجينات المتغلبة الاربعة في تركيب وراثي من نباتات الجيل الثاني مساوية لـ $(3/4)^4$ = 81\256 = 32%، بينما النباتات التي تحمل التركيب الوراثي FFHHJJNN تكون نسبتها $(1/4)^4$ = 1\256 = 0.4%.

الموسم الخامس:

تزرع بذور الجيل الثالث المنتخبة على اساس صفة المقاومة بطريقة سنبلة– سطر لأتمام عملية التلقيح الذاتي والحصول على بذور الجيل الرابع. تحصد السنابل في نهاية الموسم بصورة مستقلة. فتزداد نسبة النباتات التي تحمل التركيب الوراثي FFHHJJNN في جيلها الثالث، اذ ازدادت نتيجة التلقيح الذاتي.

الموسم السادس:

تزرع بذور الجيل الذاتي الرابع المنتخبة من نباتات الجيل الذاتي الثالث ويقيم كل نبات لمعرفة التماثل فيها بالنسبة لجينات المقاومة للمسبب المرضي الاربعة، ويستمر التلقيح الذاتي للمنتخبه منها لكيما تحصد فرادى.

الموسم السابع:

تقيم سلالات $F_{3:5}$ لأهم الصفات الزراعية المرغوبة ويتم حصاد بذور جيل التلقيح الذاتي المرغوبة وتجمع وتخلط لتمثل بذور سلالة التضريب الرجعي المستنبطه لتحل محل الاب التكراري.

اهم المراجع:

Allard, R. W. 1960. Principles of plant breeding. John Wiley. New York.

Baenziger, P. S.; and P. Hain. 2022. Advanced backcross breeding. Plnt & Soil Sciences eLibrary. https://passel2.unl.edu.view.lessond

Briggs, F. N.; and P. F. Knowles (eds.). 1967. Introduction to plant breeding. Reinhold Publishing Corporation.

Fehr, W. R. 1987. Principles of cultivar development. Vol. 1: Theory and Techniques. MacMillan Publ. Co. New York, USA. PP536.

Hadi, A. S; and_D. P. Yousif. 2018. Evaluation of the 3rd generation of backcrosses and its parents of Two Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars for Drought Tolerance. Agric. Res. & Tech.: Open access J.16(3): ARTOAJ.MS.ID.555988 (2018).

Harlan, H. V. and M. N. Pope. 1922. The use and value of backcrosses in small grains. J. hered. 319-322.

Hoecker, N.; B. Keller; H. peter Piepho; and F. Hochholdinger. 2005. Manifestation of heterosis during early mize (*Zea mays* L.) root development. Theor. Appl. Genet. 112:421-429.

Otacilio de Souza, E.; G. V. Môro; G. B. Rodregues; and I. Schuster.2022. Genetic similarity between donor and recurrent parents can reduce the number of backcross generations in marker – assisted backcross. Euphytica 218(5). dio: 101007/s10681-022-03009-9

Sedcole, J. r. 1977. Number of plants necessary to recover a trait. Crop Sci. 17: 667-668.

Tourrette, E.; M. Flque; and O.C. Martin. 2021. Enhancing backcross progras through increased recombination. Genetics Selection Evolution 53:25 https://doi.org/10.1186/12711-021-00619-0

Yousif, D. P.; A. S. Hadi; S. M. Ahmed. 2021. Evaluation of the 3rd Generation of Backcrosses and Its Parents of Two Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars for Salt Tolerance. International Journal of Energy and Environmental Science. 6(4): 112-115. http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijees doi: 10.11648/j.ijees.20210604.16

الفصل الثامن

تربية الطفرات Mutation Breeding

التغاير الوراثي في النباتات ليس مسألة ضرورية ومهمة في تحسين اي صفة من صفات المحصول فحسب، بل الركيزه الاساس للانتخاب والتحسين الوراثي. ان معدل حدوث الطفرة الطبيعية في جين واحد يكاد يكون واحد بالمليون او قريباً منه (Karma, and Brunner(1977)، فتسمى مثل هذه الطفرات بأنها تلقائية Spontaneous. استخدمت برامج تربية الطفرات لتطوير وتحسين اصناف المحاصيل، واستعرض Mike و Sigurbjornsson عام 1974 و Sigurbjornsson عام 1983 الاصناف الطافرة التي تم تطويرها ببرامج تربية الطفرات. وعليه، فان استخدام وسائل التطفير سواءً كانت فيزيائية او كيميائية هو لزيادة متوسط تكرار حدوث الطفرات وللصفات المرغوبة تحديداً واستثمارها في الدراسات النباتية المتعلقة بالتحسين الوراثي لأي نبات.

لابد من الاشارة الى ان معدلات التطفير يمكن ان تزداد بتكرار معين بوسائل عديدة ومختلفة منها الحرارة والخزن الطويل الامد والزراعة النسيجية والصعق الكهربائي والاشعاع والمواد الكيميائية. من المؤكد ان الاشعاع والمطفرات الكيميائية هما الاكثر كفاءة واستخداماً في برامج التربية والتحسين الوراثي، اذ تعتمد طرائق واساليب الانتخاب على وفرة وخصوبة الطفرة المستحدثة وتكرارها وكفاءتها في اعطاء التغاير الوراثي المرغوب. يشير ابراهيم واخرون (1990) الى تحقيق 31000 طفرة في 131 نوع باتي حتى عام 1981، فأسهمت في تحسين اكثر من 1300 صنف نباتي.

ان اهم الصفات التي شملتها برامج التربية والتحسين هي الحاصل والمقاومة للاضطجاع والمقاومة للامراض والتبكير بالتزهير والنضج وارتفاع النبات ودراسات الشكل الظاهري للنبات وهندسته ومكونات الحاصل ومكننته والصفات النوعية وصفات ما بعد الحصاد.

من الضروري إيضاح بعض المفاهيم العلمية التي سيتم التطرق اليها في هذا الفصل لتعريف القارىء من جهة والوقوف على تسهيلات التطبيقات العلمية لها. اما اهم هذه المفاهيم فهي:

التشعيع Irradiation

هو تعريض المادة الحية، اي الكائن الحي او اي جزء منه، سواءً كان خلية او نسيج او عضو منه لفيض من الاشعة المؤينة لأجل تغيير بنيتها الوراثية، والحصول على صفات موروثة جديدة او محورة بما يخدم توسيع القاعدة الوراثية لذلك الكائن الحي.

الجرعة الاشعاعية irradiation dose

هي كمية الطاقة الاشعاعية الممتصة في وحدة الكتلة من المادة المعرضة للاشعاع، بوحدات Gray والتي تمثل كل وحدة منها 100 راد، اي ان كل Gray يساوي كيلوجول واحد. يختلف تأثير الجرعة الاشعاعية باختلاف المصدر المشع ومعدل الجرعة (طاقتها) وزمن التعريض.

الجرعة الميتة lethal dose

هي كمية الطاقة الاشعاعية التي تمتصها المادة الحية المعرضة للاشعاع والتي تسبب ضرراً فسيولوجياً يؤدي الى هلاك تلك المادة الحية. يعتمد بالنسبة للنباتات المعاملة بالاشعاع المؤين او اي جزء منها، الجرعة المميته 50% ± 10 (LD50 ± 10) لأجل الحصول على طفرات مفيدة تتوارث الصفة المستحدثة فيها. يتم تحديد هذه الجرعة بختبار الجرع الاشعاعية المتباعدة قليلاً الى الحد الاعلى من المتوقع، بما يؤمن هلاك 100% او قريباً منه لأجل معرفة الحساسية الاشعاعية وفق معادلة الانحدار الخطي في الاغلب، ويجرى التحليل الاحصائي للبيانات لحساب المتوسط والانحراف المعياري والنسبة المئوية بالمقارنة مع معاملة المحايد control والتي تحسب على انها 100%.

الطفرة الوراثية mutant

حدوث تغيير مفاجيء وغير متوقع ناتج عن استحداث تغيير موروث، ليس نتيجة التزاوج او التهجين بين الكاميتات الذكرية والانثوية، بل نتيجة تغيير سلاسل معينة في الدنا DNA وليس انعزال وراثي اعتيادي او متعدي.

اهداف برامج تربية الطفرات

ان مبررات استخدام المطفرات هو استحداث التغايرات الوراثية التي تعد العمود الفقري للانتخاب والتحسين الوراثي. تتحدد الأهداف الرئيسة من استخدام المطفرات بخلق التغاير الوراثي الذي يفترض ان يكون غير موجود او ان تكرار وجوده قليلا جداً. تكون برامج التطفير والتحسين الوراثي لصفة واحدة او عدد قليل جداً من الصفات المرغوبة التي يراد استحداثها. تجدر الاشارة الى ان الانتخاب لصفة واحدة له فرصة اكبر من النجاح مما لو كان الانتخاب لصفتين او اكثر. تعتمد طرائق تربية الطفرات على النوع النباتي والصفة او الصفات التي يراد تحسينها او استحداثها وكذلك على طرائق الغربلة الكفوءة لعدد كبير من النباتات لأجل زيادة تكرار الطفرات وبالتالي زيادة فرص ايجادها وانتخابها. اما اهم الصفات التي يمكن تحسينها ببرامج تربية الطفرات فهي:

المقاومة للاصابة بالمسببات المرضية او الحشرية، ومقاومة تأثير بعض مبيدات الأدغال وتحمل الملوحة والجفاف والحرارة.

تحسين الصفات النوعية والتغذوية للنوع النباتي، وما بعد الحصاد (لاغراض التصنيع والتسويق).

زيادة الانتاجية من خلال تحسين صفة او اكثر من صفات مكونات الحاصل.

تحسين بعض الصفات المظهرية او الفسيولوجية، او استحداثها، كما في برامج تربية نباتات الزينة.

استحداث صفات جديدة من خلال ربط التقانات الحياتية الحديثة ببرامج تربية الطفرات والوصول بها الى تكامل الحزم التقنية لأنتاج وتخليق نباتات او صفات لم ولن توفرها الطبيعة.

وسائل التطفير Mutagenic agents

يتم استحداث الطفرة او اجراء التطفير بوسائل عديدة منها الحرارة وخزن البذور لفترة طويلة وتعريض البذور لدرجات حرارة واطئة والصعق الكهربائي او التعريض لموجات فوق الصوتية وزراعة الانسجة والتعريض للاشعاع بانواعه المختلفة والتعريض لمواد كيميائية تسبب التطفير الوراثي، والاخيرين هما الاكثر كفاءة واستخدام في برامج تربية الطفرات، اذ تعتمد وسيلة الانتخاب على وفرة وخصوبة الطفرة المستحدثة وتكرارها وكفاءتها في اعطاء التغاير الوراثي المطلوب.

الاشعاع

ينتج الاشعاع من جزيئات ذات طاقة عالية تعمل على نقل الاواصر الكيميائية من مكون الى اخر. يعَرف التأين بأنه ازالة احد الكترونات الذرة من مداره فيصبح حراً، اما الذرة فانها تتحول الى ايون موجب. لدقائق الاشعاع او عوامله القدرة على تأيين ذرة ما وتسمى الاشعاعات المؤينة، وهي ثلاثة انواع: 1) الدقائق المشحونة ب) الدقائق غير المشحونة ت) الفوتونات.

تستطيع هذه الانواع من الاشعاع المؤين ان تؤين المادة التي تعرضت له، فتتفاعل معها ويتولد عدد كبير من الازواج الايونية. الدقائق المشحونة بشكلين هما دقائق الالكترون ودقائق البوزترون، اما الدقائق غير المشحونة فهي الفوتونات والنيوترونات التي تتفاعل مع الذرات. الاشعة الكهرومغناطيسية الايونية هي موجات تشترك بعدة صفات وتتكون من مجالين متعامدين احدهما كهربائي والاخر مغناطيسي وتمتلك نفس السرعة التي تمتلكها موجات الضوء، اي نفس سرعة الضوء على اساس سرعة انتقالها في الفراغ اي 3×10^8 م ثا$^{-1}$. تتضمن الموجات الكهرومغناطيسية كل من الموجات الكهربائية والراديوية وتحت الحمراء والضوء المرئي وفوق البنفسجية والسينية وگاما والكونية. الموجات ذات الطاقة الواطئة غير قادرة على تأيين الذرات، بينما موجات الاشعة السينية واشعاعات گاما والكونية هي القادرة على تأيين ذرات المادة لأمتلاكها طاقة عالية. تستطيع الاشعة فوق البنفسجية تأيين بعض المواد ولكن ذلك لا ينطبق على الكائنات الحية لذا لا تعد اشعة مؤينة.

توضح لدينا ان الاشعة السينية واشعة گاما التي تسمى الفوتونات ايضاً انها اشعاعات تؤين ذرات المادة بصوره غير مباشرة مثلما تؤين الوسط الذي تعيش فيه الخلايا الحية مثل الماء، فتتحكم جزيئات الماء المتأينة لتؤين جزيئات الحامض النووي الدنا DNA او الخلية المجاورة لجزئية الماء. فيما يأتي وصفاً مبسطاً لكل نوع من هذه الاشعاعات:

الاشعة السينية (اشعة إكس) X –rays

تستخدم الاشعة السينية بكثرة كأحد انواع المطفرات الاشعاعية، اذ تتم المعاملة باستخدام جهاز اشعة X القادر على انتاج اشعة معلومة الطول الموجي، ويستفاد منها في إحداث التشعيع للصفة المرغوبة. اشعة X ذات الطول الموجي القصير hard x ray تعد من اخطر الاشعاعات في نفوذها في الاجسام الحية المعرضة لها ولكنها ذات طاقة واطئة في إحداث التغيرات الجزيئية عما هو عليه في الاشعة السينية ذات الطول الموجي الاكبر. تستحدث الاشعة السينية في الفراغ او أي مجال عالي التفريغ الهوائي، وتستحدث بالمعجلات الكهربائية للالكترونات التي تتباطأ نيجة اصطدامها بهدف معين مثل المولبدينوم او التنگستن، فتتحول الى فوتونات هي الاشعة السينية التي تعطي الطاقة المطلوبة لإحداث التغيير الجزئي في الخلية. هناك نوعين من الاشعة السينية: الاولى تسمى الاشعة السينية المميزه لأنه يميز نوع العنصر المنبعث منه وتستخدم في تحليل العناصر عند امرارها في محلل الاطياف، اما الثانية فهي الاشعة السينية التي يكون فيها الطيف مستمراً ويسمى طيف برمتالتك اي طيف كبح وابطاء الاشعة.

اشعاعات گاما

هي الاشعاعات الكهرومغناطيسية التي تنتج باستخدام النظائر المشعة Radioisotops او المفاعلات النوويه، او من خلال استخدام حقل گاما Gamma Field او ما يسمى خلية گاما Gamma Cell. هناك مصدرين رئيسين لأشعة گاما هما الكوبلت 60 والسيزيوم 137، وحيث ان للنظائر المشعة خطورة كبيرة عند استخدامها بسبب النفاذية والاختراق العالي High penetration للخلايا الحية، فيتم خزنها وحفظها في حاويات من الرصاص مثلما تكون حركتها وتداولها وفق اليات التحكم البعيد (اجهزة التحكم الحركي) لتشعيع المادة النباتية.

يفهم مما ذكر ان اشعاعات گاما تنطلق من المصادر الطبيعية والاصطناعية بعملية التحلل النووي وتختلف عن الاشعة السينية من حيث المنشأ. فمنشأ اشعة گاما هو نواة الذرة التي تسعى للتخلص من البروتون الزائد فيها او النيوترون كما في العناصر غير المستقرة، بينما تنبعث الاشعة السينية من تغيرات المدار الخارجي للنواة.

تتم معاملة المادة الحية التي يراد تشعيعها باستخدام جرعة اشعاعية منفردة باجهزة بسيطة ودقيقة التصميم لتسهيل العمل المختبري. اما عند معاملة المادة النباتية لفترة طويلة باشعة گاما، فتتم بزراعة النباتات على مسافات محددة من النظير المشع وتحدد المسافة بذلك مستوى المعاملة. لتسهيل الدراسات، يتم وضع جهاز التشعيع (مصدر النظير المشع) في حقل التجارب الزراعية او في البيوت الزجاجية او غرف الزراعة والنمو التي يتم التحكم بظروفها البيئية، مع الاخذ بنظر الاعتبار ان تكون مثل هذه المواقع مغلفة بالرصاص السميك shelding او اية مادة عازلة اخرى.

النيوترونات

تستخدم النيوترونات في إحداث التطفير الوراثي كونها تنتج بالانفلاق النووي لليورانيوم 235 في المفاعلات الذرية وتكون عالية الطاقة. تتفاعل بعض النيوترونات مع ذرات اخرى من اليورانيوم لتستمر عمليات الانفلاق النووي، وبعضها الاخر يمتص من قبل المفاعل والقسم الاخر يمر من خلال المسار المعد لهذا الغرض. هناك نوعان من النيوترونات هي:

النيوترونات السريعة، وهي ذات مستويات طاقة عالية تنبعث من المفاعل.
النيوترونات الحرارية، وهذه لها مستويات طاقة اوطأ من سابقتها وتنتج من اختزال طاقة النيوترونات السريعة.

اشعة بيتا

وهي جسيمات سالبة الشحنة تنبعث من النظائر المشعة مثل الفسفور 32 او الكاربون 14. يتم تعريض المادة النباتية للنظير المشع او يتم تزويدها اياه من خلال محلول التغذية. ان

جسيمات بيتا هي إلكترونات ذات سرعة كبيرة جداً تتولد في النواة ولها خواص تشابه خواص الالكترونات الذرية ولكنها تختلف عنها بما يأتي:

مصدر جسيمات بيتا النواة بينما الالكترونات مصدرها خارج النواة.
شحنة جسيمات بيتا موجبة (بوزترون) او سالبة، بينما إلالكترون سالب الشحنة دائماً.

يصاحب جسيمات بيتا جسيمات اخرى عديمة الشحنة تسمى النيوترينو، بينما لا تصاحب مثل هذه الجسيمات الإلكترونات السريعة. اما جسيمات الفا فهي نواة ذرة الهليوم وتتكون من بروتونين يتحدان داخل النواة بقوة ذرية كبيرة، لذا فانها تتصرف وكأنها جسم اساسي واحد.

الاشعة فوق البنفسجية

تستخدم هذه الاشعة بصورة مبدئية في تشعيع حبوب اللقاح وذلك لقابليتها الواطئه في النفاذ في الانسجة الحية. تكون الاطوال الموجية بين 2500 و2900 نانوميتر الاكثر كفاءة وفعالية وتأثير في إحداث الطفرات، لأن الامتصاص الضوئي يكون في اقصاه ضمن هذه المديات.

بسبب المخاطر الكبيرة الناتجة من التعامل مع الاشعاع المؤين والمواد المشعة الاخرى، اصبح من الضروري جداً توفر كواشف تختلف في طريقة كشفها استناداً الى نوع الاشعاع وشدته وطاقته، وبالتالي شكل المصدر المشع. تعتمد الكواشف التي لها آلية عمل للكشف على التأثيرات الفيزيائية او الكيميائية للاشعاع المؤين، ومن امثلة هذه الكواشف ما يعمل بالوميض او الغاز، مثلما ان هناك عدادات الحالة الصلبة.

شاع استخدام الاشعاع والنظائر المشعة في العلوم الزراعية والبيولوجية وما يرتبط بهما من علوم اخرى. شملت هذه الاستخدامات دراسات التطفير الوراثي لأستحداث التغايرات الوراثية واستنباط الاصناف في الانواع النباتية المختلفة (الجدول 8-1)، وبرامج خصوبه التربة والتسميد وتغذية وفسيولوجيا النبات ودراسات حركة الاملاح ومغذيات البات وقياس محتوى التربة من الماء وحركته فيها وعلوم حفظ وتكنولوجيا الغذاء واطالة عمره التسويقي والكشف عن الاغذية المحفوظه بالاشعاع والكشف عن الاثر المتبقي للمبيدات ودراسات فسلجة الحشرات واستحداث

العقم فيها وكذلك ما يخص الاحياء المجهرية وتسرطن الخلايا والكثير من العلوم والدراسات التي لا يتسع المجال لحصرها. تتطلب البحوث التي تجرى في علم الحياة الاشعاعي دراسة الحساسية الاشعاعية للنباتات من خلال دراسة:

الجرعة المستخدمة ومعدلاتها.

ظروف التشعيع مثل الحرارة والرطوبة ومحتوى الاوكسجين.

الحالة الفسيولوجية للجزء النباتي المراد تشعيعه خلال عملية التشعيع.

المرحلة البيولوجية (الحياتية) التي تجري فيها عملية التشعيع (كالس، حبوب لقاح، براعم بادرات، عقل، درنات، بذور...الخ).

الظروف البيئية التي تتم فيها تربية الماده المشععة).

المطفرات الكيميائية

تتوفر العديد من المواد الكيميائية المختلفة في تأثيرها ونشاطها، ويقسم المرشد في تربية الطفرات الكيميائية Breeding Manual of Mutations الذي وزعته الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA في فيينا– النمسا عام 1977 المطفرات الكيميائية الى سبعة مجاميع رئيسة وفقاً لتأثير ووظيفة كل مجموعة، اذ تحدد الفعل الكيميائي للمطفر بشكل رئيسي(الجدول 8–2).

الاسلوب العام في برامج تربية الطفرات

معاملات التطفير

من اكثر الاساليب شيوعا في معاملات التطفير هو استخدام البذور كمادة حية لتراكيب وراثية منتخبة وفق خصوصيات توصيفية لها (وجود صفات مرغوبة ينقصها صفة اخرى او اكثر). تتم معاملة البذور بالمطفر الفيزيائي(الاشعاع) أو الكيميائي بفرض توفر وسائل التطفير المطلوبة.

شاع استخدام الاشعة السينية من قبل Stadler (1928) مع بذور الشعير ووصولا الى استخدام الاشعة فوق البنفسجية والاشعاع المؤين والنيوترونات السريعة او النيوترونات الحرارية بواسطة خلايا كاما Gama Cells او المعجلات Accelerators ..... الخ. اما بالنسبة

لاستخدام وسائل التطفير الكيميائي، فان المركب اثيل مثيل السلفونات Ethyl Methane Sulphonate (EMS) وN_ethyl_N_Nitroso Area و Methyl Methane Sulphonate (MMS) وازايد الصوديوم Sodium Azide تعد الاكثر كفاءة وشيوعا في استحداث الطفرات المفيدة في الكثير من الانواع

الجدول (8-1) الطفرات الشائعة زراعتها واعدادها والمطفرات وجرعها او تراكيزها المستخدمة في برامج تربية النبات وخصوصا محاصيل ذاتية التلقيح.

الاسم الشائع وعدد الطفرات المطلقة*	الاسم اللاتيني (العلمي)	المادة المعاملة بالمطفر	معاملة التطفير الموصى بها	
			المطفر	الجرعة/ التركيز **
محاصيل الحبوب				
الشوفان (21)	*Avena sativa L.*	البذور الجافة	الاشعة السينية	120-140 كُري
الشعير (269)	*Hordeum vulgare L.*	"	+ اشعاع جاما	100-120 كُري 6-20 كُري
الرز (434)	*Oryza sativa L.*	"	الاشعة السينية	280 كُري
ذرة سورجم(13)	*Sorghum bicolor L.*	"	اشعاع جاما	200-300 كُري
حنطة خبز(167)	*Triticum aestivum L.*	"	"	100-250 كُري
حنطة المعكرونة (25)	*T.turgidum durum L.*	" حبوب اللقاح	النيوترونا ت السريعة اشعاع گاما	6-8 كُري 7.5 – 30 كُري

محاصيل البقول				
فستق الحقل (48)	*Arachis hypogae L.*	البذور الجافة	اشعاع جاما	300-200 گري
الحمص (5)	*Cicer aritinum L.*	"	الاشعة السينية	160-100 گري
فول الصويا (91)	*Glycine max L.*	"	اشعاع جاما	200-100 گري
العدس (1)	*Lens esculentum L.*	"	"	170-100 گري
اللوبياء (19)	*Lupins sp.*	"	"	280-160 گري
الفاصولياء (54)	*Phaseolus vulgaris*	"	"	140-80 گري
البزاليا (2)	*Pisum sativum L.*	"	DES + الاشعة السينية	2%،15ساعة،20° م 100 گري
الباقلاء (4)	*Vicia faba L.* *Vicia faba minor*	" "	اشعاع جاما اشعاع جاما	40-20 گري 80-40 گري
الهرطمان	*Vigna unguiculata*	"	اشعاع جاما	500-300 گري
الخضر				
الفلفل (10)	*Capsicum annum L.*	"	اشعاع جاما النيوترونا ت السريعة	220-140 گري 24 گري

الطماطة(13)	*Lycopersicum esculentum L.*	"	EMS	0.8%، 24 ساعة، 24° م
البطاطا (4)	*Solanum tuberosum*	"	اشعاع جاما	
المحاصيل الزيتية				
السمسم (20)	*Sesamum indicum L.*	"	اشعاع جاما	200-400 گري
القطن (12)	*Gossypium sp.*	"	اشعاع جاما	
اخرى				
التبغ (11)	*Nicotiana tabacum*	"	اشعاع جاما	400-500 گري

1 گري= 100راد، § الارقام بين الاقواس تعني عدد الطفرات المطلقة للزراعة الواسعة. ** المصدر Maluszynski واخرون (2009).

أثبتت الدراسات العلمية الكثيرة كفاءة كل نوع من انواع المطفرات في استحداث الطفرات المرغوبة على وفق الصفات المرغوب استحداثها او تغيير تكرار حدوثها، على الرغم من وجود اختلافات في التأثير باختلاف الانواع النباتية. ان استخدام التطفير الفيزيائي او الكيميائي تحكمه خصوصيات المطفر، من حيث كمية ومعدل الجرعة الاشعاعية او التركيز المستخدم بما يؤمن حدوث نسبة قتل 50% ± 10 (LD_{50})، ويشترط ان يؤمن استخدام المطفر الحصول على بذور الجيل التطفيري الثاني M_2 (حيث يطلق على البذور المعاملة بالمطفر M_1، اي الجيل التطفيري الاول). يفضل استخدام الجرع او التراكيز التي تعطي تكرار عال من التغايرات الوراثية المفيدة من جهة، ولمدى واسع من الطفرات المستحدثة التي تضمن حدوث انعزالات وراثية لها قابلية توريث للصفة المرغوبة المستحدثة (Donini and sonnino, 1998). وعليه، لا بد من اعطاء التوصيف العلمي والتطبيقي لأستخدام مثل هذه المطفرات، مع الانواع النباتية المختلفة (الجدول، 8-1).

ان التعامل مع المطفرات الفيزيائية او الكيميائية (الجدول، 8-2) لا بد ان يترافق مع المعرفة المسبقة للاهداف المرجوة من استخدامها، من جهة واتخاذ التدابير اللازمة واتباع شروط السلامة الاحيائية من جهة ثانية (الجدول، 8-3).

الجدول (8-2) مجاميع المطفرات الكيميائية المتوفرة عالمياً*.

ت	مجموعة المطفر الكيميائي	امثلة لها
1	الاساس المتشابه	5-بروموبوراسيل، 5- برومو دي اوكسي يوريدين
2	المركبات المرتبطة	8- ايثوكسي كافين، هيدروازايد الماليك
3	المضادات الحيوية	الازاسيراين، المايتومايسين، الستربتومايسين، والاكتينومايسين د40 -
4	المركبات المخلبية كبريت الخردل نتروجين الخردل الايبوكسيلات امين الاثلين الكبريتات6 السلفونات السلفونات والالكترنات الديازولكينات مركبات النتروس	اثيل 2- سلفات الكلوراثيل 2-كلورواثيل ثنائي مثيل الامين اوكسيد الاثيلين امين الاثيلين اثيل مثيل السلفونات الديازوميثان N الاثيل N نتروس اليوريا.
5	الازايد	ازايد الصوديوم
6	امين الهيدروكسيل	امين الهيدروكسيل
7	حامض النتروس والاكريدينات	حامض النتروس والاكريدين البرتقالي

* المصدر: علي ويوسف (2000).

اعداد المادة النباتية للمعاملة بالمطفر

ان إعداد وتهيئة المادة النباتية للمعاملة بالمطفر يعني ذلك الجزء النباتي المراد إحداث التغيير المتوارث فيه، فتختلف طريقة التعامل بالبذور عنها في حبوب اللقاح او الاجنة غير الناضجة او اجزاء النبات المستخدمة في الاكثار اللاجنسي او خلايا الكالس او انسجة النبات الاخرى (علي ويوسف، 2000). تعد البذور اكثر الاجزاء النباتية استخداماً في برامج التطفير (الفيزيائي او الكيميائي)، كونها الوسيلة الاكثر شيوعا في اكثار النباتات فضلاً عن سهولة التعامل بها ونقلها وشحنها وحفظها، مع وجوب معرفة خصائصها لتحمل الظروف الفيزيائية غير الاعتيادية. يمكن معاملة حبوب اللقاح بالاشعاع او المطفرات الكيميائية، وذلك لأمكانية تطور الزايكوت (المشيج) الى نبات كامل، ومن مساوئ استخدامها هو عدم كفاية كمية حبوب اللقاح الخصبة الناتجة بعد التطفير، او صعوبة المحافظة على حيويتها في بعض الانواع النباتية. تستخدم وسائل الاكثار اللاجنسي (الخضري) في عملية التطفير مثل العقل والبراعم الطرفية والمرستيم، اذ اعطت نتائج ايجابية تلبي الهدف المطلوب من عملية التطفير، مثلما يمكن الحصول على الكايميرا من معاملة بذور النبات الكامل. سهّل تطور العلوم الزراعية والبيولوجية التعامل بالانسجة والخلايا النباتية، حيث النتائج السريعة التي يمكن الحصول عليها من برامج التطفير وتقنية الزراعة النسيجية، الى جانب سهولة تشخيص الطفرة باستخدام هذه التقنية.

الجدول (8-3) خواص مختلف انواع الاشعاع المستخدم في استحداث التطفير الوراثي الاصطناعي.

نوع الاشعاع*	المصدر	الوصف	التأثير والمضار	نوع الانتشار واهميته	النفاذية في الانسجة الحية
الاشعة السينية	ماكنة الاشعة السينية	اشعة كهرومغناطيسية	خطرة جداً لنفاذها في الانسجة الحية	عدة مليمترات من الرصاص، باستثناء اشعة الطاقة العالية	عدة مليمترات - سنتيمترات
اشعة جاما	خلايا جاما والنظائر المشعة	اشعة كهرومغناطيسية	خطرة جداً شديدة النفاذية	تتطلب تدريع سميك(مليمترات- امتار كونكريت	عدة سنتيمترات

	والمفاعلات				
النيوترونات (السريعة، البطيئة والحرارية)	المفاعلات النووية	جسيمات غير مشحونة اثقل قليلاً من البروتون (ذرة الهيدروجين)، غير مرئية، تتفاعل مع نواة المادة الحية	خطرة جداً	تدريع سميك بالكونكريت	عدة سنتيمترات
جسيمات بيتا والالكترونات السريعة والاشعة الكاثودية	النظائر المشعة والمعجلات	الكترونات موجبة او سالبة	تكون خطرة جداً عند اساءة استخدامها	قطعة كارتون سميك او الاليات المقواة	عدة مليمترات
جسيمات الفا	النظائر المشعة	نواة ذرة الهليوم المؤينة بقوة	لها مخاطر داخلية كبيرة جداً	الموانع الرقيقة / ورقة كتاب	لا تتجاوز مليمتر
البروتونات والديوترونات **	المفاعلات والمعجلات	نواة ذرة الهيدروجين	خطرة جداً	عدة سنتيمترات من الماء او البرافين	عدة سنتيمترات

* تعتمد نفاذية الاشعاع على عدة متغيرات، ويفترض نفاذها في الانسجة النباتية ذات الكثافة المعتدلة. ** البروتون هو نواة ذرة النظير الاعتيادي للهيدروجين، والديوترون هو النظير الثقيل للهيدروجين. (علي ويوسف، 2000).

العوامل المؤثرة والمرافقة لعملية التطفير

يعتمد تكرار ومعدل حدوث الطفرة على معدل وكمية الجرعة او التركيز الذي يعطيه المطفر وكذلك نوع المطفر والتركيب الوراثي والنوع النباتي ومحتوى الرطوبة ومستوى الاوكسجين ودرجة الحرارة التي يتم قبلها او خلالها او بعدها التطفير.

1- كمية ومعدل الجرعة

تعتمد كمية ومعدل الجرعة على نوع المطفر وطبيعة تأثيره، سواءً كان تطفيرياً اوتنشيطيا، فالمعاملة الحادة acute treatment تعني المدة القصيرة (دقائق – عدة ساعات) ويمارس هذا عند التعامل مع المطفرات الفيزيائية مثل الاشعاع المؤين. بينما تستخدم المعاملة المستمرة chronic treatment بالمطفر بتعريض المادة الحية لفترة طويلة (ايام- سنوات) ومثالها حقول التعريض لأشعاعات كاما.

يوضح الجدول (8-3) ما يتعلق بالمطفرات الفيزيائية، من حيث انواعها وتأثيراتها واستخداماتها وخواصها، بينما يتحدد نوع المطفر المستخدم، سواءً كان فيزيائيا ام كيميائياً بحسب الصفة او الصفات المطلوب استحداثها، ويفضل البدء بأوطأ الجرع الاشعاعية التي يمكن من خلالها الحصول على طفرات مفيدة.

2- الانواع النباتية والتراكيب الوراثية

تختلف الانواع النباتية وتراكيبها الوراثية فيما بينها في طبيعة الاستجابة للمطفر وتأثيره ومستويات الجرع بحسب حساسيتها للمعاملة التطفيرية. من الضروري دراسة معدل الجرعة التطفيرية المفيدة في استحداث اكبر قدر ممكن من التكرار والتغاير الوراثي لكل نوع نباتي، وربما لكل تركيب وراثي ضمن ذلك النوع، ليتسنى تحديد الجرعة المطلوبة (ابراهيم واخرون، 1990). تتفق الاراء العلمية على وجوب اختيار افضل الاصناف من حيث القدرة الانتاجية والمقاومة للمسببات المرضية واكثرها تطبعاً للبيئة، بحيث تلبي هدف واحد او عدد قليل جداً من اهداف التربية (Harten...,..، 1998).

3- مستوى الاوكسجين

تعتمد آلية تأثير ومستوى الاوكسجين على زيادة التفاعل بين الاوكسجين والجذور الحرة التي تتكون خلال عملية التشعيع، حيث يبدأ التفاعل مع جذر الهيدروجين الحر لتكوين بيروكسيد الهيدروجين فيتفاعل الاخير مع الجذور العضوية ويتحول الى كينون. للاوكسجين دوراً مهماً في تحديد كمية الضرر الفسيولوجي الحاصل نتيجة التشعيع، فارتفاع مستواه يرتبط ايجابياً بكمية الضرر في البادرات وربما يؤدي الى حدوث التشوه الكروموسومي

chromosomal aberration ولو نسبياً. وعليه، لابد من تعديل رطوبة البذور قبل المعاملة بالمطفر لتقليل تأثير الاوكسجين، واحياناً يتم ازالة فقاعات الهواء من محلول التطفير (عند استخدام المطفرات الكيميائية). اشرت البحوث العلمية الحديثة تأثير الاوكسجين الواضح عند استخدام اشعاعات گاما والسينية، بينما لم يلاحظ تأثيره عند استخدام النيوترونات السريعة.

4- المحتوى المائي

كما اسلفنا، فان المحتوى المائي للمادة النباتية يرتبط مباشرةً بوجود الاوكسجين، فالمحتوى المائي العالي يقلل مستوى الاوكسجين والعكس صحيح. تكون بعض الانواع النباتية شديدة الحساسية لتغير محتوى الماء، ومثال ذلك استجابة بذور الشعير التي يكون محتواها الرطوبي 10.7% بوجود الاوكسجين بمقدار ثلاثة اضعاف البذور التي محتواها الرطوبي 11%. وربما يمكن القول ان المحتوى الرطوبي هو اكثر العوامل اهمية في برامج التطفير باشعة گاما او الاشعة السينية للحصول على تكرار جيد من الطفرات (Karma and Brunner (1977).

5- الحرارة

ربما لا تمثل الحرارة عاملاً اضافياً او حدياً في استخدام المطفرات الفيزيائية، بقدر ما لها من تأثير مباشر ومهم عند التعامل مع المطفرات الكيميائية، حيث يكمن تأثيرها في كفاءة تفاعل المادة الكيميائية مع المادة الحية وعلاقة ذلك بالفترة الزمنية للتعريض ونصف العمر للمادة الفعالة في التأثير. يقصد بنصف العمر للمطفر الكيميائي بانه الوقت المحسوب لنصف التركيز الابتدائي للمطفر الذي يتفاعل، فيكون للمطفر الكيميائي EMS عند 40° م هو 7.9 ساعة بينما يصل الى 796 ساعة عند 5 م° (FAO/IAEA, 1977 و Conger واخرون، 1968).

اما تأثير درجة الحرارة عند التعامل مع الاشعاع فيكمن في تغيير الحساسية الاشعاعية للمادة النباتية (وخاصةً البذور)، فارتفاع درجة حرارة البذور يزيد من حساسيها الاشعاعية وزيادة احتمالات الضرر الفسيولوجي والكيموحيوي، ومثل ذلك يحدث ايضاً عند المعاملة تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة.

الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استخدام المطفرات

يمكن ان تشكل وسائل التطفير المتوفرة والمستخدمة حالياً خطورة بنسب متفاوتة على الاشخاص الذين يتعاملون معها، وخصوصاً بالملامسة. وعليه، لابد ان يكون القائم بمثل هذه النشاطات ملماً بقواعد السلامة الصحية والفيزيائية ومدرباً تدريباً جيداً على قواعد الفيزياء الحياتية والامن الحيوي. تعد عوامل الاشعاع بمختلف انواعه، والنظائر المشعة في مقدمة المطفرات الواجب اخذ الحيطة والحذر منها عند التعامل معها، لما لها من تأثيرات ومخاطر بيولوجية. ولا تقل مخاطر المطفرات الكيميائية عن مثيلاتها الانفة الذكر، مما يؤشر اهمية توافر الخبرة العلمية والعملية ووسائل التعامل مع المطفر قبل واثناء وما بعد الاستخدام الى جانب مستلزمات العمل المختبري ومعدات السلامة المهنية ومادة التنظيف وازالة الاثر المتبقي. ينصح بالعودة الى (Karma and Brunner, 1977) للمزيد من المعلومات.

عدد البذور التي يجب معاملتها

ربما يأتي التساؤل عن عدد نباتات M_1 المراد الحصول عليها في كل معاملة تطفيرية لتحقيق حدوث طفرات وراثية مفيدة. للاجابة على هذا السؤال، فانه لابد من القول ان عدد البذور التي يراد معاملتها بالمطفر اساساً يعتمد على النسبة المئوية لإنبات وبقاء نباتات الجيل التطفيري الاول (M_1)، بحيث تستمر بالنمو لتكمل دورة حياتها، فتعطي بذوراً خصبة، وعلى معدل الانعزال الوراثي الذي يمكن الحصول عليه لجين متنحي واحد في الاقل (Van Harten، 1998). لابد من توافر المعرفة المسبقة او التنبؤ بمعدل عدد النباتات المتوقع الحصول عليه للجيل التطفيري الاول، وذلك اعتماداً على التجارب المختبرية والدراسات التوثيقية السابقة. ان الدراسات والفحوصات المختبرية وتجارب البيت الزجاجي وغيرها تكون اقل تأثيراً على صفات الشكل الظاهري والجوانب الفسيولوجية في البذور، فالنباتات المعاملة بالمطفر تختلف عما هي عليه تحت تأثير الظروف الطبيعية في الحقل التجريبي. تعتمد هذه الحقائق على النوع النباتي قيد الدراسة وطبيعته الوراثية وصفاته الفسيولوجية، وقابليته على التكاثر واعطاء البذور ...الخ. تسمى النباتات الطافرة التي يتم دراسة صفاتها المظهرية والوراثية في كل جيل من اجيال التربية المبكرة ($M_{4'} - M_1$) باسم المتغايرات variants، بعدها تسمى الطفرات التجريبية ($M_{8'} - M_5$)، وبعد ثبات تفوقها في الصفة او الصفات المستحدثة تسمى صنف الطفرة او السلالة الطفرة او الطافرة. يبتدئ الانتخاب للمتغايرات وتقييمها بالجيل

التطفيري الثاني M_2، مع وجوب توفر المعرفة والخبرة لتشخيص هذه المتغايرات عن الصنف الاصل الذي لابد ان يزرع الى جانب بذور M_1 وفق اسلوب يسهل المتابعة الحقلية من جهة واستبعاد التأثيرات البيئية من جهة ثانية، وغالبا ما تعتمد طريقة الزراعة بواقع 2:10 لنباتات M_1 : الاصل. يعتمد عدد نباتات الجيل التطفيري الثاني M_2 على عدد بذور الجيل التطفيري الثاني التي تم الحصول عليها من نباتات الجيل التطفيري الاول. يعد عدد نباتات الجيل التطفيري الثاني الحجر الاساس الذي يمكن من خلاله استحداث الطفرات المفيدة. ان معاملة 2000 – 4000 بذرة بالمطفر يعد تقديرا جيداً لكل جرعة تطفيرية، للحصول على نباتات الجيل التطفيري الاول.

عمليات ما بعد المعاملة بالمطفر Post- treatment handling

ان نقل وحفظ البذور المعاملة بالمطفر قبل زراعتها يمكن ان يؤثر تدريجياً بمدى صلاحية البذور للزراعة. يجب ان لا تخزن البذور المعاملة باشعة X واشعاعات گاما والنيوترونات السريعة اكثر من اسابيع قليلة (3–4 اسبوع). يجب ازالة الاوكسجين عند حفظ البذور بمحتوى رطوبي عالٍ او باستخدام طارد الاوكسجين من الحاويات الحافظة بعملية تفريغ الهواء Vaccum. يمكن ان تكون درجة حرارة المختبر الاعتيادية ملائمة جداً لحفظ البذور لفترة اقل من المشار اليها في اعلاه او الحفظ في الصفر المئوي او اقل نسبياً. من الخبرة الشخصية، يفضل زراعة بذور M_1 في خلال ال 24 ساعة التي تلي عملية التطفير. اما بالنسبة للبذور المعاملة بالمطفرات الكيميائية فيوصى بغسل البذور بالماء الجاري بعد معاملتها بالمطفر لما لا يقل عن 8–12 ساعة لأزالة الاثر المتبقي على سطح البذور، ثم تجفف البذور لكيما تزرع وهي جافة نسبياً. اظهرت الدراسات زيادة فرصة نجاح انبات البذور وبزوغ البادرات عند زراعة البذور المجففة مباشرة بعد المعاملة بالمطفر الكيميائي.

التغيرات المظهرية في النباتات بعد التشعيع

يكاد يكون انبات البذور وتكوين البادرات بعد التشعيع طبيعياً في الفترة الاولى، وربما يعود ذلك الى استمرار العمليات الايضية المعتمدة على الغذاء المخزون في السويداء. اما التغيرات الفيزيائية والكيميائية، فتظهر بعد فترة من البزوغ، حيث يبدأ تغير قوام السايتوبلازم وتزداد عمليات الاكسدة وانخفاض اللزوجة، وبالتالي سرعة الحركة التي تنعكس على حساسية الاوراق

مقارنةً بالنباتات غير المشعة، فتبدو صفراء شاحبة او ينعدم لونها فتصبح بيضاء Albino (Maluszynski واخرون، 2009). تكون جذور النبات اكثر حساسية من الجزء الخضري والبويضات اكثر حساسية من حبوب اللقاح، وكذلك الانسجة المرستيمية عنها في الخلايا المتخصصة. اما عدد الكروموسومات وحجمها، فانهما عاملان مؤثران في تحديد الحساسية للاشعاع، فالكروموسومات الكبيرة اكثر حساسية من الصغيرة، وحجم نواة الخلية الكبيرة يمتص طاقة اشعاعية اكبر بغض النظر عن كمية الجرعة الاشعاعية. من الممارسات التطبيقية لمعاملات التطفير بالاشعاع، لوحظ حصول اختزال في نمو بادرات M_1 بحدود 30-50%، اي معدل بقاء Survival Rate لحوالي 40-60% من النباتات مقارنة بمثيلاتها غير المعاملة بالاشعاع (Van Harten، 1998).

انواع الطفرات

هناك اربعة انواع رئيسة من الطفرات التي يمكن ظهورها باستخدام اساليب التطفير المذكورة انفاً. ان تعريض المادة لجرعات المطفر الصغيرة تؤدي دوراً تنشيطياً يهدف الى تحقيق تأثير تحفيزي يراد منه مثلاً زيادة الانتاجية، ولا يترك اثرا موروثا في الاجيال النباتية اللاحقة (يوسف واخرون، 1994). اما إحداث التأثير المتوارث باسلوب خلق تغايرات وراثية فانه يتطلب تغيير احدى القواعد النيوكليوتيدية للدنا DNA فتسمى طفرة جينية او إحداث تغيير في تركيب الكروموسوم، سواءً كان فقد او اضافة او تضاعف او تكرار او نقل لجزء من الكروموسوم فتسمى طفرة كروموسومية، وهذا يمكن تحقيقه باسلوب المعاملة الحادة الذي يؤدي الى استحداث طفرات مفيدة بتكرار معين (اعلى بكثير من الحالة الطبيعية)، والتي تستكشف من خلال الدراسات والتجارب المختبرية التي يمكن من خلالها تحديد الجرعة المميتة 50% ± 10. في هذا الخصوص، فقد اثبتت التطبيقات العملية افضلية استخدام الجرعة المميتة 50% ± 10. بينما يتم الحصول على الطفرة الجينومية (الطقمية) عند حدوث تغيير في عدد الكروموسومات من خلال الاضافة او الفقد في مجموعة كروموسومية (طقم كامل، او ما يعرف بالجينوم). اما الطفرات النووية (السايتوبلازمية)، فانها تعني التأثير على المادة الوراثية الموجودة خارج نواة الخلية الحية، اي استخدام مكونات السايتوبلازم مثل المايتوكوندريا او البلاستيدات، فتظهر صفات جديدة مثل العقم الذكري الوراثي – السايتوبلازمي او ظهور طفرات البلاستيدات او الميتوكوندريا. يعد المطفر الكيميائي بروميد الايثيديوم احد الوسائل

المستخدمة لإحداث تغيير سايتوبلازمي في العديد من انواع المحاصيل، ومثله الاكريدينات والتربتومايسين والمايتومايسين. عموماً، تعرّف النباتات او البذور المعرضة للتطفير، بانها تلك التي يمكنها ان تنمو وتتطور دون ان تعاني الضرر الفسيولوجي، فيمكنها ان تحافظ على البقاء وتعطي بذرة واحدة في الاقل عند نهاية الموسم. تجدر الاشارة الى ان البذور النابتة التي تعطي نباتات عقيمة لاتحسب على انها ضمن النسبة المئوية للنباتات المعاملة، بينما يكون تكرار عدد النباتات المستخدمة لتقدير الجرعة المميتة 50% ممثلاً للنسبة المئوية للانبات (Karma and Brunner, 1977). هناك نوع اخر من الطفرات تسمى "الطفرات الكايميرية او الموضعية" والتي غالباً ما تحصل بصورة طبيعية في نباتات الفاكهة، مثل الحمضيات والتفاحيات وغيرها من نباتات الاشجار، فالتغير الوراثي الذي يحدث في جزء من الخلايا المرستيمية يسمى الكايميرا والتي لا تنتقل الى الاجيال اللاحقة (الشكل، 8-1).

زراعة البذور المعاملة بالمطفر

زراعة بذور الجيل التطفيري الاول

بعد ان تتم زراعة بذور الجيل التطفيري الاول في الحقل، فان اولى المهام التي يسعى اليها المربي هي ضمان الحصول على العدد الكافي المطلوب من النباتات النامية التي يمكنها الاستمرا والبقاء لتعطي بذوراً عند الحصاد، على الرغم من كل الظروف البيئية المحيطة. ان تثبيط النمو والهلاكات وارتفاع نسبة العقم من اكثر المؤثرات التي يمكن ملاحظتها في نباتات الجيل التطفيري الاول بسبب التأثيرات التي يخلفها استخدام المطفر والذي لابد هو الاخر ان يتصف بالتأثير الوراثي العالي (خلق تغايرات وراثية) والتأثير الفسيولوجي الواطئ (الشكل، 8-2). ان عزل نباتات الجيل التطفيري الاول عن نباتات الاصناف الاخرى لنفس المحصول يكون ضرورياً بالنسبة لمحاصيل خلطية التلقيح، وهذه الاخيرة تتطلب استخدام اسلوب التلقيح الذاتي للمنتخبات للحصول على بذور الجيل التطفيري الثاني.

اما بالنسبة للملاحظات والقياسات الحقلية، فانها تتطلب المتابعة المستمرة من بعد البزوغ وتسجيل نسبته وعدد البادرات التي تبقى حية دون ظهور علامات الضرر الفسيولوجي، يليها متابعة الاشكال المظهرية للسيقان والاوراق وصفاتها المختلفة عن نباتات الاصل وتعليم النباتات المتغايرة وصولاً الى النضج (يمكن ان تظهر تغايرات وراثية في هذا الجيل)، وبالتالي يمكن تحديد افضل مطفر وافضل جرعة او تركيز يستخدم في الجوانب التطبيقية. من

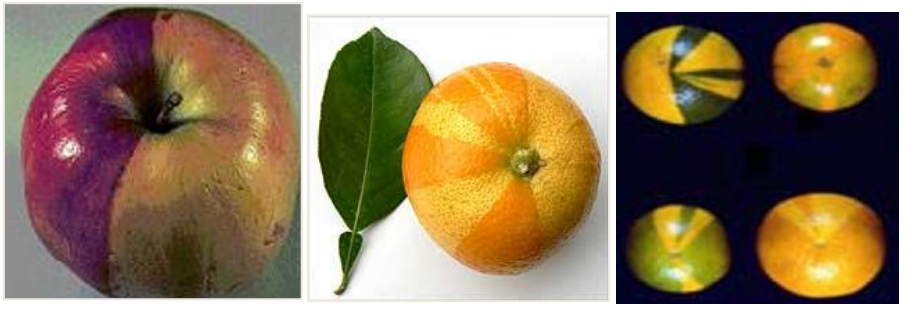
الضروري دراسة وتسجيل نسبة العقم وتطور النسل على اساس نوع التغيير الوراثي الذي احدثه المطفر والطريقة المناسبة لمتابعته.

حصاد الجيل التطفيري الاول

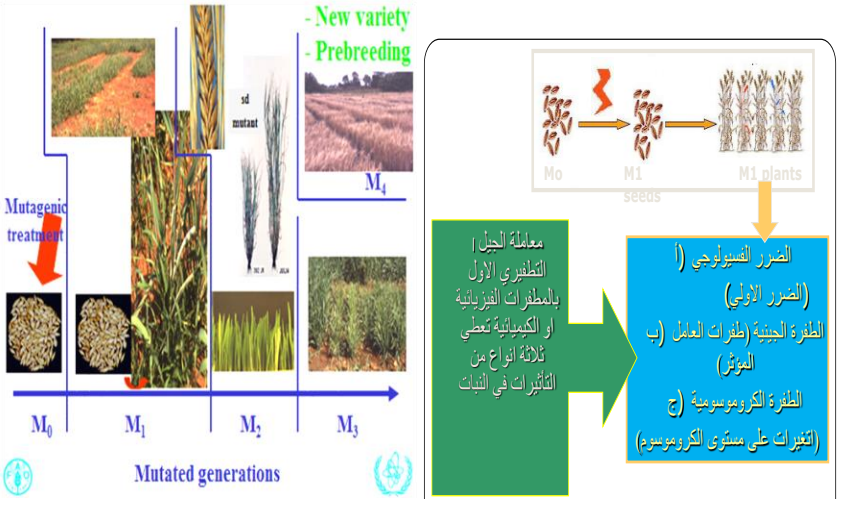
يتم حصاد نباتات الجيل التطفيري الاول بأحد اسلوبين هما:

1) حصاد السنابل او الفروع او اي شكل من اشكال التكاثر التي تتيح الاستمرار لبرنامج التربية بطريقة فردية. في نباتات ذوات الفلقة الواحدة، مثل الحنطة والشعير والرز... الخ، حيث يحوي جنين البذرة كل انواع التغاير التي يمكن ظهورها في الاجيال اللاحقة، كونه يمتلك العوامل الوراثية التي طرأ عليها تأثير المطفر والذي يمكن توارثه عبر الاجيال في النبات ككل

او في



الشكل (8-1) بعض الطفرات المستحدثة والطفرات الكايميرية في نباتات الفاكهة والمحاصيل الحقلية



الشكل (8-2) برامج تشعيع بذور المحاصيل واستحداث الطفرات الجينية او الكروموسومية للوصول الى طفرات مستحدثة تتصف بالانتاجية العالية، المقاومة للمسببات المرضية، لها تطبع بيئي واسع وذات نوعية تغذوية جيدة.

الاشطاء الاولية التي يعطيها. يفضل حصاد السنبلة الرئيسة لكل نبات من نباتات الجيل التطفيري الاول، وحفظها بصورة منفصلة لكيما تتم زراعتها على انها بذور الجيل التطفيري الثاني بطريقة سنبلة – خط. اما بالنسبة لنباتات ذوات الفلقتينذاتية التلقيح، مثل البقوليات الغذائية وكذلك زهرة الشمس والطماطة و...الخ، فيكون التعامل مع بذور القرنة او القرص الزهري او ثمرة او عدة ثمار للفرع الرئيس، وبنفس الاسلوب السابق.

2) الحصاد بالطريقة التجميعية، وهذا يتبع عندما يكون حجم المجتمع النباتي صغيراً او يكون بتكلفة اقتصادية ارخص عند شحة العمالة او تكلفتها العالية.

طرائق التربية للاجيال التطفيرية

يتحتم على مربي النبات تحديد طريقة التربية واسلوب متابعة المتغايرات وطريقة الحفاظ على الطفرات وديمومتها باتباع اساليب الانتخاب والغربلة والتربية الداخلية حيث يجب ان تظهر الطفرة في خلايا النبات، فتبدي تقدماً واضحا للاعضاء التكاثرية المسؤولة عن انتاج

البذور. يتم حصاد وحفظ بذور الطفرات المستحدثة، لكيما تتم زراعتها كجزء من بذور الجيل التطفيري اللاحق.

تعطي الطفرات المتنحية نباتات متماثلة مظهرياً بحيث تعبر عن وجود طفرة، وتجدر الاشارة هنا الى عدم امكانية تحديد الطفرة المتنحية وصعوبة تشخيصها الا بعد الجيل التطفيري الثاني، حيث يتم الانعزال الوراثي للصفة المتنحية. اما عند حدوث طفرة في حبوب اللقاح التي تخصب البيضة، فان جميع خلايا البيوض المخصبة التي تعطي البذور (وهذه بدورها تكون نباتات فيما بعد)، تكون حاملة لحالة عدم التماثل الوراثي.

ان طرائق التربية المستخدمة في اجيال التربية الداخلية هي نفسها الي تستخدم في تحسين المجتمعات النباتية بالتهجين. ربما تكون طرائق تربية النسب Pidgree واختبار النسل Progeny test والطريقة التجميعية او التجميعية المحورة modified bulk او سلالة الجين الفردي Single – gene descent الاكثر شيوعاً في تربية طفرات المحاصيل ذاتية التلقيح مثل الحنطة والشعير والرز والذرة البيضاء والكثير من محاصيل البقول مثل فول الصويا وفستق الحقل والباقلاء وغيرها، بينما يعتمد اسلوب التلقيح الذاتي وانتاج السلالات الطافرة في محاصيل خلطية التلقيح مثل الذرة الصفراء وزهرة الشمس، حيث تزداد الاصالة الوراثية جيلاً بعد اخر حتى تصل الى اكثر من 96% في الجيل الخامس من التربية الداخلية. لا بد ان نذكر ان برامج تربية الطفرات شملت نباتات الزينة للحصول على تغايرات مظهرية لم تكن موجودة اصلا في الطبيعة، وذلك من خلال تحورات الاوراق او الازهار او تقزم النبات او تغير اللون او حدوث التخطط او التبرقش في الاوراق او البتلات، كما في الطفرات الكلوروفيلية.

الادارة الحقلية لمجتمع الجيل التطفيري الثاني

تعتمد ادارة مجتمع بذور الجيل التطفيري الثاني على طريقة الحصاد المتبعة مع نباتات الجيل التطفيري الاول، فتتم الزراعة بطريقة نبات – خط او سنبلة – خط او فرع نباتي – خط، وفق تصميم مخطط حقلي يتيح زراعة 10 – 12 خط متغاير ثم خطان من الصنف الاصل للمقارنة الحقلية المنظورة (المرئية visual)، ليتم تحديد التغاير الوراثي المستحدث بعيدا عن التأثيرات البيئية قدر المستطاع. اما بالنسبة للزراعة التجميعية، فيتم تقسيم البذور على وفق

كمية البذار المطلوبة وزراعتها في الواح تجريبية الى جانب الصنف الاصل وبطريقة الخطوط، لكيما تجرى عليها نفس الاساليب السابقة من حيث التشخيص المرئي.

حجم مجتمع بذور الجيل التطفيري الثاني

يعد حجم المجتمع النباتي لبذور الجيل التطفيري الثاني عاملاً رئيساً ومحدداً لنجاح برنامج التربية. اقترح Brock (1971) و Rédei (1974 و1982) و Brock و Mike (1979) طريقة لتقدير عدد العوائل النباتية التي يجب اختبارها لضمان عزل الطفرات المفيدة التي يمكن استحداثها ولمختلف الانواع والتكرار المتوقع حدوثه، على وفق المعادلة التالية والجدول (8-4).

$$N = \frac{Log\ (1-p)}{Log\ (1-\mu)}$$

حيث تمثل N عدد العوائل النباتية المطلوبة و μ معدل عدد الطفرات و P_1 احتمال ظهور طفرة واحدة في الاقل.

يمكن حساب عدد نباتات الجيل التطفيري الثاني لكل عائلة من العوائل النباتية للجيل التطفيري الثاني بالمعادلة التالية:

$$M = \frac{Log\ (1-p2)}{Log\ (1-\alpha)}$$

تمثل M عدد نباتات الجيل التطفيري الثاني لكل عائلة نباتية و α هي معدل الانعزال للطفرة و P_2 هو احتمال ظهور طفرة متماثلة واحدة في الاقل.

ان معدل الانعزال الوراثي للطفرة التي يتحكم بها جين واحد متنحي في الجيل التطفيري الثاني هو 1/4 بعد المعاملة بالمطفر، حيث تأتي من المشيج الذي يمثل نصف العدد الكروموسومي، مثل حبة اللقاح، واستنادا لقانون مندل الاول. تمثل البذرة المطفرة في العموم اكثر من خلية، في جنين البذرة الذي حصل فيه التطفير، والتي يمكنها الانقسام والتكاثر بعد الاخصاب للوصول الى الجيل التالي. وعليه، فان النسبة الانعزالية لخليتين او ثلاثة او اربعة

او خمسة التي يمكنها التوارث الى الجيل اللاحق، وبغياب الانتخاب ستكون 8/1 و12/1 و 16/1 و 20/1، وعلى التوالي.

الجدول (8-4) عدد العوائل النباتية للجيل التطفيري الثاني التي يمكن اختبارها لمختلف معدلات الطفرات واحتمالات ظهورها.

تكرار الطفرة μ	عدد العوائل النباتية N*	نوع الطفرة	تكرار الطفرة μ
	P_1 =0.9	P_1= 0.99	
1×10^{-2}	233	465	1×10^{-2}
1×10^{-3}	2326	4652	1×10^{-3}
1×10^{-4}	232600	6520	1×10^{-4}

المصدر: Brock (1977).

يمكن حساب حجم مجتمع M_2، من المعادلة ولمختلف القيم من (α) و (P_2)، والمدرجة في الجدول (8-5).

من خلال ربط كلا التقديرين، فان قيم (N) و (M) لحجم المجتمع النباتي المطلوبة في (M_2) يمكن حسابها لعزل انواع الطفرات المستحدثة على وفق الاحتمالية المعطاة. وعليه، فان الطفرة التي يتحكم بها جين متنحي واحد وبما يساوي نسبة قدرها 1×10^{-4} يكون حجم المجتمع النباتي المطلوب في الجيل التطفيري الثاني (M_2) تقريبا 6520 نبات، بينما يكون عددها 465200 نبات عندما تكون النسبة 1×10^{-5} (Brock، 1977 و Chopra، 2000).

كفاءة المطفر وتأثيره mutagenic effectiveness and efficiency

يعود تأثير المطفر المستخدم الى معدل استحداث الطفرات والتي تستند الى جرعة المطفر المستخدم. اما كفاءة المطفر فتستند الى ما يعرف معدل الطفرات فيما يتعلق بالضرر الحال في الجيل التطفيري الاول ويتضمن ضرر الهلاك او حدوث الجروح او التشوهات او العقم

(Kumar واخرون، 2010). تحسب تأثيرات وكفاءة المطفر وفق المعادلة التي اقترحها konzak واخرون (1965):

$$\text{تأثير المطفر} = \frac{\text{M x 100}}{\text{Krad}}$$

حيث:

M = تكرار الطفرة لكل 100نبات في الجيل التطفيري الثاني و

Krad = جرعة المطفر الفيزيائي المستخدم بالكيلوراد

$$\text{كفاءة المطفر} = \text{M x 100/L}$$

$$= \text{M x 100/I}$$

$$= \text{M x 100/S}$$

حيث:

M = تكرار الطفرة لكل 100نبات في الجيل التطفيري الثاني و

L = % للهلاكات الحاصلة او انخفاض عدد النباتات الباقية على قيد الحياة

S = % للعقم الحاصل في النباتات او الانخفاض في خصوبة البذور.

طرائق الانتخاب في الجيل التطفيري الثاني (M_2)

تعد عملية انتخاب الطفرة او الطفرات المستحدثة مسألة في غاية الاهمية في برامج تربية الطفرات، بل انها اهم من عملية التطفير والاستحداث التي يتم القيام بها مختبرياً. عليه، تكون تقنيات الانتخاب في الجيل التطفيري الثاني وما يتبعه في الاجيال اللاحقة على وفق الاتي:

طريقة الانتخاب المظهري (المرئي visual)

الانتخاب المظهري هو الطريقة الاكثر فعاليةً وتأثيراً في معرفة الاشكال المظهرية الطافرة. تعد مثل هذه الطريقة الاساس الاولي لأنتخاب الطفرات المقاومة للمسببات المرضية والتبكير بالتزهير او النضج وارتفاع النبات (التقزم) وتغيرات اللون (في برامج تربية نباتات الزينة) وعدم الانفراط ومقاومة الاضطجاع ومقاومة التجعد في البذور (فول الصويا) و ....الخ.

الطرائق الفيزيائية (الالية)

تكون مثل هذه الطرائق فعالة وكفوءة في الانتخاب لصفات حجم البذور ووزنها وكثافتها، وبالتالي فان الحاجة تكون لأستخدام القياسات وربما بعض الاجهزة مثل الهكتوليتر (لقياس الوزن النوعي للبذور) و...الخ.

الجدول (8-5) حجم مجتمع الجيل التطفيري الثاني. (M_2) لمختلف النسب الأنعزالية ومستويات الاحتمالات التي يمكن ظهورها للطفرات المتماثلة.

معدل الانعزال الوراثي	حجم مجتمع M_2 للعوائل النباتية	
	P_2 =0.9	P_2 =0.99
1/4 =α	8.0	16.0
1/8 =α	17.2	34.5
1/12 = α	26.3	52.6
1/16 = α	35.7	71.4
1/20= α	45.5	91.0

طرائق الانتخاب الاخرى

لابد ان يحدد مربي النبات طريقة الحفاظ على الطفرات ومعرفة المرغوبة منها والتي يمكن ان تظهر من الجيل التطفيري الثاني واجيال التلقيح الذاتي اللاحقة. ان طرائق التربية المتبعة في اجيال التربية الذاتية التلقيح هي نفسها التي تستخدم في تحسين المجتمعات النباتية بالتهجين. فنباتات F_1 و M_1 تكون متشابهة وراثياً من حيث حملها للجينات غير المتماثلة على الموقع الجيني الواحد، كما تختلف نباتات F_1و M_1 عن بعضها بسبب ان نباتات M_1 يمكن ان تكون مختلفة عن بعضها وراثياً، اذ يعبر قسم منها عن وجود طفرة والقسم الاخر يعد التغاير فيه تغايراً بيئياً غير موروثاً، اما نباتات F_1 فتكون حاملة لتفس التركيب الوراثي اذا كانت ناتجه من تضريب سلالتين نقيتين. ان كل نباتات F_2 و M_2 يظهر فيها الانعزال بطريقة متماثلة مع بعضهما تقريباً.

طريقة النسب Pedigree Method

يمكن توضيح طريقة النسب في تربية مجتمعات التربية الداخلية باستخدام برامج التطفير الوراثي من خلال الاجراءات المتخذة في كل موسم زراعي وبحسب ما يأتي:

الموسم الاول زراعة بذور M_1 وحصاد نباتاتها (M_2) عند النضج بصورة منفردة لكل نبات او سنبلة رئيسة.

الموسم الثاني تزرع البذور الجيدة (M_2)المأخوذة من نباتات (M_2) للحصول على انعزال مثل تغاير وراثي. اما تحديد العدد الملائم من النسل لتأكيد الحصول على طفرة (تغاير) فكما أوضحناه قبلا، ويمكن اعتماد نفس الاسلوب الذي تم عرضه في فصل التضريب الرجعي. تحصد نباتات الجيل التطفيري الثالث بصورة منفردة كما في الموسم الاول.

الموسم الثالث تزرع بذور الجيل التطفيري الثالث (M_3) المنتخبة بطريقة سنبلة (نسل) – خط، اذ تمثل التغايرات المرغوبة والمتماثلة في الصفات. يمكن ان تحصد البذور الناتجة (M_4) بطريقة تجميعية، اي خلط بذور السنابل المنتخبة ضمن الخط الواحد وتفرط سويةً.

الموسم الرابع تزرع بذور (M_4) ويمكن هنا ان تظهر الانعزالات الوراثية بصورة واضحة جداً بالمقارنة مع الاصل لآنتاج بذور (M_5) التي يمكن ان تسمى طفرة مرغوبة لكيما تدخل في المواسم اللاحقة في تجارب مقارنة الحاصل والاستمرار بتربيتها الى الاجيال المتقدمة (M_5–M_8) كما يوضحها الجدول (8–6) والمخطط (1). تمثل هذه الطرائق استخدام الخبرة والمهارة الى جانب القياس الدقيق باستخدام الاجهزة والمواد الكيميائية او الكيموحياتية او الفسيولوجية او الفيزو–كيميائية او بالاحرى مختلف وسائل واساليب الغربلة لتحديد الطفرات المنتخبة المرغوبة. على سبيل المثال، يتم انتخاب الطفرات المتحملة للجفاف من قياس محتوى البرولين، ومثلها الطفرات غير الحساسة للجبرلين من خلال رش البادرات بالجبرلين او نقع البذور بمحلول الجبرلين، ومن ثم انتخاب البادرات التي لا تستجيب له او لها استجابة واطئة. ان مقاومة او تحمل تأثير استخدام المبيدات العشبية يمكن ان يتم باسلوب الغربلة بعد المعاملة الكيميائية لبادرات الجيل الثاني، ومثلها مقاومة الامراض (Donini و Sonnino، 1998).

الطريقة البلكية Bulk method

تتطلب الطريقة البلكية جهداً اقل مما هو عليه في الطرائق الاخرى لأجل صيانة وادامة المجتمعات النباتية. لتوضيح الطريقة، نستعرض الاسلوب التطبيقي على وفق مواسم الزراعة وكما يأتي:

الموسم الاول تزرع البذور المعاملة بالمطفر M_1 وتحصد البذور المنتجة سويةً لتمثل M_2 اي المجتمع البلكي الناتج من خلط البذور المحصودة.

الموسم الثاني تؤخذ عينة بحجم جيد من الجتمع البلكي للموسم الاول وتزرع في حقل التجارب، اذ تمثل النباتات النامية الجيل التطفيري الثاني. يمكن اجراء الاتخاب الفردي او الاجمالي للسنابل او النباتات المرغوبة قبل الحصاد لتخلط بذورها سويةً وبطريقة تجميعية.

الجدول (8-6): برنامج تربية الطفرات باسلوب اكثار البذور في محاصيل ذاتية التلقيح.

السنة	جيل التربية	اسلوب التربية
الاولى	M_1	معاملة البذور بالمطفر الملائم، على ان يتم الحصول على 500 نبات M_1 خصب في الاقل عند الحصاد. تزرع بذور M_1 بمسافة عزل عن الاصل وعن الاصناف الاخرى، وبمسافة 25-50 سم للحبوب و75-100سم للبقول وغيرها، لمتابعة الطفرات الكايميرية. يمكن مشاهدة الطفرات السائدة بسهولة، ويتم حصاد السنبلة او الفرع الرئيس فردياً لأستكمال القياسات المطلوبة.
الثانية	M_2	زراعة الذرية لكل نبات في خط، ومتابعة الخطوط التي تعطي طفرات، وانتخاب النباتات الطافرة المرغوبة. اما الطفرات بالنسبة للصفات الكمية، فلا تظهر بوضوح، مما يتطلب انتخاب النباتات التي تبدي صفاتها الكمية تفوقاً واضحاً على مثيلاتها او الصنف الاصل.
الثالثة	M_3	زراعة ذرية المنتخبات في خطوط وانتخاب الخطوط

		والنباتات المتفوقة ضمن كل خط اوذرية.
الرابعة	M_4	اكثار بذور المنتخبات من الطفرات الواعدة بزراعتها في عدة خطوط (عوائل نباتية)، وانتخاب الذرية الواعدة باسلوب الحصاد البلكي (عدة نباتات سويةً) واستبعاد الخطوط الوراثية غير المرغوبة.
الخامسة	M_5	اجراء تجارب التقييم الاولي للخطوط الوراثية الواعدة (الطفرات)، بمقارنتها مع الصنف الاصل والاصناف السائدة. يمكن اجراء هذه التجربة في اكثر من بيئة لضمان نتائج التقييم.
السادسة – الثامنة	M_6 – M_8	تحديد الطفرات المتفوقة وزراعتها في الواح الاكثار، مع استمرار تجارب التنقية والتماثل الوراثي والمظهري، الى جانب تجارب المقارنة.
التاسعة	M_9	استكمال الاختبارات المطلوبة وتجارب المقارنة، وخصوصا للصفات النوعية مع اكثار البذور للوصول بها الى الكميات التي تتيح اختبارها من قبل الجهات الرسمية.
العاشرة	M_{10}	ديمومة انتاج بذور المربي، واجراء الاختبارات الرسمية من قبل الجهات المعتمدة في القطاع الزراعي، لتعميم النتائج الايجابية.

<u>الموسم الثالث</u> في هذا الموسم يمكن اتباع احد الاسلوبين:

ان النسل الذي تم الحصول عليه من نباتات M_2 هو بذور الجيل التطفيري الثالث M_3 والذي يزرع لأجراء الانتخاب للنباتات المرغوبة بنفس الاسلوب المتبع في طريقة النسب.

تشعيع البذور M_1

↓

عزل النباتات المتغايرة في الجيل التطفيري الثاني M_2

↓ ↓

الطفرات المرئية الطفرات غير المرئية

التأكد من التغاير في المنتخب وانتخاب

↓ ↓ ↓

افضل النباتات المتغايرة افضل ذرية متغايرة من

انتخاب افضل ذرية متغايرة ↓ الطفرات غير المرئية ↓

تزرع في الواح التربية لأفضل تزرع في الواح التربية

ذرية من الطفرات المنتخبة M_3

(تجارب مقارنة لأفضل ذرية والتهجين بين الطفرات الجيدة او مع

الاصناف السائدة)

↓ ↓ ↓

تجارب المقارنة واستمرار استمرار تجارب المقارنة والتربية

تربية الجيل الاول F_1 ↓ ↓

تجارب المقارنة والمشاهدات مع الاصل تربية الجيل الثاني F_2

والانتخاب الفردي ل F_3

↓ ↓

إكثار الطفرات الجيدة مع الانتخاب الزراعة في الواح التربية والمقارنة مع الاصل ↓

للعوائل النباتية ↓

اكثار الطفرات/ تجارب الادارة الحقلية للتسجيل والاعتماد

مخطط (7-1) توضيح أسلوب التطفير التجريبي في تربية محاصيل ذاتية التلقيح (Filov and Stoilov, 1971)، عن ابراهيم واخرون، 1990.

تزرع بذور الجيل التطفيري الثالث M_3 البلكية التي تم الحصول عليها من نباتات M_2 في الحقل التجريبي ليتم اجراء الانتخاب للنباتات المرغوبة التي تمثل تغايراً عن الاصل ويتم اختبار

النسل بطريقة فردية، وتحصد سويةً (تخلط)، كما يمكن عدم اجراء الانتخاب الاجمالي للنباتات والاستمرار بالطريقة التجميعية لعدة اجيال وبحسب فلسفة وقناعة المربي.

الموسم الرابع بعد الحصول على السلالة المرغوبة يمكن زراعتها كصنف تجريبي في برنامج التربية وادخاله في تجارب مقارنة الحاصل والاختبارات الاخرى او يستخدم_كصنف جديد في برامج التربية الاخرى.

يعد الانتخاب الاجمالي السمة الرئيسة للطريقة البلكية فيكون مفيداً في الجيل التطفيري الثاني والاجيال اللاحقة للحصول على الطفرة المرغوبة. اما المساوىء التي تظهر في حصاد نباتات الجيل التطفيري الاول في هذه الطريقة فهي احتمال كون النباتات الفردية حاوية على تردد عالٍ من الطفرات المفيدة ولكن بذورها قليلة، اي اقل من بقية النباتات التي ربما لا تمثل طفرات وراثية مفيدة وتم حصادها وخلط بذورها.

سلالة الجين الفردي Single- gene descent

الموسم الاول تزرع البذور المعاملة بالمطفر M_1، حيث يمثل كل نبات من نباتات M_1 فرصة مساوية لمثيلاته في المجتمع النباتي وربما يكون الفرق بينها هو خصوبة البذور وحيويتها نتيجة الضرر الفسيولوجي الذي تعرضت له نتيجة المعاملة بالمطفر. تحصد البذور (السنابل او القرنات ...) المنتجة سويةً ويؤخذ بذرة واحدة فقط او عدد قليل ومتساوٍ من كل سنبلة لتمثل M_2 وتخلط سويةً لتزرع بطريقة تجميعية في الموسم اللاحق.

الموسم الثاني تزرع بذور M_2 والنباتات النامية M_2 تحصد فقط المرغوبة منها بصورة فردية لأختبار النسل في الموسم الثالث ويمكن اخذ بذرة واحدة او عدد قليل ومتساوٍ من كل نبات لتخلط سويةً. يكون اجراء الانتخاب المظهري للنباتات المرغوبة بالمقارنة مع الاصل والتي تمثل تغايراً مظهرياً واضحاً.

الموسم الثالث في هذا الموسم يمكن اتباع احد الاسلوبين كما في طريقة النسب، والفرق الوحيد عنها ان يتم اخذ البذور بعدد قليل ومتساوٍ من كل نبات كونها تمثل سلالة ناتجة من بذرة واحدة.

الموسم الرابع كما في الطريقة البلكية.

ان اهم فوائد الطريقة هي تمثيل اكبر عدد ممكن من البذور التي يتم الحصول عليها من نباتات الجيل التطفيري الاول ولا تضيع فرصة فقدان اي نبات. اما مساوىء الطريقة فهو احتمال عدم الحصول على اي طفرة وراثية مفيدة من هذه البذور القليلة المأخوذة من كل نبات.

اختبار الاجيال المبكرة Early generation testing

ان الهدف الاساس من استخدام اختبار الاجيال المبكرة هو تقييس وتحسين الصفات الكمية المرغوبة التي لا يمكن انتخابها ببساطة على اساس مظهري او تنبؤي، اي لا يمكن انتخابها بصورة حسية visually وكما يأتي:

الموسم الاول زراعة بذور M_1 واخذ السنبلة الرئيسة من نباتات الجيل التطفيري الاول للحصول على بذور الجيل التطفيري الثاني M_2 بصورة فردية.

الموسم الثاني تزرع بذور الجيل التطفيري الثاني بطريقة سنبلة – خط في الواح ووفقاً لأدائها وسلوكها الوراثي المرغوب تنتخب النباتات التي تعطي بذور الجيل التطفيري الثالث M_3.

الموسم الثالث كما في الموسم السابق، اذ تنتج بذور الجيل التطفيري الرابع M_4 مع متابعة تحسين الصفة او الصفات المرغوبة.

الموسم الرابع كما في الموسم السابق، حيث تنتج بذور الجيل التطفيري الخامس M_5. يتم فحص وتأكيد تحسين الصفة الكمية المرغوبة ويمكن ان يطلق الصنف للزراعة الواسعة او يدخل في تجارب مقارنة الحاصل مع الاصل والاصناف الاخرى المعتمدة. لا بد من الاشارة الى ان كل طرائق الانتخاب الانفة الذكر تؤشر اهمية ووجوب الاهتمام بمجتمع الجيل الثاني لقياس وايجاد الطفرات المتنحية لجين الكلوروفيل المنفرد ومقاومة المسببات المرضية والصفات النوعية الاخرى، بينما تكون كفاءة وفعالية الانتخاب للصفات الكمية مثل الحاصل ومكوناته في الجيل الثالث (M_3). اوضح sumera واخرون (2015) كفاءة استخدام جرع مختلفة من اشعاعات جاما في تحسين حاصل الحبوب ومكوناته لصنفين تجاريين من الحنطة (الجدول، 7-8).

الجدول (8-7): تأثير الجرع المختلفة ن اشعاعات جاما في حاصل الحنطة وبعض مكوناته (متوسط طفرتين في الجيل الثالث وصنفين تجاريين)

الصفة	150Gy	200Gy	250Gy	300Gy
طول السنبلة	11.1	11.6	11,6	11.2
عدد سنيبلات السنبلة	22.0	22.1	22.4	21.4
عدد حبوب السنبلة	61.3	64.6	69.9	61.8
وزن 1000 pfm	45.5	44.7	46.1	45.5
حاصل النبات (غم)	11.5	11.4	12.9	11.4

المصدر : sumera واخرون (2015).

الجرع المنخفضة من الاشعاع Low dosage of radiation

على الرغم من ان برامج التحسين الوراثي وادارة وخدمة المحصول واستخدام الحزم التقنية الحديثة والتلاعب او تغيير النظم الزراعية وتطوير التنمية المستدامة تصب في زيادة الانتاج النباتي والارتقاء بالحاصل ومكوناته او تحسين نوعيته، هناك عوامل ومؤثرات اخرى عديدة يمكنها ان تعطي مردوداً انتاجياً مماثلاً اضافياً وربما تتفوق باكثر من ذلك فيما لو استخدمت بشكل كفوء وفعال. من الامثلة التطبيقية التي اتبعت في دول الاتحاد السوفيتي (سابقاً) خلال النصف الثاني من القرن العشرين هو استخدام الجرع المنخفضة من اشعاعات گاما (1-20 گري) كطريقة تكميلية لبرامج التربية التقليدية، اذ يتم تحفيز لنبات وزيادة انتاجيته (يوسف واخرون، 1994).

يعتقد ان الجرع المنخفضة من اشعة گاما تساعد في التخلص من الانزيمات المثبطة للنمو فتحصل ظاهرة التنشيط الاشعاعي. اشارت البحوث والدراسات التي اجريت في الاتحاد السوفيتي (السابق) الى ان الجرع المخفضة من الاشعاع قد اعطت زيادة في انتاجية القمح والشعير والذرة والبازلاء والبنجر السكري وغيرها...الخ (ابراهيم واخرون، 1990). اظهرت مثل هذه الجرع المنخفضة تنشيط انبات البذور وزيادة نسبتها، اي تنشيط حيوية البذور وتحسين البزوغ الحقلي، مثلما تؤدي الى زيادة سرعة نمو النبات وتقصير دورة حياته. لوحظ ان

السلالات النقية للذرة اكثر حساسية من هجنها للاشعاع، بينما لم يلاحظ فروق جوهرية بين الهجن المختلفة (الفردية والزوجية) للحساسية الاشعاعية. اعتقد بعض الباحثين بان استخدام ظاهرة التنشيط الاشعاعي للبذور من خلال تعريضها الى جرع اشعاعية منخفضة يمثل ظاهرة موروثة، اذ لاحظوا بعض التأثيرات المظهرية على نباتات الاجيال اللاحقة، بينما اكد اخرون عدم وجود اي تأثير موروث لمثل هذه الجرع المنخفضة. اما يوسف واخرون، (1994) فقد وجدوا ان مثل هذه الجرع لازالت غير واضحة التأثير في بذور الاصناف التركيبية او مفتوحة التلقيح من الذرة، وربما بسبب عدم وضوح آلية التأثير التنشيطي للاشعاع، واكدوا على ضرورة الاختيار الدقيق للموارد الوراثية المتماثلة الاساس الوراثي.

انتخاب الطفرات المفيدة في محاصيل ذاتية التلقيح

يوضح المخطط (1) والجدول (8–6) تربية الطفرات لمحاصيل ذاتية التلقيح. تتحدد طرائق الانتخاب والتربية بحسب الصفة او الصفات التي يراد استحداثها و/او تحسينها، وبالتالي تختلف الصفات النوعية التي يحكمها عدد قليل من الجينات بمثيلاتها الكمية التي تكون عادة صفات مستمرة تتأثر كثيراً بالبيئة ويحكمها عدد غير قليل من الجينات.

تربية الطفرات لحاصل البذور

ان حاصل الحبوب من الصفات الكمية المعقدة، وهي دالة لمكوناته، اي يرتبط الحاصل بالصفات الكمية الاخرى الممثلة لمكوناته مثل عدد السنابل/ نبات وعدد بذور السنبلة ووزن البذرة، ان جميع هذه المكونات تتأثر بالبيئة وبادارة وخدمة المحصول، فتعطي تغايرات مستمرة عند قياسها او تقديرها. وعليه، فان برامج استحداث وتربية الطفرات لا تهتم كثيراً بحاصل الحبوب بقدر ما يتم الاهتمام باحدى مكوناته، وبالتالي يتم الانتخاب ليس على اساس جينات محسنة في نبات واحد او عدة نباتات، بل يتعداه الى انتخاب عدد كبير من النباتات ، وربما لأكثر من صفة (Åastveit، 1977).

اتبع اسلوبان في تشخيص الطفرات عالية الحاصل، الاول هو الانتخاب لصفة او اكثر من مكونات الحاصل (Gustofson، 1965 و Swaminathan، 1965 و Sharma،1982). يتطلب هذا الاسلوب توفر الخبرة والمعرفة العلمية العالية للمعايير الوراثية

ومعرفة طريقة توارثها واستخدام الطرائق الاحصائية التي تسهل من اعمال الانتخاب. هناك الكثير من الصفات الفسيولوجية التي يمكن ان يتم انتخابها وفقا لما يخدم برنامج التربية لزيادة الحاصل (Reynolds واخرون، 2001)، او الاعتماد على البيئة المحيطة التي يجرى فيها الانتخاب في برنامج التربية، وما يمكن استثماره من صفات فسيولوجية تخدم الهدف لتحسين الحاصل(Fischer واخرون، 2003). يذكر Blum و Atlin (2003) ان الانتخاب للصفات الثانوية التي تزيد من حاصل الحبوب يتم من خلال: 1) الارتباط الوراثي للصفة الثانوية بحاصل الحبوب في بيئة الهدف. 2) تكون الصفة الثانوية اقل تأثراً بالبيئة من حاصل الحبوب نفسها، اي يكون توارثها اعلى من توارث صفة الحاصل، وبالتالي لها تداخل وراثي – بيئي اقل. 3) لابد من توافر تغاير وراثي في الصفة ضمن النوع المدروس، وهو ما يعنينا من استحداث لهذا التغاير بالتطفير. 4) في حالة الصفات المرتبطة ببيئات الشد، لا بد ان تكون الصفة معبرة عن الحاصل وبقوة في البيئات التي لا تعاني الشد (Araus واخرون، 2002).

اما الاسلوب الثاني، وهو البديل، فيتضمن اعتماد الحاصل نفسه كمعيار انتخابي نهائي (Gregory، 1956 و Sigurbjornsson و Micke، 1974). لتحقيق هذا الهدف، يتم تشخيص الطفرات ويتبع الاسلوب القياسي في تقييمها، كلما امكن، وتستخدم تقنيات التربية والتحسين الوراثي المتوفرة، وربما بأكثر من طريقة واسلوب للوصول بها الى مستوى الصنف الجديد واطلاقه بعد تسجيله واعتماده على وفق الاصول والسياقات المتبعة (Chopra، 2000). من الناحية التطبيقية، اشرت المصادر العلمية اعتماد العديد من الاصناف الطافرة المتفوقة في قدرتها الانتاجية في محاصيل الحنطة والشعير والرز والسمسم وزهرة الشمس والباقلاء، على سبيل المثال لا الحصر (النشرة السنويه للاصناف المسجل والمعتمدة، 1992 و 1994).

تربية الطفرات لمقاومة الامراض

تعد تربية اي نبات لمقاومة المسببات المرضية مؤشراً مهما ليس لتقليل اوخفض الاصابة بقدر ما يرتبط بزيادة الانتاجية وتحسين النوعية التغذوية (Gessese، 2020). تم تطوير اصناف جديدة باتباع اسلوب تربية الطفرات لمقاومة العديد من الامراض المهمة التي تصيب المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر، وخصوصا المسببات الفطرية. من المهم جداً تحديد

الهدف مبكراً لكونه يرتبط بانتخاب الصنف الاصل الذي يراد استحداث التغايرات الوراثية فيه، وكذلك نوع المطفر وجرعته او تركيزه ثم طريقة الغربلة واسلوب الانتخاب الذي يحدد كيفية الفصل بين النباتات الحساسة والمقاومة. كما تشكل طريقة رش معلق السبورات وتركيزه وتكراره والتحضين على اساس توفير الظروف المؤاتية لإظهار تأثير المسبب المرضي في مشتل التربية او في البيت البلاستيكي او غرفة النمو عواملا اساسية لنجاح البرنامج وتحديد الطفرات المقاومة فعلاً للمسبب المرضي (Gupta، 2000). الشكل (8-3) يوضح اعراض الاصابة وبرامج تربية الطفرات لمقاومة الاصداء والنيماتودا في الحنطة والطماطة. من امثلة النتائج المعتمدة عالمياً استنباط صنف رز مقاوم لمرض التبقع البني من قبل Borah و Goswami (1989) باستخدام المطفر الكيميائي EMS، كذلك استنباط صنف اخر من الرز مقاوم للفحة الاوراق البكتيرية باعتماد اسلوب التطفير بالنيوترونات الحرارية (Nakai، 1990). كما استنبط صنف من الشعير مقاوم للبياض الدقيقي الواسع الانتشار، حيث ان اليل الجين المقاوم ml-o المستحدث بالاشعة السينية لهذا المسبب المرضي في اوربا وفي بيئه واسعه في عالم اليوم له دوراً كبيراً في انتاجية الشعير.

استنبطت اصناف عديدة من حنطة الخبز والمعكرونه والشعير والباقلاء مقاومة للمسببات المرضيه في العراق خلال التسعينات من القرن الماضي (النشرة السنويه للاصناف المسجل والمعتمدة، 1992 و 1994).

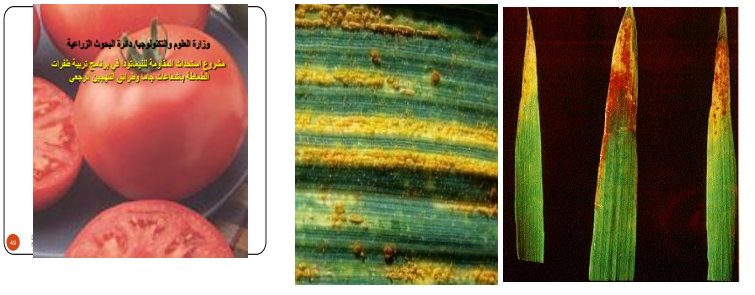
تربية الطفرات للتبكير بالتزهير

تعد صفة التبكير في التزهير و/او النضج من الصفات المهمة التي يفتش عنها مربي النبات لأهداف التهرب من الجفاف او التأثيرات البيئية الاخرى، الى جانب النواحي التسويقية والاقتصادية وكذلك الاستغلال الامثل لأرض الحقل. اظهرت برامج تربية الطفرات امكانية الحصول على طفرات مبكرة مفيدة، سواءً من تزهيرها او نضجها، مما يؤشر امكانية تطويرها الى اصناف جديدة او الاستفادة من تغايراتها الوراثية في برامج التهجين والانتخاب. من الامثلة المعروفة لأصناف الطفرات المبكرة، صنف الشعير نور القادسية، في العراق (النشرة السنويه للاصناف المسجل والمعتمدة، 1992 و 1994)، وصنف الرز نيوكليورايزا Nucleoryza في هنغاريا والذي تم استحداثه في منتصف السبعينات من القرن الماضي وكذلك الصنف الفرنسي

سيزاريوت Cesariot المتأخر النضج، العالي الانتاجية والمقاوم للامراض. استخدمت عوامل الاشعاع مثل النيوترونات السريعة بجرع 10–25 كُري في الرز، وكذلك اشعاعات جاما بجرع تصل الى 250 كُري، وبحسب المحصول لتحقيق صفة التبكير في برامج التربية.

تربية الطفرات لتحسين الصفات النوعية والتغذوية

عندما تتركز اهداف مربي النبات على زيادة القدرة الانتاجية للنبات في البلدان النامية خصوصاً للوصول الى الاكتفاء الذاتي، فان اقرانهم في البلدان المتقدمة يسعون ايضاً لتحسين الصفات النوعية والتغذوية وتلبية احتياجات المستهلك. وعليه، من الضروري عدم تناسي او اهمال مثل هذه الصفات، او على الاقل عدم تدهورها لأجل قبول الصنف الجديد من قبل كل من المزارع الذي ينتجه والمستهلك والمصنِع، ولأي من المحاصيل الحقلية او البستنية. في الحقيقة هناك مدى واسع لمثل هذه الصفات على الرغم من ان عدد الجينات التي تتحكم بها قليل جدا، كذلك تأثرها بالبيئة. اكثر ما يهمنا من مثل هذه الصفات في محاصيل الحبوب والمحاصيل البقولية التغذوية هو محتوى البروتين وتوازن الاحماض الامينية. اما في حالة المحاصيل الزيتية، فان تركيب الاحماض الدهنية والقابلية على استخلاص الزيت ودرجة العكرة فيه وعدم التزنخ والقابلية على الخزن تمثل الصفات الاكثر اهمية (Chopra، 2000).



الشكل (8–3) اعراض الاصابة وتربية الطفرات لمقاومة الصدأ الاصفر والبني في الحنطة والنيماتودا في الطماطة

تجدر الاشارة الى ان النجاحات المتحققة في برامج تربية الطفرات لتحسين الصفات النوعية تعد كثيرة، وخصوصا في محاصيل الحبوب والبقول، بل في المحاصيل ذاتية التلقيح عموماً (ابراهيم واخرون، 1992 و الحمداني واخرون، 1993). كما ان تحسين محتوى بعض الاحماض الامينية مثل اللايسين او تحسين نوعية المولت يمثل انجازات علمية وتطبيقية رائعة في اطلاق العديد من اصناف الحنطة الخبز والشعير (Bhatia واخرون، 1970 و Pogna واخرون، 1995). هناك امثلة اخرى تمثلت في استنباط اصناف طافرة جديدة من فول الصويا وذات محتوى قليل او منخفض من الاحماض الدهنية المشبعة او العكس في زيادة محتواها من الاحماض الدهنية المرغوبة مثل حامض البالمتك او الستيارك. ذهب باحثون وعلماء اخرون الى السعي لأستنباط طفرات من الباقلاء بمحتوى منخفض جداً او معدوم من الفايسين والكوفايسين، والتي تمثل المسبب الرئيس لفقر الدم الانحلالي Favisim لدى الاطفال خصوصاً (يوسف، 2002). ربما يعد برنامج تربية الرز لتحسين محتوى البروتين الذي عرضه Tanaka (1974) احد الامثلة البسيطة التي يمكن تطبيقها لتحسين مثل هذه الصفات وهو كما يلي:

M_1: تشعيع 1000 بذرة جافة من الرز باشعاعات جاما بمصدر الكوبلت 60 وبجرعة 200 و300 كُري.

M_2: تم انتخاب 220 عنقود زهري (دالية) من نباتات M_1 تتصف بخصوبتها العالية من كل معاملة وبطريقة تربية النسب. مثلت بذورها (3300 بذرة) بذور M_2 ولكل معاملة. حللت عينة من كل عنقود زهري لبيان محتواها من البروتين وتم انتخاب بذور 201 عنقود، تم عزلها والاحتفاظ ببذورها للزراعة في الموسم اللاحق.

M_3: من بين بذور الـ 201 دالية تبين ان بذور 37 منها كانت مشابهة في مظهرها لبذور نباتات الاصل الذي اخذت منه. انتخب 11 خط من الـ 37 لها محتوى بروتيني مرتفع ويختلف معنوياً عن الاصل.

M_4: اخذت بذور الـ 11 عنقود زهري فردياً لتمثل عوائل نباتية تمت زراعة كل عائلة نباتية بواقع 15 نبات. وعليه، زرعت بقية العوائل النباتية في تجربة مقارنة الحاصل تمثل

165 عائلة نباتية وبمكررين. تم عزل 12 عائلة نباتية على انها خطوط وراثية طافرة لها محتوى بروتيني عالي.

تم اختبار العوائل النباتية المنتخبة والمعزولة في عدة محطات تجريبية وتحت ظروف بيئية مختلفة، للاجيال التي تلت الجيل الرابع، حيث تم تحديد عدد منها كأصناف طافرة ذات محتوى بروتيني عالي.

تربية الطفرات المتقزمة

تعد صفة تقزم النبات من صفات النمو الموروثة، ولها فوائد كثيرة منها مقاومة الاضطجاع والاستجابة للتسميد العالي وكفاءة استخدام الماء وينعكس ذلك كله على تحسين دليل الحصاد. تم استنباط العديد من الاصناف القصيرة باسلوب استحداث الطفرات في محاصيل ذاتية التلقيح. من الامثلة المتداولة عالمياً ما استنبطه Pande و Raghuvanshi (1988)، عندما حصلا على طفرة متقزمة وعالية الحاصل في الهرطمان (*V. radiata* L. Willczek) والذي يزرع بموسمين او ثلاث مواسم/ السنة في الهند. اظهر برنامج تربية الطفرات تحقيق استحداث طفرة متقزمة وعالية الحاصل من تشعيع البذور بجرعة 200 كُري وتنضج بـ 54 يوماً. ان الاستخدام الواسع لأصناف الرز والحنطة القصيرة او شبه القصيرة الحاملة للاليل *sd* و *Rht1* على التوالي كانت المفتاح الذي شارك في نجاح الثورة الخضراء في القرن الماضي. ان جين *sd1* في اصناف الرز الحديثة في اليابان وامريكا والبلدان الاخرى قد استحدث إصطناعياً بإشعاعات كاما، وان أغلب الاصناف المزروعة اليوم في الولايات المتحدة الامريكيه واستراليا ومصر قد اشتقت من الصنف الطافر "Calrose 76 " وتلك التي في اليابان من الصنف "Reimri".

تربية الطفرات لمقاومة الاضطجاع

يحدث الاضطجاع وانحناء وربما كسر السيقان في النباتات نتيجة عدم تطور النظام الجذري وصغر حجمه. اوضحت النتائج التطبيقية لبرامج استحداث الطفرات المقاومة للاضطجاع سهولة استخدام هذه التقنية وضمان نتائجها من خلال تقصير طول النبات والذي يتاتى من اختزال وتقليل المسافة بين العقد على الساق او تقليل عدد العقد والتي اظهرت

ارتباطها السالب مع صفة المقاومة للاضطجاع. تبين زيادة تكرار الطفرات المستحدثة المفيدة باستخدام المطفر الكيميائي EMS (Arumugam و Subramanian، 1990).

من المهم جداً ان نذكر امكانية استحداث بعض الطفرات المفيدة في الصفات المظهرية، مثل لون الاوراق او الازهار او درجة كثافتها او طبيعة النمو من حيث كونه محدودا اوغير محدود للأغراض التجارية او التسويقية، كما في نبات الزينة، بالاضافة الى امكانية تحسين بعض الصفات الكمية الاخرى مثل عدد قرنات النبات او عدد بذور القرنة وربما لتغيير الشكل الهندسي للنبات بما يجعله مؤهلا للزراعة الكثيفة (Abdul Shakoor واخرون، 1978).

تربية الطفرات العقيمة ذكرياً

ان صفة العقم الذكري من الصفات المهمة في برامج تربية الهجن، التي تسيدت الزراعة الحديثة استناداً لما يمتلكه الهجين من صفات كمية ونوعية فيتفوق على ابويه بسبب ظاهرة قوة الهجين. تكمن اهمية صفة العقم الذكري في كونها تلغي الحاجة لأجراء عملية الاخصاء emasculation اي ازالة الاعضاء الذكرية ونقل اخرى غيرها اليها والتي يقوم بها عمال متدربين، فتزيد من كلفة مدخلات الانتاج. نجحت برامج تربية الطفرات في استحداث طفرات عقيمة ذكرياً (سواءً كانت صفة العقم الذكري الوراثي او السايتوبلازمي او الوراثي – السايتوبلازمي) في الكثير من نباتات المحاصيل والخضر. من الامثلة الحية، استحداث الصفة في نبات العدس، حيث ان عملية الاخصاء في غاية من الصعوبة لصغر حجم الازهار وصعوبة اجراء الاخصاء، (Sinha، 1989). تبين ان الصفة يحكمها جين منفرد واحد وتنعزل بنسبة 3:1 في التلقيح الاختباري، كما يمكن تمييز النباتات العقيمة في بداية مرحلة النضج، حيث تستمر النباتات العقيمة باعطاء الازهار وتبقى خضراء، في الوقت الذي تنضج النباتات الخصبة.

تربية الطفرات المقاومة للشد غير الحياتي

تؤثر الشدود البيئية غير الحياتية سلبياً في انتاجية اي محصول في كل البيئات بما يمثل التحدي الرئيس للامن الغذائي، فتأثيرات الملوحة والجفاف والحراره العالية في البيئات الجافة وشبه الجافة في مختلف اطوار نمو النبات وكل العمليات الفسيولوجية تنعكس على تثبيط

امتصاص البوتاسيوم وزيادة امتصاص الصوديوم في انسجة النبات وتقلل بالتالي محتواها من البروتينات الذائبة (Abobatta، 2019). تبرز الحاجة الى التفتيش عن جينات المقاومة والتحمل لهذه الشدود البيئية، والتي ربما اظهرت شحتها من جهة وصعوبة تجميعها كونها جينات ثانوية في الاغلب وتوارثها محكوم بالتأثيرات الاضافيه التجميعية (يوسف واخرون، 1998 و Hassan، 1999). لذا، فان من الضروري استخدام التطفير بالاشعاع او بالمطفرات الكيميائية بما يخدم تخليق او استحداث هذه الجينات او التغايرات الوراثية. استحدثت طفرات عديدة وطورت الى اصناف نباتية مقاومة للشدود البيئية غير الحياتية (الجفاف والملوحة والبرودة و...الخ) في الكثير من المحاصيل مثل الحنطة والشعير والرز. تم استنباط اصناف طافرة من الرز متحملة للملوحة في الهند غير انها قليلة الغلة، وامكن اعتبارها مصادر وراثية للصفة (Sreedharan و Misra، 1976). ربما يتم استثمار هذه الطفرات باستخدام التقنيات الحياتية الحديثة والهندسة الوراثية بنقل الجينات المسؤولة عن الصفة الى الاصناف عالية الغلة وباستخدام برامج التربية التقليدية او الحديثة.

تربية الطفرات باستخدام التقنيات الحياتية

ساعدت تقنية الزراعة النسيجية في تسريع برامج التربية عموماً وبرامج التطفير وفرز الطفرات المغايرة للاصل بوجه خاص، من خلال تشعيع الكالس (مجموعة خلايا غير متخصصة تنتج من خلية اونسيج اوعضو نباتي اوجزءاً منه) وزراعتها في وسط غذائي صناعي يسمح بتطورها تحت ظروف مسيطر عليها (ربما تحوي مستويات مختلفة من العامل المؤثر المراد دراسته)، وبالتالي مقارنتها مع الاصل. تستند التقنية اما على فلسفة التعريض التدريجي او الحاد acute (Omar واخرون 1993 ويوسف واخرون، 1998)، ويتم الانتخاب والاكثار باستمرار الزراعة خارج الجسم الحي *In Vitro* ثم تجذير ذلك الجزء النباتي واقلمته تدريجياً لنقله الى الموقع المستديم (الشكلان، 8-4 و 8-5).

استحداث الطفرات في التربية على المستوى الجزيئي

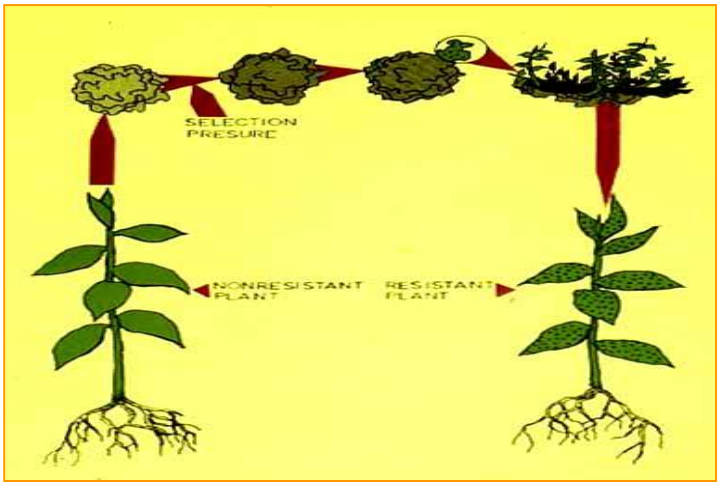
ادت التطورات الحديثة في العلوم الحياتية على المستوى الجزيئي، وخصوصا في الاطقم الجينومية الكبيرة بمقياس تعاقب القواعد النيوكليوتيدية، بما يمثل آفاقا جديدة في احتمال حدوث احتمالات جديدة من تطبيقات تقنيات التطفير لتحسين المحاصيل. ان استخدام الستراتيجية

الوراثية المعروفة "Tilling" والتي هي مختصر لـ Targeting Induced Local Lesions In Genomes، حيث احتمال استحداث سلسلة من الاليلات في الموقع المطلوب او المؤثر، بحيث يكون ترتيب ما يجهز من هذه الاليلات معروفاً (McCallum واخرون ، 2000). تتمحور طريقة Tilling، في استحداث طفرات بتكرار عالٍ باستخدام المطفرات الكيميائية، والتي يتم توليفها بطريقة غربلة throughput عالية لنيوكليوتيد منفرد وبشكل مظهري متعدد Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) في التسلسل المطلوب. استخدمت كذلك المعلمات الجزيئيه للمساعدة في الانتخاب في الكثير من برامج التربية الحديثة وللعديد من نباتات المحاصيل (Marker Asisst Selection).

معرفة وتقييم وتوثيق الطفرات

ربما يتبادر الى الذهن، للأغراض التطبيقية في برامج تربية الطفرات، السؤال حول كيفية تشخيص المتغايرات المفيدة وانتخابها بعد المعاملة بالمطفر واستحداث الطفرات المفيدة. لأجل الاجابة على هذا التساؤل، فانه لابد من تعريف الطفرة التلقائية التي تفرزها الطبيعة، وهي ناتج الانتخاب الطبيعي التي تمثل الاستمرار بتوريث الصفات الجديدة في مادة حية لم تتم معاملتها بأي مطفر، ولو ان نسبة حدوثها منخفضة جداً، وبالتالي فهي انعزال وراثي ينجم عن التلقيح الذاتي او التهجين، اذا كانت ممثلة او حاوية على صفة مرغوبة او اكثر. عليه، لا بد ان تهتم برامج التطفير بدرجة كبيرة باختيار نوع المطفر لتحقيق الهدف المنشود من استخدامه، وهذا يمثل جزء من الاجابة على السؤال السابق. والاهم من ذلك، هو حتمية ظهور الصفة المرغوبة في المادة المطْفرة وتوافر الخبرة العملية والعلمية في تشخيص التغاير عن المادة الاصل. تجدر الاشارة الى امكانية حدوث تغايرات دقيقة او صغيرة التأثير في المادة الحية المعاملة بالمطفر، مما يؤدي الى ظهور متغايرات في الصفة المطلوبة بدرجة قليلة، فيطلق عليها Micro – Mutants وخاصة في محاصيل ذاتية التلقيح لصفات زاوية الورقة والشكل الهندسي للنبات والتقزم وشبه التقزم وتكون السفا الناعم والتبكير بالتزهير ومقاومة انواع من المسببات المرضية. فاذا لم تتم ملاحظة مثل هذه المتغايرات بالمقارنة مع الاصل المزروع معها، فان هناك خللاً ما في استخدام نوع المطفر او الجرعة او التركيز المستخدم وما يرتبط بهما من مؤثرات اخرى سبق وان تم عرضها في هذه الدراسة، بفرض عدم وجود خلل في التشخيص.

الشكل (8-4) تربية الطفرات لمقاومة الشد البيئي غير الحياتي



الشكل (8-5) مراحل انتاج النبات من الكالس بالانتخاب للخلايا الممثلة لهدف التربية بالزراعة خارج الجسم الحي.

ان عملية اكثار وتقييم الطفرة او الطفرات المرغوبة (الواعدة) غاية في الاهمية لأجل المقارنة مع الاصل الذي اخذت منه او الاصناف الاخرى السائدة في الزراعة. وعليه، تزرع الطفرات الواعدة في بيئات الهدف مع الاصناف السائدة لتأكيد وجود او استحداث الصفة او الصفات الجديدة. بعدها يوضع برنامج تطبيقي لأكثار البذور من قبل المربي للوصول الى المستوى الذي يؤهل الطفرة للأختبار في بيئات متعددة من قبل الجهة الفنية المسؤولة عن توثيق تسجيل و/او اعتماد الطفرة الجديدة.

تتضمن اجراءات التسجيل والاعتماد سلسلة من الاعمال التي تمهد التوثيق العلمي الوطني والدولي. يوضح الجدول (8-8) اصناف الطفرات المسجلة والمعتمدة والتي تم استنباطها في

دائرة البحوث الزراعية– منظمة الطاقة الذرية العراقية (سابقاً) والعلوم والتكنولوجيا حالياً للفترة ما قبل 2003 وما بعدها. اذ كان لدائرة البحوث الزراعية، تسجيل و/او تسجيل واعتماد 86 من 153 صنف من مختلف المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر، اي بنسبة 56.21. في الوقت الذي تشير فيه قاعدة البيانات FA0/IAEA لأصناف الطفرات التي تم اطلاقها للزراعة الواسعة اكثر من 2500 صنف، ببرامج تربية الطفرات المستمرة في الكثير من دول العالم، مما يؤكد على اهمية وشيوع هذه التكنولوجيا.

الجدول (8–8): اصناف الطفرات المسجلة والمعتمدة المستنبطة في دائرة البحوث الزراعية– منظمة الطاقة الذرية العراقية (سابقاً) والعلوم والتكنولوجيا حالياً للفترة ما قبل 2003 وما بعدها.

المحصول	قبل 2003	بعد 2003
التبغ	3	–
الحنطة	25	2
الرز	5	–
زهرة الشمس	3	–
السمسم	3	2
الشعير	13	1
فول الصويا	2	2
الماش	3	–
القطن	–	1
الطماطة	1	–

أهم المراجع:

ابراهيم، اسكندر فرنسيس، وابراهيم شعبان السعداوي وخزعل خضير الجنابي (1990) تطبيقات التقنيات النووية في الدراسات النباتية. مطبعة بابل، منشورات منظمة الطاقة الذرية العراقية، بغداد – العراق.

علي، حميد جلوب ويوسف، ضياء بطرس (2000). "اتجاهات جديدة في تربية النبات". مركز عبادي للدراسات والنشر. اليمن، صنعاء. 553 صفحة.

يوسف، ضياء بطرس، 1998. تقرير التوريث لتحمل الملوحة في بادرات الهجن القمية لزهرة الشمس. المؤتمر العلمي الثاني لكلية الزراعة / جامعة الانبار، 30-1998/3/31. الانبار / العراق.

يوسف ، ضياء بطرس (2002) مرض الفافزم المتسبب عن تناول الباقلاء وبعض المعالجات للحد من خطورته . منظمة الطاقة الذرية العراقية 7020/01/S001 .

يوسف، ضياء بطرس وجبو، نوئيل فرنسو وخلف، محمد زيدان ومجيد، عزيز حامد وعلي، حميد جلوب (1994). تأثير الجرع المنخفضة من اشعة جاما على بعض الصفات الحقلية والحاصل ومكوناتة لصنفيين من الذرة الصفراء. مجلة دراسات (العلوم البحثية والتطبيقية) 21 ب (6) 61-73.

يوسف، ضياء بطرس والجبوري، عبد الجاسم محيسن وحميد، محمد خزعل (1998). تأثير الشد المائي على النمو والمكونات الخلوية للكالس المعرض لاشعة جاما لصنفين من زهرة الشمس. مجلة البحوث الزراعية العربية 2 (1) 1- 13.

Åastveit, K. (1977). Plant Characters to be improved by Mutation Breeding-Yielding Ability. In FAO/IAEA. 1977. Manual of Mutation Breeding. 2nd edition. Vienna, IAEA, p. 169-171.

Abdul Shakoor., M.; Hag, A. and sadig, M. (1978). Induction of Up-right and Compact Plant Type Mutants is Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Mutant Breeding Newsletter. 11, 6-7.

AL-Hamdany, M. A.; Al-Ikhshali, M. and Al-Dulaimi, I. A. (1993). Induced Two Broad Bean Mutants. Proc. Workshop Meeting, Role of Irradiation in Developing Improved Agricultural Generations. Faculty of Arab Atomic Energy. Baghdad, Iraq. P.18-20.

Bhatia, C.R.; Jagannath, D. R. and Gopal- Ayengar, A.R. (1970). Induced Micro-Mutation For Major Protein Fractions in Wheat. In: Improving Plant Protein by Nuclear Techniques, pp. 99-106.

Borah, S. P and Goswami, B. C. (1989). Resistance to Brown-Spot Disease in Rice Improved by Mutation Induction. Mutant Breed Newsl. 33, 9.

Brock, R. D. (1971). The Role of Induced Mutations in Plant Improvement. Rad. Bot. 11, 181-196.

Chopra, V.L. (2000). Mutation Breeding. In Plant Breeding: Theory and Practice. 2nd edition. Oxford & IBH Publishing Co. Pp. 321-342. (Stoskoph, N.; Tomes, D. and Christie, B., eds.)

Conger, B.; Nilan, R. and Konzak, C. (1968). Radiobiological damage. A new class identified in barley seeds by post-irradiation storage. Science 162:1142-1144.

Donini, P. and . Sonnino, A. (1998). Induced Mutation in Plant Breeding: Current Status and Future Outlook. In: Somaclonal Variation and Induced Mutations in Crop Improvement. 32, pp. 255-291. (eds Jain, S.M.; Brar D. S. and Ahloowalia, B. S.). Kluwer Acadmic Puplishers.

Fischer, K. S.; Lafitte, R.; Fukai S.; Atlins, G. and Hardy, B. (eds.) (2003). Breeding Rice for Drought-Prone Environments. Los Baṅos, Philippines, IRRI.

Gregory, W.C. (1956). Induction of Useful Mutations in The Peanut. In Genetics in Plant Breeding. Proc. Brookhaven symp. Biol. 9, 177-190.

Gustafsson, A. (1965). Characteristics and rates of high-productive mutants in diploid barley. In: The Use of Induced Mutations in Plant Breeding (Rep. FAO/IAEA Tech. Meeting Rome, 1964) Pergamon Press, Oxford, pp. 323-337.

Hassan , I.I. ; D.P Yousif; A.S .Hadi ; H.A. Khudhair , N.H. Abood; and L.S. Mohammed. 1999. Variabilty of various sunflower genotypes for salt tolerance. Ibn AL – Haitham J. pure & Applied Sci. 12 (3) 7-15 .

Karma, O. and Brunner, H. (1977). Dose. In FAO/IAEA Manual of mutation breeding. 2nd edition, Vienna, IAEA. P. 66-69.

Ismachin, M. (1980). Resistance Against Brown Plant Hopper in Rice. Mutat Breed Newsl. 15, 6-7.

Kumar, V. A.; R. U. kumara; N. Vairam; and R. Amutha. 2010. Effect of physical mutagen on expression of characters in arid legume pulse cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). electronic J. Plant Breed. 1(4)908-914.

Maluszynski, M.; K. N. Nichterlein; L. Van Zantin and B. S. Ahloowalia. (2000). Officially Released Mutant Varieties. The FAO/IAEA Database. Mut. Breed. Rev. 12, 1-84.

Maluszynski, M.; I. Szarejko, C. R. Bhatia, K. Nichterlein and P. J. L. Lagoda. (2009). Methodologies for Generating Variability. Part 4: Mutation Techniques. In Plant Breeding and Farmer Participation. (eds., Ceccarelli; S. , E. P. Guimarães and E. Weltzien). FAO, Rome. PP159-194.

Nakai, H. (1990). Genetic Analysis of The Induced Mutants of Rice Resistant to Bacterial Leaf Blight. Mutant Breeding Newsletter. 35, 21.

Omar, M.S.; D.P. Yousif, A. M. Al-Jibouri; M.S. AL-Rawi. (1993). Effect of Gamma Rays and Sodium Chloride on Growth and Cellular Constituents of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Callus Cultures. J. Islamic Acad. Sci. 6 (1) 69 – 72.

Pande, Kalpand and S.S. Raghuvanshi. (1988). Gamma Ray Induced High Yielding Dwarf Mutant in *Vigna radiata* L. Wilezek. Mutant Breeding Newsletter. 32, 6-7.

Pogna, N. E.; M. Pasquini; M. Mazza; S. Pagliaricci; R. Redaelli; and P. Vaccino. (1995).Technological and Nutritional Quality of Wheat: Genetic Basis and Breeding by Chromosomal and Gene Mutations. In Mutations and Nuclear Techniques For Crop Improvement, pp. 77-91. Vienna: IAEA.

Reynolds, M.P.; J. L. Ortiz-Monasterio; and A. McNab. (2001). Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico D.F., CIMMYT. 240p.

Sharma, R. P. (1982). DL-253, Barley Mutant Identified For Cultivation in Rainfed Areas of Central Zone in India. Mutant Breeding Newsletter. 20: 11-11.

Sigurbjornsson, B. 1983. Induced mutations. Pp. 153-176. Crop breeding. American Society of Agronomy. INC. Madison, WI. USA.

Sigurbjornsson, B. and A. Micke, (1974). Physiology and Accomplishments mutation breeding. In: Polyploidy and Induced Mutation in Plant Breeding. (Proc. Meeting, Bari, 1972), IAEA, Vienna, pp. 303-343.

Sinha, R. P. (1989). Induced Mutant For Male-Sterility of Lentil. Mutant Breeding Newsletter. 34: 9-10.

Sreedharm, P. N. and R. N. Misra. (1976). Induced Mutagenesis For Saline Resistance in Rice. Mutant Breeding Newsletter. 8: 13-14.

Stadler, L. J. (1928). Mutations in Barley Induced by X-Ray and Radium. Science 68: 186-187.

Sumera, A.; Z. A. Soomro; S. N. Mari; M. A. Sial; M.Baloch; and M. M. Albokari. 2015. Improvement of grain yield associated traits in wheat genotypes through mutation breeding. Int. Biol. Biotech. 12(2)277-282.

Swaminathan, M. S. (1965). A Comparison of Mutation Induction in Diploids and Polyploids. In: The Use of Induced Mutations in Plant Breeding (Ref. FAO/IAEA Tech. Meeting Rome.1964), Pergamont Press, Oxford, pp. 619-641.

Tanaka, S. (1974). Induction of mutations in protein content of rice. Mutant Breeding Newsletter 3, 8-9.

Van Harten, A.M. (1998). Mutation Breeding: Theory and Practical Application. Cambridge University Press, UK.

الفصل التاسع

صناعة المجتمعات النباتية بالتهجين

population Formation by Hybridization

ان الخطوة الاولى في برنامج تطوير صنف نباتي لمحصول ما هي تكوين مجتمع نباتي ذي تغايرات وراثية من الصفات المرغوبة، ويتم ذلك من خلال التهجين بين الاباء المختلفة وراثياً او باستخدام المطفرات (ارجع الى الفصل الثامن).

انواع المجتمعات النباتية

يتراوح عدد الاباء الداخلة في تكوين اي مجتمع من المجتمعات النباتية بين ابوين فقط وعدة مئات من الاباء، وتعد هذه الاخيرة مجتمعات نباتية معقدة. تختلف درجة التماثل الوراثي بين افراد المجتمع النباتي ضمن النوع الواحد او بين الانواع المختلفة، فيكون عدد الاباء الداخلة في تكوينه عاملاً محدداً اساسياً، مما ينعكس على طبيعة استخدامها في برامج التربية والانتخاب، سواءً بشكل مباشر او في برامج الانتخاب التكراري.

مجتمع السلالة (الخط) النقي Pure line population

وهو في الغالب مجتمع نباتي ذاتي التلقيح يكون التدهور الوراثي نتيجة التربية الداخلية فيه قليلاً جداً او معدوم. ينتج مثل هذا المجتمع بطرائق الانتخاب للخط النقي Pure line selection او بتربية البذرة الواحده Single seed descent. يكون التماثل الوراثي والمظهري في هذا المجتمع النباتي كبيراً وتنحسر فيه فرص التحسين الوراثي لأستنباط التغايرات الوراثية التي تخدم انتاج اصناف جديدة متفوقة.

مجتمع الابوين Two parent population

ان ابسط المجتمعات النباتية واكثرها استخداماً هي تلك التي تتكون من ابوين فقط (الشكل 9-1). يمكن استخدام هذا المجتمع في برامج الانتخاب او تصاميم برامج التزاوج مع اباء منفردة او مجتمعات نباتية متماثلة او نقية وراثياً او غيرها. يكون الاختلاف الوراثي في هذه المجتمعات على المواقع الجينية في الهجن الفردية على اشده بينما يكون التماثل المظهري

اعلى ما يمكن ويؤشر الاستفادة القصوى منه في الجانب الزراعي التطبيقي، اذ يسهل استخدام المكننه في اعمال ادارة وخدمة المحصول وكذلك اعمال الحصاد الميكانيكي.

المجتمع النباتي ثلاثي الاباء three parent population

مثل هذا المجتمع النباتي لابد ان يتم فيه تزاوج مجتمع الابوين مع اب ثالث (الشكل 9-1)، اذ تتزاوج نباتات الجيل الاول F_1 مع نباتات سلالة او خط نقي ناتج من التلقيح الذاتي لأكثر من ستة اجيال. تتم صناعة مثل هذه المجتمعات النباتية من قبل مربي النبات عندما يكون احد الاباء حاملاً لصفة مرغوبة او اكثر، وعدم كفاية بقية الصفات من حيث القبول لدى مربي النبات او المزارع، فيتم انتاج هجين من ابوين فقط (P_1 و P_2) والتي تمثل الكثير من الصفات المرغوبة ولكن تنقصه صفة او صفتين مع الاب الثالث P_3 الذي يمتلك هذه الصفات المرغوبة. تكون عادةً نسبة الاليلات المكونة لهذا المجتمع النباتي بنسبة 25%: 25%: 50% للاباء الاول والثاني والثالث، على التوالي. من الامثلة على هذا المجتمع النباتي، ما تفرضه سوق البذور التجارية في طلب صنف من فول الصويا عال المحتوى من الزيت او البروتين، ولا اهمية كبيرة لحجم البذور، اذ غالباً ما يزرع الفلاح اصنافاً ذات بذور صغيرة الحجم، وان نسبة البذور الكبيرة لا تزيد عن 15% من النسبة الكلية. تجدر الاشارة، الى ان البذور الصغيرة مرغوبة لأرتباطها بالحاصل العالي، اذ تهجن مع بذور كبيرة الحجم ولكن بحاصل مشابه او ربما اوطأ، فيكون مجتمع الجيل الاول الناتج ذي انعزالات قليلة فيما عدا الانعزال على اساس حجم البذور (Bravo واخرون، 1981). يتم التفتيش عن مجتمع نباتي نقي يمتلك صفة ارتفاع نسبة الزيت او البروتين ليستخدم اباً في التهجن مع الجيل الاول ويعطي مجتمعا جديدا بمواصفات الانتاجية والنوعية الجيدة.

مجتمع التضريب الرجعي backcross population

وهو مجتمع النباتات الذي ينتج من تزاوج ابوين (P_1 و P_2) والجيل الناتج يضرب مع احد الابوين لعدة أجيال (5-6 أجيال). في مثل هذه المجتمعات، ينخفض معدل عدد الاليلات الى النصف للاب غير التكراري، اي الاب الواهب للصفة المرغوبة والذي استخدم لمرة واحدة في برنامج التزاوج منذ البدء بتكوين هذا المجتمع النباتي، وتكون النسب كالاتي(ارجع الى الفصل السابع):

P_1 ..... $P_2 = F_1$ x لكل من الابوين 50%

P_2 ..... $F_1 \times P_2 = BC_1$ لـ 75% و F_1 25 % لكل من الابوين

BC_2 ..... $BC_1 \times P_2 = BC2$ لـ 87.5 % و BC_1 لـ 12.5%

وهكذا، بعد 5–6 أجيال ن التهجين الرجعي تصبح نسبة الاليلات للاب التكراري اكثر من 98%. وعليه، فان اهداف استخدام مثل هذه المجتمعات تكمن في نقل صفة معينة من احد الاباء الى الاب الاخر، مثل صفة محتوى الزيت او البروتين.

المجتمع النباتي رباعي الاباء four parent population

وهو مجتمع النباتات المتكون من اربعة اباء. تكون نسبة مشاركة كل اب مساوية لمشاركة الاباء الاخرى، حيث يتم تهجين كل ابوين في الموسم الاول ويعاد تهجين الهجينين الناتجين في الموسم التالي لأنتاج مجتمع نباتي تكون نسبة مشاركة كل اب فيه بمقدار 25%. يمكن توليف وانتاج مجتمعات نباتية من اربعة اباء ولكن بنسب اليلية مختلفة لكل اب تتراوح بين 12.5 و50% وبحسب الصفات المرغوبة من كل اب وعددها وتكرار اليلاتها هو الذي يحدد اسلوب وطريقة اختيار الاباء، اذ يتم تزاوج احد الهجن الفردية المكون من ابوين مع اب اخر لتكوين مجتمع ثلاثي وهذا الاخير يهجن مع اب رابع تكون النسب الاليلية 50% للهجين الثلاثي (50: 25: 25 للاباء P_3، P_2، P_1) و50% للاب الرابع (الشكل 9–1).

المجتمع (الصنف) التركيبي synthetic variety

وهو المجتمع النباتي الذي تشكل فيه السلالات الابوية بين 6– أكثر من 10 سلالات، اذ يتم تصميم التزاوج وفق آليات محددة يضعها المربي. تتوافر هذه المجتمعات في محاصيل خلطية التلقيح مثل الذرة وزهرة الشمس، ويتم اللجوء الى توليف مثل هذه المجتمعات بهدف زراعتها لعدة مواسم مع انخفاض نسبة التدهور الوراثي فيها نتيجة التربية الداخلية من جهة وانخفاض تكاليف وسعر بذورها مقارنة بالهجن الفرديه. تفيد مثل المجتمعات النباتية في برامج التربية والتحسين لأنتاج السلالات النقية.

المجتمعات المعقدة التركيب الوراثي complex populations

يمكن شمول مجتمع الاصناف التركيبية في مثل هذه المجتمعات، اذ انها تمثل المجتمعات التي يدخل في توليفتها الجينيه اكثر من اربعة اباء. لم يشع استخدام هذه المجتمعات الا في

السنوات القليله الماضية، وخصوصاً في المراكز والمنظمات الدولية المتخصصة في تحسين النبات لأجل تطوير المَعين الوراثي الذي يخدم برامج استنباط الاصناف باسلوب الانتخاب التكراري.

ان الفوائد المستقاة من المجتمعات النباتية المعقدة في توليفتها الجينية هي زيادة فرص التوليفات الجينية التي يمكن تحقيقها جيلاً بعد اخر على المواقع الجينية مقارنةً بالهجن الفردية او الثلاثية، اذ تزداد فرص عدم التماثل الوراثي على المواقع الجينية heterozygous. اما الفائدة الاولى ترتبط بالمواقع المنفردة لأثنين او اكثر من الاليلات التي قد يكون احدها مرغوباً اكثر من الاخر، بالمقارنة مع مجتمع الابوين اللذان ربما يكونان متماثلان، فيشارك كل منهما باليل واحد فقط فتقل فرص التغاير الوراثي على الموقع الجيني.

$P_1 \times P_2$

50% 50% نسبة المشاركة

↓

$P_1\ P_2$ x P_3

مجتمع ثنائي الابوين سلاله

50% 50% نسبة المشاركة

↓

$(P_1\ P_2)\ P_3$ x P_4

مجتمع ثلاثي الاباء سلاله

50% 50% نسبة المشاركة

↓

$[(P_1\ P_2)\ P_3]\ P_4$ [25 (12.5 12.5)]

مجتمع رباعي الاباء

$(P_3 \times P_4)$ x $(P_1 \times P_2)$ .....

(25% 25%) (25% 25%)

هجين فردي هجين فردي

الشكل (9-1) المجتمعات النباتية بحسب عدد الاباء والنسب الاليلية.

بالنسبة للصفة الكمية التي يحكمها عدة جينات، يشارك كل جين فيها بتأثير صغير، فتجعل مربي النبات غير عارفاً اي من الاليلات موجوداً في الاب الداخل في التهجين. اما في حالة الهجن الفردية، فان اجراء التهجين بين ابوين متماثلين، سواءً كان احدهما او كليهما ربما يعني احتمال وجود اكثر الاليلات المرغوبة على الموقع الجيني، وان احتمال ان يكون احد الابوين في الاقل حاملاً لأغلب هذه الاليلات وربما على كل موقع جيني، بحيث يزداد عدد هذه المواقع بازدياد عدد الاباء الداخلة في توليفة المجتمع النباتي. اما الفائدة الثانية للمجتمعات معقدة التركيب الوراثي فهي ارتباطها بعدد المواقع الجينية غير المتماثلة، لأن احتمال كون الاباء المتماثلة تمتلك اليلات مختلفة على موقعين او اكثر من المواقع الجينية المتلازمة linked gene loci فيزداد عدد هذه الاليلات بازدياد عدد الاباء في تكوين المجتمع النباتي.

مجتمعات الأصناف متعددة السلالات Multilines populations

يمكن خلط بذور التراكيب الوراثية المختلفة سويةً والتي يحمل كل منها الجين الرئيس المقاوم لمرض ما بغية الحصول على مجتمع نباتي متعدد التراكيب يتصف بالمقاومة لاغلب طرز المسبب المرضي. فالتراكيب الوراثية المنفردة يمكن ان تكون اشباه السلالات، وهي تختلف عن بعضها في جين المقاومة الرئيسي الذى يحتويه، كما يمكن ان تكون مجتمعات متعددة التركيب الوراثي مكونة من تراكيب وراثية تختلف في صفاتها الزراعية مثلما تختلف عن بعضها في جين المقاومة الرئيسي. تفيد مثل هذة المجتمعات النباتية (multilines) في كونها تعطي وقاية ضد مدى واسع من طرز المسبب المرضي ضمن مجتمع الحشرة أو المرض، وإن بعض التراكيب الوراثية النباتية ضمن صنف متعدد السلالات تبدو وكأنها مقاومة لحدوث ألإصابة بهذا الطرز. هذه المقاومة تقلل انتشار الطرز العديده في النباتات الحساسة.

أسس تكوين المجتمع النباتي المعقد

ان انتخاب طريقة تكوين وصناعة مجتمع نباتي معقد تعتمد في اهميتها على ما يرتئيه مربي النبات للعوامل المؤثرة في طبيعة الاباء المكونة للمجتمع النباتي وهي:

- الحاجة في الحصول على توليفة الاليلات لكل الاباء التي يراد ان يكون لها دوراً في المجتمع النباتي
- عدد الاباء المتوفرة التي يريد مربي النبات ادخالها في برنامج التزاوج والتهجين.

- الدور الوراثي الذي يلعبه كل اب في المجتمع النباتي المطلوب، اي ما يمتلكه كل اب من صفات وراثية يراد توليفها (نسبة المشاركة الاليلية) في المجتمع النباتي الجديد.
- الوقت المتوفر للمربي في توليف النسب الجينية والحصول على المجتمع النباتي معقد التركيب الوراثي الجديد.

وعليه، لابد من مناقشة تأثير هذه العوامل في البنية الوراثية للمجتمع النباتي وكفاءة كل منها وكما يلي:

توليفة الاليلات الابوية:

تتأثر الاليلات التي يراد توليفها في المجتمع النباتي بعدد الاجيال وطبيعة التزاوج الداخلي الحاصل قبل بدء الانتخاب. لأجل اعطاء الفرصة للانعزال الوراثي لمعرفة جينات كل اب في المجتمع، يتطلب وجود ابوين في الاقل لأتمام التزاوج الداخلي، مثلما يتطلب 3–4 أباء لأجراء تزاوجين و5–8 أباء لأجراء ثلاث تزاوجات وهكذا بالنسبة للتزاوج الرابع وكما في الجدول (9–1).

يمكن توضيح الاساس الوراثي لأقل عدد من أجيال التزاوج الداخلي بالأليلات على اربعة مواقع جينية (أ–د) لثمانية اباء (1–8)، فيعرف الأليل على الموقع برقم الاب الذي أخذ منه. مثال: A_1 يمثل الموقع الجيني A المأخوذ من الاب الاول. يوضح الشكل (9–2) ترتيب التزاوج المستخدم بحسب المواسم الزراعية وكما يأتي:

الموسم الاول: تكون التزاوجات المستخدمة بحسب تركيبها الوراثي للهجن المنتجة في الجيل الاول من التزاوج الداخلي كما يلي:

الجدول (9–1) عدد الاباء واجيال التزاوج الداخلي المطلوبة في تكوين المجتمعات النباتية المعقدة.

عدد الاباء	عدد اجيال التزاوج الداخلي المطلوبة	عدد الاباء	عدد اجيال التزاوج الداخلي المطلوبة
1	2	4	16–9
2	4–3	5	32–17
3	8–5		

الاب الاول x الاب الثاني الهجين الاول– الثاني ← $A_1A_2B_1B_2C_1C_2D_1D_2$...

الاب الثالث x الاب الرابع الهجين الثالث–الرابع ← $A_3A_4B_3B_4C_3C_4D_3D_4$...

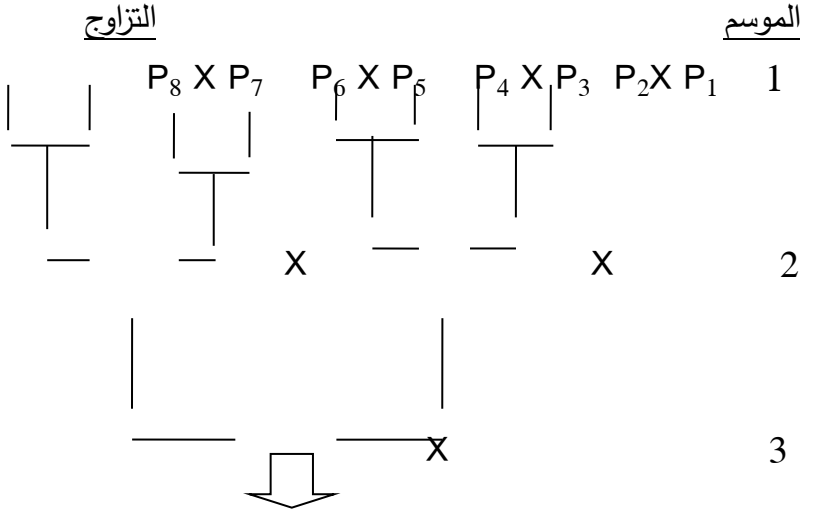
الاب الخامس x الاب السادس ← الهجين الخامس– السادس

$A_5A_6B_5B_6C_5C_6D_5D_6$...

الاب السابع x الاب الثامن الهجين السابع – الثامن ← $A_7A_8B_7B_8C_7C_8D_7D_8$..

الموسم الثاني: يكون من الممكن في الجيل الثاني من التزاوج الداخلي انتاج عدد من التراكيب الوراثية نتيجة تضريب الهجين الاول– الثاني x الهجين الثالث– الرابع، ومن امثلتها التركيب الوراثي $A_1A_3B_2B_4C_2C_3D_1D_4$. وهكذا بالنسبة للتضريبات الاخرى للاباء 5–8 في هذا الموسم.

الموسم الثالث: يجرى في هذا الموسم التزاوج الداخلي الثالث للمجتمعات النباتية التي تم توليفها في الجيل السابق، فيتم تضريب مجتمعات الاباء 1 و 2 و3 و4 مع مثيلاتها 5 و 6 و7 و8 لأنتاج تراكيب وراثية لها توليفات جينية بمواقع اليلية مختلفة ومن امثلتها $A_2A_5B_1B_6C_3C_8D_4D_5$.



المجتمع النباتي المعقد التركيب الوراثي

الشكل (9–2) توليف المجتمع النباتي المعقد التركيب الوراثي من ثمانية اباء باسلوب التهجين التجميعي.

عدد الاباء المستخدمة:

يتوضح نظرياً ازدياد عدد الاليلات المختلفة في المجتمع النباتي كلما اضيف أب جديد الى المجتمع النباتي. اي يزداد التباين الوراثي في المجتمع النباتي كلما ازداد عدد الاباء الداخلة في تركيبته الوراثية. من الصعوبه إيجاد عدد كبير من الاباء لها اداء وسلوك وراثي بمستوى مقبول من حيث الصفات المرغوبة التي يراد توليفها ومن ثم ممارسة الانتخاب. فعند توفر 40 تركيب وراثي مثلاً لتكون اباء لمجتمع نباتي ما، فربما يتفوق عشرة أباء فقط في الصفة المرغوبة التي يراد تجميع جيناتها في المجتمع الجديد، وعشرة اخرى منها تمثل المتوسط العام لأداء الصفة واخرى ادنى منه. وعليه، يكون هنا الدور الرئيس لمربي النبات ليحدد مستوى التغاير الوراثي المطلوب لتلك الصفة في المجتمع النباتي، مع الاخذ بنظر الاعتبار الاسلوب المتبع والطريقة التي يدار بها تصميم التزاوج بين الاباء بما يخلق نسب مشاركة جينية تسمح بالوصول الى التغاير الوراثي المطلوب (يوسف، 1999). ان اختيار وضع تصميم للتزاوج التبادلي الكامل او الجزئي complete or partial diallel mating design سيتأثر بعدد الاباء المستخدمة نسبياً كموارد متوفرة للتهجين. فالموارد الوراثية المتوفرة لإتمام 36 تزاوج تحتاج الى عدد اباء يزيد عن 6 في حالة التلقيحات المتبادلة ولا يتجاوز 72 في تلقيح كل أب مع الاخر في تصميم تبادلي جزئي.

المشاركة الوراثية لكل اب

ان الفائدة المرجوة من تزاوج الاباء المختلفة عن بعضها وراثياً هي المساهمة في توليف الاليلات المرغوبة في جيل الابناء بما يسمح في تحسين الصفات وتفوقها كمياً. لذا نجد ان مربي النبات غالباً ما يسعون الى زيادة الاختلاف الوراثي في تربية مجتمعاتهم النباتية فيواجهون احد خيارين: الاول هو مستوى التغاير الوراثي والثاني هو الاداء العام للمجتمع النباتي. فالتغاير الواسع يفرز توليفات جينية كبيرة بما يسمح بالانتخاب لِكمْ كبير من النباتات المختلفة عن بعضها وراثياً، بينما يكون مستوى الاداء لهذه النباتات في مدى واسع من تدرج الصفة، فيزيد الوقت المطلوب لتحسين الصفة مثلما يزداد الجهد والكلفة معها للارتقاء بمستوى اداء الصفة نتيجة كثرة الانعزالات غير المرغوبة.

غالباً ما يختار مربي النبات عند سعيه لتحسين مجتمعات التربية المتوفره لديه الاباء التي تشارك جبلها الوراثية بنسبة اقل من 50% (5-50%، بحسب ما اقترحه يوسف (1999) في تحسين مجتمع الذرة الفشار). ان مساوىء هذا الاسلوب تتمثل احياناً بقلة عدد الاباء الداخلة

في توليف المجتمع النباتي فتزداد نسبة المشاركة الجينية او العكس حيث تقل نسبة المشاركة الجينية بازدياد عدد الاباء. يتوضح من برنامج التهجين بين الاباء الداخلة في توليف مجتمع الذرة الفشار الذي نفذه يوسف (1999) استخدام الصنف المحلي المعقد التركيب بنسبة مشاركة 50% ومجتمعات ثنائية الابوين (هجن فردية) مدخلة بنسبة مشاركة 5% لكل منها، مما افرز مجتمع نباتي معقد يضم توليفة جينية وسايتوبلازمية واسعة.

الوقت المتاح: يتأثر مقدار التحسين الوراثي المتحقق في كل سنة او موسم من مواسم التربية بالوقت المطلوب لأكمال دورة الانتخاب. اما اهم متغير في عدد سنين او مواسم كل دورة من دورات الانتخاب فهو طول الفترة المطلوبة لتوليف مجتمع نباتي جديد. ربما يسعى مربي النبات الى انتاج ثلاثة اجيال او اكثر من التزاوجات الداخلية قبل بدء الانتخاب ويضيفون لها 5–6 اجيال في دورات الانتخاب وبحسب مستوى التحسين الوراثي المتحقق من خلال التوليفات الجينية في كل سنة او موسم (ارجع الى فصل اعلى تحسين وراثي).

يفضل اغلب مربي النبات في الوقت الحاضر اجراء دورات انتخابية اكثر وذلك بصرف الوقت على اجيال اضافية من التزاوجات الداخلية، خصوصاً عندما تكون الاباء غير متماثلة وراثياً. شاع في العقود الخمسة الاخيرة استخدام برامج الانتخاب التكراري بتوليف سلالات غير متماثلة وراثياً باسلوب التهجين في سلسلة من تزاوجات الهجن الفردية، حيث تجمع بذور كل هجين فردي (مجتمع ثنائي الابوين) وممارسة الانتخاب، حيث تمتلك الافراد الناتجة اليلات ابوين فقط ويعاد توليفها في الموسم اللاحق باسلوب التزاوج الداخلي بين المجتمعات النباتية، للحصول على جتمع نباتي معقد.

الاساليب المستخدمة في تكوين المجتمعات النباتية المعقدة Procedures used to form complex populations

استطاع مربي النبات استخدام العديد من الاساليب والطرائق في توليف المجتمعات النباتيه، بما يخدم اهداف برنامج التربية. فيما يأتي مناقشة مبسطة ومحدودة لعدد من الاساليب المتبعة بحسب المصادر العلمية.

1. الهجين المجمعة convergent cross

تعتمد التوليفة الاليلية التي يراد الحصول عليها في افراد المجتمع النباتي المكون من مجموعة من الاباء التي تتزاوج مع بعضها على عدد تلك الاباء المستخدمة وطبيعة وترتيب التزاوجات الداخلية لتكوين المجتمع بحسب ما افترضه Harlan ومعاونيه (1940) كأساس لسلسلة من تصنيفات الهجن المرتبة بشكل جسور، والتي سميت فيما بعد "الهجن المجمعة".

من النادر استخدام هذا الاسلوب الذي يتيح فرصة المشاركة المتساوية لكل اب في توليفة المجتمع النباتي بسبب المساوىء العديدة التي ترافقه وهي:

- ان عدد الاباء الداخلة ينحصر بالمتوالية 2^n اي 2، 4، 8، 16، 32...

من غير المحتمل بل من المستحيل حدوث توليفات جينية بين بعض الاباء، حتى بعد تكوين المجتمع النباتي النهائي. اي عدم وجود فرصة لتوليف جينات الاب الاول مثلاً مع جينات الاب السابع او الثامن الا في الموسم الثالث (الشكل 9-2).

- ان عدد المواسم المطلوبة لتكوين المجتمع النباتي غالباً ما يتفوق فيها طول الوقت المطلوب لاتمام توليف المجتمع بزيادة عدد الاباء.

2. تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة Mating design for all possibilities

يتطلب تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة وجود التهجينات المتبادلة Reciprocals والتلقيحات الذاتية self-pollinated، وفق معادلة توازن هاردي - واينبرغ Hardy-Weinberg equilibrium. ان استخدام هذا النوع من تصاميم التزاوج في المجتمعات النباتية يمثل احد الامثلة في برامج الانتخاب التكراري المظهري، اذ يتم انتخاب الاباء الخصبة ذكرياً قبل اجراء التلقيح الذاتي او الخلطي (يوسف واخرون، 1993). لايمكن تحقيق هذا النوع من تصاميم التزاوج عند عدم توفر حالة التوافق الذاتي self-incompatibility او العقم الذكري male sterility، والتي ينجم عنها اختزال او عدم حدوث التلقيح الذاتي، وكذلك عدم امكانية اجراء التهجين المتبادل بسب العقم الذكري. ان الفائدة المتحققة من هذا التصميم بوجود التلقيح الذاتي والمتبادل تكمن في:

- ان عدد الاباء في المجتمع النباتي غير محدد.
- لكل اب داخل في التزاوج الفرصة بالاقتران والتوالف مع كل الاباء الاخرى.
0 تطبيق كافة شروط معادلة هاردي– واينبرغ في المجتمع النباتي.

هذا التصميم لا يأخذ بعين الاعتبار الحالة العملية المطبقة في برامج التربية التي تستفيد او تهتم بالتهجينات الاصطناعية (التي تتم يدوياً) لعدة مواسم حيث:

- لا تقدم التلقيحات الذاتية اي توليفات جينية جديدة بين الاباء و
- تكون التهجينات باتجاه واحد كفوءه في اعطاء توليفات جينية كما هي الحال في التهجينات المتبادلة، باستثناء غياب التأثير السايتوبلازمي و
- العدد الكبير من التزاوجات المطلوبة بين الاباء (P^2)، حيث ان P هو عدد الاباء الداخلة في التزاوج.

تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة بدون الهجن التبادلية والتلقيح الذاتي Mating design for all possibilities without reciprocals and self pollinated

ان استخدام تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات من دون اجراء التهجينات التبادية والتلقيحات الذاتية هو الاسلوب الشائع عند توفر عدد محدد من الاباء لتكوين مجتمع نباتي معقد. يعطي هذا النوع من تصاميم التزاوج الفرصة لجينات كل اب ان تتألف مع مثيلاتها من الاباء الاخرى الداخلة في التزاوج، اذ يقترب توازن هاردي – واينبرغ من التطبيق في مثل هذا التصميم ولكن لا تطبق بشكل كامل، وبالرغم من ذلك فانه لا يعد مشكلة ذات اهمية في برامج تطوير الاصناف او الهجن، اما فوائده فهي:

أ– عدد الاباء المستخدم في تكوين هذا المجتمع النباتي غير محدد.
ب– لكل اب الفرصة في التزاوج والائتلاف مع جميع الاباء الداخلة في مجتمع التزاوج.
ت– يمكن تطبيق هذا التصميم مع جميع المجتمعات النباتية مفتوحة التلقيح او التي فيها حالة عدم التوافق الذاتي او العقم الذكري.
ث– عدد التزاوجات وفق الاحتمالات الممكنة والمطلوبه في هذا التصميم اقل من التصميم السابق.

اما مساوىء هذا التصميم فانه تزداد احتمالات التزاوج بزيادة عدد الاباء المستخدمة وفق المعادلة $P(P-1)/2$.

تصميم التزاوج بالاحتمالات الجزئيه Partial diallel mating design

ويقصد به تزاوج كل اب مع بعض وليس كل الاباء الداخلة في تصميم التزاوج، اي بمعنى اخر اجراء التزاوج (التهجين) ليس بكافة الاحتمالات الممكنة. يجرى هذا النوع من تصاميم التزاوج عند القيام بالتهجين اليدوي لعدد كبير من الاباء المتوفرة لدى المربي، بما يتعذر عليه اجراء تزاوجاتها بكافة الاحتمالات الممكنة. يطبق هذا التصميم في المجتمعات النباتية مفتوحة التلقيح عندما يكون عدد البذور المنتجة من كل اب اقل من عدد الاباء الداخلة في التزاوج في حالة التصميم الكامل. ام فوائد تطبيق مثل هذا التصميم فهي:

- عدد الاباء في تصميم التزاوج لتكوين المجتمع النباتي غير محدد.

يمكن استخدامه في تكوين المجتمعات النباتية مفتوحة التلقيح بالرغم من وجود حالة عدم التوافق الذاتي او العقم الذكري.

- يكون عدد التزاوجات في هذا التصميم اقل من التصميم السابق.

اما مساوئه فهي عدم توفر الفرصة لكل اب في التزاوج مع جميع الآباء الداخلة معه في تكوين المجتمع النباتي، وبالتالي فقدان الفرصة في الحصول على جميع التوليفات الجينية الممكنة ولو نسبياً.

توليفات تصاميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة الكلية و الجزئية

Combination of full and partial diallel mating design

يشيع استخدام هذين التصميمين للحصول على مجتمع نباتي معقد، اذ تتم التزاوجات بالتهجين اليدوي او جعل التلقيح مفتوحاً او كلا الاثنين. يقدم هذا الاسلوب اكبر كمية من التوليفات الممكنة بضوء ما متوفر من مصادر وراثية للتهجن. فيما يأتي بعض الاساليب الشائعة في الحصول على التوليفات الوراثية.

الاسلوب الاول

الموسم الاول: عمل تزاوجات بين الاباء بجميع الاحتمالات الممكنة دون الحاجة الى التزاوجات المتبادله او التلقيحات الذاتية بحسب المعادلة P(P−1) /2 لأنتاج الهجن الفردية.

الموسم الثاني: (مجتمع الهجن الفردية): يطبق التلقيح الداخلي intercross لبعض التوليفات الجينية، اي جزء من التوليفات التي تم الحصول عليها من الموسم الاول.

الموسم الثالث: تجمع البذور الهجينة التي تم الحصول عليها من الموسم الثاني لتزرع كمجتمع نباتي واحد وتستخدم بعض التوليفات جزئياً Partial diallel من تهجينات يدوية (نبات لنبات) باعتبارها الجيل الثالث للتزاوج الداخلي.

الاسلوب الثاني

الموسم الاول: لكثرة الاباء المتوفرة لدى المربي، فيتعذر عليه اجراء التهجين بكافة الاحتمالات الممكنة، فانه يلجأ الى اجراء التزاوجات لبعض الاباء في برنامج تهجين اخر ضمن برنامج التربية، وليس من الضروري ان يتم تزاوج كل اب ذكري مع جميع الاباء المستخدمه كامهات انثوية.

الموسم الثاني: يكون عدد التزاوجات الممكنة في الموسم الاول وفق المعادلة P/2 لأنتاج الهجن الفرديه، وعادة يكون عددها قليلاً وبما يكفي لأعطاء التزاوجات المطلوبه من دون التهجينات التبادلية او التلقيحات الذاتية في هذا الموسم.

الموسم الثالث: تزرع بذور الهجن التي تم جمعها من الموسم الثاني وتكون حالة التزاوج الجزئي من جميع الاحتمالات الجزئية partial diallel لتمثل المادة الوراثية للجيل الثالث من التزاوج.

الاسلوب الثالث

الموسم الاول: يستخدم برنامج التزاوج لجميع الاحتمالات الجزئية partial بسبب توفر عدد كبير من الاباء، وكما اشير اليه في الموسم الاول للاسلوب السابق.

الموسم الثاني: تزرع بذور الهجن المتحصل عليها من الموسم الاول بشكل تجميعي في حقل معزول ليتسنى للنباتات ان تتلقح عشوائياً فيما بينها والحصول على بذور الجيل الثاني.

الموسم الثالث: تجرى نفس الاعمال المنفذة في الموسم الثاني، ويمكن تطبيقها في المواسم اللاحقة.

تزاوج الاباء غير المرتفقة (المزدوجة) mating of unpaired parents

يتوضح من الشكل (9-3) طريقة ترتيب الاباء في الزراعة لأي نوع من التزاوجات في برنامج التربية. يزرع كل اب مرة واحدة، وبالاعتماد على عدد الاباء المتوفرة لدى المربي، يتحدد اسلوب التهجين بين الاباء. ان الفوائد المرجوة من هذا التزاوج هي:

تتطلب مساحة وكيمة بذور قليلة لكل اب داخل في التزاوج، حيث يزرع في خط واحد او عدة خطوط لكل موعد زراعة في الموقع وللاباء المختلفة يكون هناك عدة مواقع.

تكون الاباء الداخلة في كل تزاوج معروفة النسب.

يمكن استخدام اي عدد من الاباء في هذه التزاوجات.

يعاب على الطريقة في انها تحتاج الى المزيد من الوقت لكل تزاوج قياساً بالطرائق الثلاث السابقة. كما ان توفر الازهار الانثوية وحبوب اللقاح الفعالة لابد ان يحدد وفق موعد الزراعة وعدد الايام اللازمة للتزهير ولكل زوج من الاباء بما يضمن اجراء التلقيحات المطلوبة وإتمام التهجين بنجاح. ان احتمالات حدوث الخطأ في تنفيذ التهجينات يكون كبيرا وفق هذا الاسلوب من الزراعة، فتضيع الجهود المبذولة، خاصة اذا ما تمت مثل هذه الاعمال م قبل اشخاص قليلي الخبرة.

تزاوج الاباء المرتفقة (المزدوجة) Mating of paired parents

يمكن التغلب على طريقة تزاوج الاباء غير المرتفقة باتباع اسلوب الزراعة المتجاورة لكل الاباء، اي زراعتها بشكل ازواج متجاورة مع الاخذ بنظر الاعتبار تكرار زراعة الاب بقدر عدد التزاوجات المطلوبه وفق نظام الخطوط وبمكررات ومواعيد زراعة مختلفة. يستخدم مربو النبات التقنيات المختلفة لتسهيل حركة القائم بالتهجين داخل الحقل، ويتم تقليل فرص حدوث الخطأ.

اما الفوائد المترتبة من هذا الاسلوب في اجراء التهجين فهي:

عدم اضاعة الوقت لأجراء التزاوجات كما هو الحال في الاباء غير المرتفقة.

تقليل فرص حدوث الخطأ الى ادنى ما يمكن.
الاباء المرتفقة للتزاوج معروفة الاصل والنسب.
يمكن تطبيقها لأي عدد من الاباء المتوفرة لدى المربي.

اما مساوىء الطريقة فهي:
تحتاج الى مساحة زراعية اكبر من سابقتها للاباء غير المرتفقة.
تحتاج الى كمية بذور اكثر لكل اب داخل في عملية التهجين، بسبب تكرار خطوط الزراعة، وينعكس ذلك على الكلفة الكلية للعمل التطبيقي.

شبيه المربع اللاتيني Semi – Latin square

ان المساوىء التي تم توثيقها حول ترتيب الاباء المرتفقة للحصول على التهجينات بكافة الاحتمالات الممكنة وما تحتاجه من مساحة وكميات بذور كبيرة لكل اب إستوجب استخدام اسلوب شبه المربع اللاتيني للحصول على التوليفات المطلوبة بمساحة وكمية بذور اقل من خلال التناسق النصفي للمربع اللاتيني half of asymmetric Latin square او المربع اللاتيني الجزئي partial Latin square بحسب ما اوضحه Fehr و Ortiz (1975) والشكل (9–4) وفق الاسلوب الاتي:

- يستخدم عادة الاب الذي تم اختياره للموقع الاول في المربع اللاتيني في نصف عدد الاعمدة، وهذا يؤدي الى عدم وجود فرق في استخدام نصف الاباء في رأس العمود.
- تحدد مرتبة الاباء في كل عمود بكتابة اعداد الاباء وفق دورة بدرجات متعاقبة وبواقع دورة واحدة لكل عمود. في العمود المعطى في المربع اللاتيني يتم رسم خط بين الاعداد في الدورة مبتدئاً بالاب الاول في العمود ومنتهياً بالاب الاخير. تكون حركة الخط باتجاه عقرب الساعة للاب الاول متحركاً باتجاه اول اب ثم الى الاب الذي يليه بالاتجاه المضاد لحركة عقرب الساعة ثم الى الاب الاخر باتجاه حركة عقرب الساعة وهكذا حتى يتم الوصول الى الاب الاخير في نهاية العمود (حركة البندول).
- كل عمود يمثل وحدة تزاوج مستقلة من الزراعة وحتى اجراء التهجين، ويمكن زراعة كل وحدة في حقل مستقل ومنفصل عن وحدات التزاوج الاخرى، ان كان ذلك ضرورياً

لتفادي اي إشكالات في اثناء اجراء التهجين، ويمكن للاباء المتجاورة في وحدة التزاوج ان تتهجن مع الاباء الاخرى وبأي اتجاه كان.

الفوائد التي يفرزها هذا الاسلوب هي:

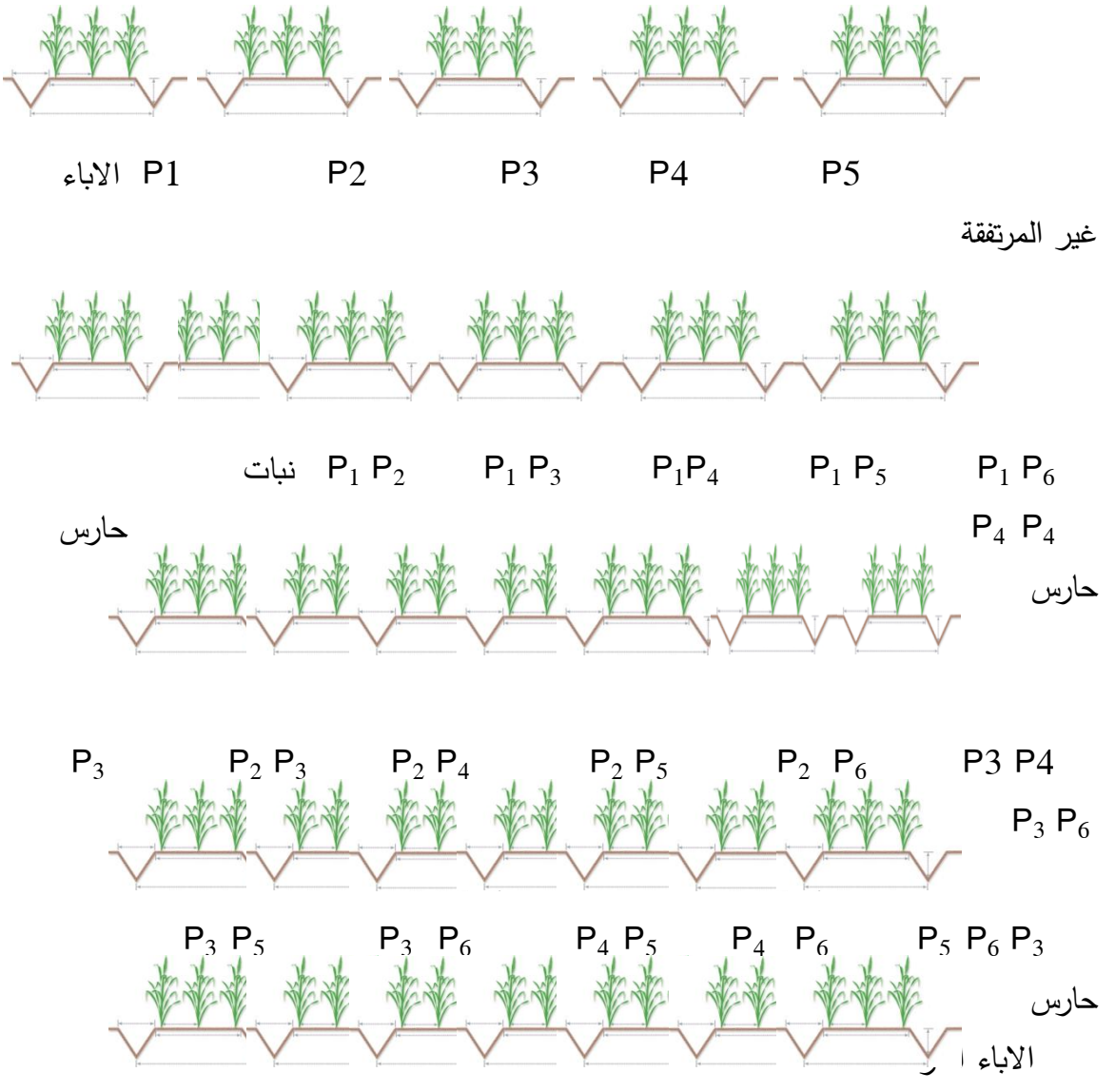
- قصر الوقت اي الحاجة الى وقت اقل لأتمام التزاوجات عما هو عليه في الاباء غير المزدوجة.
- فرص الخطأ الناجم عن التهجين تكون اقل احتمالاً مما هو عليه في حالة الاباء غير المزدوجة.
- الحاجة الى مساحة ارض وكمية بذور للاباء المستخدمة اقل من طريقة الاباء المزدوجة.

تكون الاباء الداخلة في التزاوج معلمة ومعروفة النسب.

اما المساوىء المحتملة من هذا التصميم فهي:

- حاجتها الى مسافات زراعة وكميات بذور للاباء اكثر من الاباء غير المزدوجة او المرتبة تجميعياً (كما سيرد ذلك لاحقاً).

-



الشكل (9-3): المخطط الحقلي للاباء المزدوجة وغير المزدوجة في تصاميم التزاوج بكافة الاحتمالات (بدون التهجينات المتبادلة والتلقيحات الفردية).

- لابد من فصل الاباء في اثناء الزراعة او قبلها كي تتم التزاوجات بطريقة معروفة.يحكم الطريقة استخدام عدد معقول من الاباء بحيث لا يكون كبيراً او صغيراً.

الاباء التجميعية Bulk parents

تستخدم هذه الطريقة للحصول على جيع التوليفات الوراثية عندما يكون من غير الضروري معرفة التكرارات الوراثية لكل هجين فردي ناتج عن التزاوج. يسمى هذا الترتيب Irish and Bulk Entry بحسب ما اقترحه Stuber (1980). تتضمن الطريقة زراعة كل اب في

خط وبصورة متجاورة بما يعطي الفرصة لجميع الاباء في المجتمع النباتي. استخدم مربي النبات نفس التقنيات المستخدمة في طريقة الاباء المزدوجه للحصول على التزاوجات المطلوبة، آخذاً بنظر الاعتبار وجوب تعليم الاب المطلوب تلقيحه بحبوب لقاح بقية الاباء. تعطي هذه الطريقة فرصتين ملائمتين لأجراء كل تزاوج. فلو توفر 20 اب، يكون للخط المزروع للاب الاول الفرصة للتزاوج تجميعياً مع الاباء الاخرى من 2 – 20. تتشابه الطريقة من حيث المبدأ مع طريقة انتاج الهجن المتعددة، اذ يكون احد الابوين فقط معروفاً، اما الاب الثاني فيكون من بقية الاباء الداخلة في التزاوج، وبذلك يتم ضمان احتواء المجتمع النباتي على جينات كل اب، وليس من الضروري ان تكون التكرارات الجينية لها متساوية. تتمثل فوائد الطريقة بالاتي:

- مسافة وكميات البذور لكل اب اقل مما هو عليه في الطريقتين السابقتين.

يكون الوقت المطلوب لأتمام التزاوجات قليلاً.

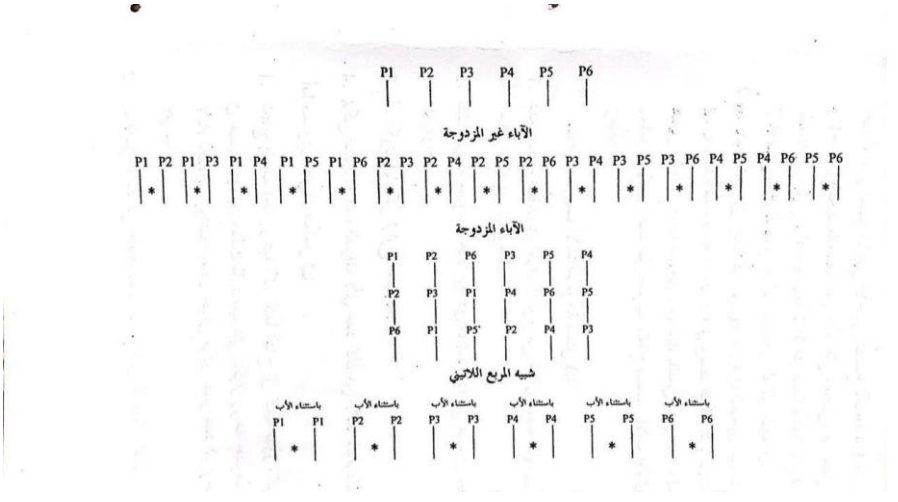
- تستخدم الطريقة لأي عدد من الاباء المتوفرة لدى المربي.

اما مساوىء الطريقة فهي:

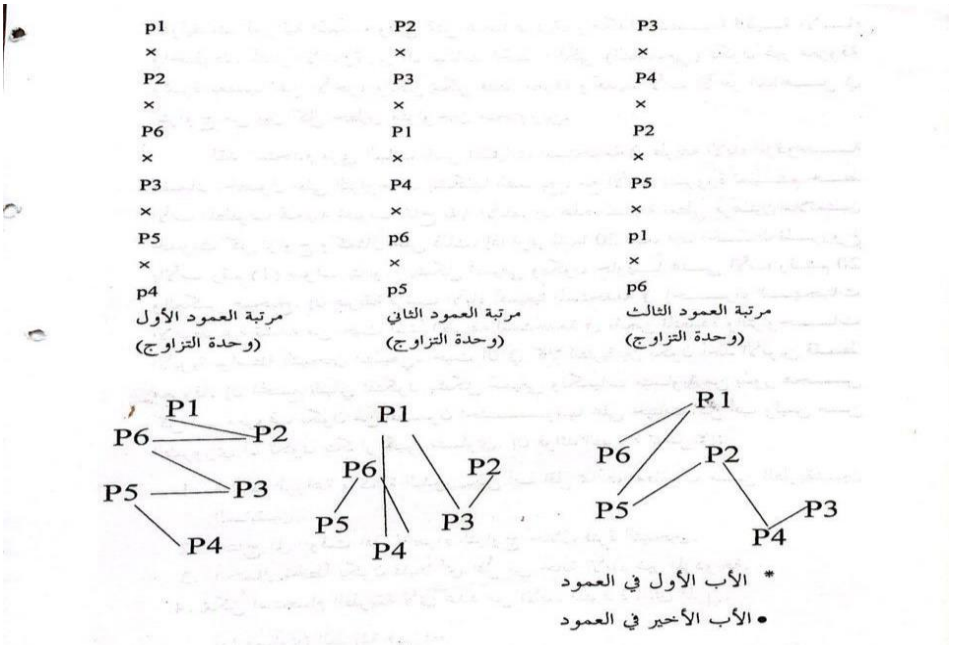
- البذور الهجينة المنتجة معروفة النسب لأب واحد فقط من ابويها.

لابد ان تحدد المسافات بين الاباء الداخلة في التزاوج، اذ يتم تعليمها قبل الزراعة.

- الحاجة الى مسافات زراعية وكميات بذور اكثر من طريقة الزراعة للاباء غير المزدوجة.



الشكل (9–4): الترتيبات الزراعية الاربع المستخدة في التزاوج بكافة الاحتمالات لتصميم يتضمن ستة أباء بدون إجراء التلقيح الذاتي او التهجين المتبادل.



الشكل (9–5): ترتيب الاباء في تصميم تزاوج بكافة الاحتمالات لستة لآباء باسخدام ترتيب شبه الربع اللاتيني.

يتوضح ان عدد الاعمدة (وحدات التزاوج) مساوية لنصف عدد الاباء في التصميم

تصميم التزاوج لجزء من الاحتمالات الممكنة والتزاوجات الاقل انتظاماً Partial diallel design and less systematic matings

أ. الاباء المزدوجة وغير المزدوجة Paired and unpaired parents

تستخدم الاباء المزدوجة وغير المزدوجة في عمل تصاميم تزاوج بجزء من الاحتمالات الممكنة ولأي عدد من التزاوجات لكل اب داخل في التزاوج، من الاباء المتوفرة لدى المربي وبحسب رغبته.

ب. التهجين الدوراني (الدائري) circular cross

وهو ترتيب اجراء التهجين بشكل دائري للحصول على جزء من الاجتمالات الممكنة للتزاوج، فيكون تزاوج كل اب مع ابوين اخرين في الاقل، بما يشبه السلسلة بحسب Stuber (1980). فالاباء تتزاوج مع ما يجاورها ويتزاوج الاب الاول مع الاب الاخير في سلسلة التزاوج ووفق دورات متعددة، فيزداد عدد الهجن الناتجة عند ضربها في اثنين. مثال على ذلك، الترتيبين التاليين اللذان يزودانا بتزاوجين لكل اب من الاباء الستة.

$$P_1 \times P_3 \times P_5 \times P_2 \times P_4 \times P_6$$

او

$$P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5 \times P_6$$

اما الفوائد التي يمكن تحقيقها من هذا الترتيب فهي:

يكون الوقت المطلوب لأتمام التزاوجات وتحقيق التهجينات اقل مما هو مطلوب لترتيب الاباء المزدوجة.

ان فرصة حدوث الخطأ الناجم عن تنفيذ التزاوجات واتمام التهجينات اقل مما هو عليه في الاباء الزدوجة.

يكون ابوي كل تزاوج معروفين.

يمكن تطبيق التصميم لأي عدد من الاباء المتوفرة لدى المربي.

يتطلب الترتيبان اعلاه كمية بذور ومساحة زراعية اقل مما في حالة الاباء المزدوجة.

ومساوىء هذان الترتيبين فهي:

- يحتاجان الى كمية بذور ومساحة زراعية اكبر مما في حالة الاباء غير المزدوجة.
- كل دورة تزاوج تستخدم كل اب في التزاوج مع ابوين اخرين فقط، مما يؤشر وجوب تنفيذ دورات اضافية اخرى لزيادة احتمالات التزاوج لكل اب وفق هذا الترتيب.

اسلوب الهجن المتعددة Polycross procedure

اي تكوين مجتمعات نباتية في جيل واحد او اكثر من التهجينات الطبيعية مع اتخاذ الية التلقيح المفتوح الملائمة. تستخدم طريقة صناعة الهجن المتعددة بكثرة من خلال تنفيذ التزاوجات بين الاباء بالتهجين الطبيعي. تشيع الطريقة في الانواع النباتية التي تتكاثر خضرياً مع استخدام الية خاصة لمنع التلقيح الذاتي، فمثلاً حالة عدم التوافق الذاتي في حشائش broomegrass تقلل تكرار حدوث التلقيح الذاتي، كذلك محصول الجت، فالغشاء الذي يقع

فوق الميسم يمنع حدوث التلقيح الذاتي ويتم كسر هذا الغشاء لأعطاء الفرصة لأتمام التلقيح الخلطي بواسطة الحشرات.

ان الهدف من استخدام اسلوب الهجن المتعددة هو الحصول على كم من الجينات المرغوبة من كل اب، لتدخل في معين مجموعة الهجن gene pool بطريقة تكاد تكون متعادلة لجينات كل اب لأجل الوصول الى مجتمع نباتي جيد الصفات وله اساس وراثي واسع يؤهله لأن يكون مجتمع تربية وانتخاب، ولابد من توفر بعض المبادىء الاساسية في تكوين مثل هذا المجتمع هي:

ان يتم تزهير النباتات في وقت واحد او متقارب جداًلأجل نجاح التلقيح والاخصاب، مما يؤشر اهمية اختيار الاباء من مجموعة نضج واحدة او متقاربة، ويمكن التحكم بذلك ن خلال موعد الزراعة.

يجب ان تكون التزاوجات الحاصلة كمجتع الاباء وفق تكرارات دقيقة ولابد من وجود العامل للاباء المتجاورة بالتالي ضمان حدوث التزاوج العشوائي.

يؤثر اسلوب وطريقة اخذ عينة م بذور الهجن المتعددة على التوزيع الوراثي من كل مجتمع من المجتمعات الهجينة المكونة للمجتمع الاصلي.

ترتيب الاباء Parent arrangement

ان تصميمي المربع اللاتيني والقطاعات العشوائية الكاملة وبمساعدة التحاليل الاحصائية الاكثر استخداماً في تكوين الهجن المتعددة، باستخدام هذين التصميمين تكون طريقة التزاوج لكل اب بافضل حالة ممكنة من حيث زراعة الاباء بصورة مجاورة لبعضها وخلق تكرار جيد وكفوء قدر الامكان. يجب في تصميم المربع اللاتيني ان يظهر كل اب يدخل في التزاوج في كل عمود وكل صف من الالواح التجريبية (الشكل 9-6). ان عدد مكررات كل اب يكون مساوياً لعدد الاباء. فاذا كان لدينا اربعة اباء فان التجربة تشمل اربعة مكررات وبواقع 16 لوح تجريبي. اي بمعنى ان يكون عدد الالواح الحقلية مربع عدد الاباء الداخلة في تكوين المجتمع النباتي. تؤشر هذه الحالة مشكلة كبيرة يعاني منها مربي النبات، اذ يتطلب توسيع العمل والجهد والتكاليف كلما ازداد عدد الاباء وفق هذه المتوالية، فلو كان تكوين المجتمع المتعدد الهجن من 16 اب فهذا يعني الحاجة الى 16 مكرر وبالتالي 256 لوح تجريبي. غالبا ما يلجأ

المربي الى تقسيم الاباء الى عدة تجارب لأتمام الهدف الذي يعمل من اجله، اذا لا يجد سبيلاً غير استخدام هذا التصميم.

اما تصميم القطاعات العشوائية الكاملة فهو اكثر سهولةً وتطبيقاً من تصميم المربع اللاتيني، مع ضرورة اتخاذ العشوائية في زراعة الاباء المتجاورة (الشكل 9-6). يتفوق هذا التصميم على مثيله المربع اللاتيني في اعطاء حرية اكبر لمربي النبات في تحديد عدد المكررات ولكنه اقل كفاءة في عدم ضمان وقوع كل اب بصورة مجاورة لأبوين اخرين مرة واحدة في الاقل عند اجراء التزاوجات المطلوبة.

بذور الهجن التجميعية bulking hybrid seed

ان ما تحمله مجتمعات الهجن المتعددة من جينات من الاباء الاصلية المكونة للمجتمع النباتي متعدد الهجن قد يتأثر بالاسلوب المستخدم في حصاد وجمع البذور من الاباء. هناك ثلاثة اساليب مستخدمة يرافق كل منها بعض المحاسن والمساوىء وهي:

1. يتم جمع بذور الاباء من دون الاهتمام بكمية البذور المنتجة من كل اب. الفائدة من هذا الاسلوب هي بذل جهود فنية اقل من الاسلوبين التاليين في الحصاد وخلط البذور. يعاب على هذا الاسلوب في عدم اهتمامه بالتوزيع الوراثي والتكرار الجيني لكل اب في المجتمع النباتي.

2. تحصد بذور كل لوح تجريبي بشكل مستقل، في المكرر وهو ما يمثل اب واحد، وتجمع بذور كل اب من كل الالواح التجريبية. اعتماداً على كمية البذور في اللوح الواحد، تخلط كميات متساوية من كل اب من الاباء للحصول على المجتمع النباتي الجديد. اي ان اقل كمية بذور منتجة من اللوح التجريبي هي التي تحدد كمية الخلط. تتضح اهمية الطريقة في التحكم الجيد بالتكرار الوراثي لكل اب في المجتمع النباتي النهائي، وهي افضل من الطريقة السابقة. يعاب على هذا الاسلوب في انه يتطلب جهداً اكبر من الاسلوب السابق، كما انه لا يسيطر على التوزيع الوراثي لحبوب اللقاح التي استخدمت في التهجين.

3. تحصد بذور كل لوح تجريبي في المكرر بصورة منفصلة، وتجمع كميات متساوية من البذور وتخلط للحصول على المجتمع النباتي. ان الفائدة من هذا الاسلوب هي التحكم الوراثي الدقيق بالجينات الابوية المأخوذة من كل اب في المجتمع النباتي النهائي، وهي بطبيعة الحال افضل من الاسلوبين السابقين، فضلا عن تساوي التوزيع الوراثي للاباء الذكرية المتجاورة والتي تختلف من مكرر الى اخر. اما مساوىء هذا الاسلوب فتتلخص بالجهد الكبير المطلوب انجازه وهو اكثر من الاسلوبين السابقين.

الشكل (9-6) تصميمي المربع اللاتيني والقطاعات العشوائية الكاملة للهجن المتعددة لخمسة اباء.

تصميم المربع اللاتيني الاول					تصميم المربع اللاتيني الثاني				
P_1	P_2	P_1	P_2	P_1	P_2	P_1	P_2	P_1	P_2
P_3	P_4	P_3	P_4	P_3	P_4	P_3	P_4	P_3	P_4
P_5	P_1	P_5	P_1	P_5	P_1	P_5	P_1	P_5	P_1
P_2	P_3	P_2	P_3	P_2	P_3	P_2	P_3	P_2	P_3
P_4	P_5	P_4	P_5	P_4	P_5	P_4	P_5	P_4	P_5
القطاعات العوائية الكامله									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_5	P_1	P_5	P_4	P_2	P_1	P_4	P_5	P_2	P_5
P_1	P_2	P_1	P_1	P_1	P_4	P_1	P_3	P_1	P_4
P_3	P_5	P_4	P_3	P_5	P_5	P_2	P_2	P_3	P_2
P_2	**P_3**	**P_2**	**P_2**	**P_5**	**P_3**	**P_2**	**P_4**	**P_5**	**P_3**
P_4	**P_1**	**P_3**	**P_5**	**P_3**	**P_2**	**P_3**	**P_1**	**P_4**	**P_1**

أهم المراجع

الساهوكي، مدحت مجيد وحميد جلوب علي ومحمد غفار احمد 1983. تربية وتحسين النبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد – جمهورية العراق.

العذاري، عدنان حسن محمد 1992. تربية المحاصيل الحقلية. مطبعة جامعة الموصلن جمهورية العراق، 473 صفحة.

يوسف، ضياء بطرس وعزيز حامد مجيد ومصطفى عبيد عايد 1993. تربية الذرة الصفراء باستخدام الانتخاب التكراري البسيط. تقرير داخلي، قسم النبات، مركز البحوث الزراعية والبيولوجية، دائرة الابحاث العلميه– منظمة الطاقة الذرية العراقية، بغداد – جمهورية العراق.

يوسف، ضياء بطرس ، 1999 . تربية الذرة الفشار (الشامية) بالتهجين والانتخاب مجلة البحوث الزراعية العربية 3 (2) 176 – 189.

- Bravo, J. A.; W. R. Fehr; and S. R. Cianzo. 1981. Use of mall-seeds soybean parents for the improvement of large seeded cultivars. Crop Sci. 21:430-432.

- Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development. Vol 1. Theory and Technique. MacMillan Publ. Co. NY, USA. Pp 536.

- Fehr, W. R. and L. B. Ortiz. 1975. Recurrent selection for yield in soybean. Univ. Porto Rico J Agric. 59:222-232.

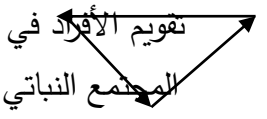
- Harlan, H. v.; m. L. Martini and H. Stevens. 1940. A study of methods in barley breeding. USDA Technical Bulletin, 720.

- Stuber, C. W. 1980. Mating designs, field nursery layouts and breeding records. P 83-104. In W. R. Fehr and H. H. Hadley (eds) "Hybridization of Crop Plants". American Soc. Agronomy, Madison, WI. USA.

الفصل العاشر

الانتخاب التكراري
Recurrent Selection

يمكن تعريف الانتخاب التكراري تعريفاً علمياً على انه الانتخـاب المنظـم للافراد التي تحمل صفات مرغوبة من المجتمع النباتي يتبعه إعادة توليف بذور هذه الأفراد التي تحمل صفات مرغوبة لتشكيل المجتمع النباتي الجديد. يمكن توضيح هذا التعريف بالمخطط الدوري الثلاثي ادناه والذي يشمل انتخاب ثلاثة حلقات أسياسية تتضمن تطوير المجتمع النباتي وتقييم الافراد المنتخبة ثم انتخاب الأفراد المتفرقة كآباء تمثل نواة المجتمع النباتي الجديد للدورة اللاحقة من الانتخاب.



أقترحت هذه الطريقة من قبل Jenkins عام 1940 وأطلقت تسميتها سنة 1945 من قبل Hull. اغلب الاستخدام لطرائق الانتخاب التكراري في محاصيل خلطية التلقيح بهدف زيادة عدد التراكيب الجيدة والمرغوبة في المجتمع النباتي. سمي هذا الانتخاب بالتكراري لان الاسلوب المستخدم فيه يتكرر بعد كل دورة انتخاب والتي بدورها تكتمل كل مرة بمجتمع نباتي جديد.

إن المجتمع النباتي الأولي المستخدم في برنامج الانتخاب التكراري يسمى بالمجتمع النباتي الاساسي أو مجتمع دورة الصفر Cycle 0 Population، أما المجتمع المتكون بعد دورة انتخاب واحدة فيسمى مجتمع الدورة الأولى ... وهكذا بالنسبة لبقية دورات الانتخاب التكراري.

إن عملية توليف الجينات من خلال التزاوجات المتحققة طبيعياً، ومن ثم تقويم الأفراد المنتخبة بعدها يتم انتخاب الجيد والمتفوق منها في صفاته ومثلما يحدث بشكل روتيني في برامج تطوير الأصناف. مثال على ذلك عمليات التهجين بين السلالات النقية الممتازة والمتفوقة elite للحصول على الهجن الفردية، ويتبع ذلك اجراء التربية الداخلية ومن ثم تقويم

السلالات النقية الناتجة وانتخاب الذرية الجيدة، وهذا بحد ذاته يمثل دورة طويلة الأمد في برنامج الانتخاب التكراري لذا فإن مصطلح الانتخاب التكراري غالباً ما يستعمل في مشاريع التربية التي تستخدم افضل المجتمعات النباتية المعروفة والدورات الانتخابية القصيرة.

إن هدف الانتخاب التكراري هو تحسين اداء المجتمعات النباتية لصفة واحدة أو أكثر، ويمكن بذلك استخدام المجتمعات النباتية المحسنة كأصناف بالانتخاب أو كآباء للقائح أصناف الهجن أو كمصادر لنباتات وأفراد متفوقة يمكن أن تستخدم كسلالات نقية أو كصنف يمثل سلالة نقية Pure line cultivar أو في الاصناف المكلونه Clonal cultivars أو كآباء للمجتمع النباتي التركيبي. إن اجراء الانتخاب التكراري ينتج عنه مجتمعات نباتية محسنة تتفوق على متوسط أداء المجتمع الأصلي (للصفة أو الصفات التي تم التحسين بموجبها) وحتى على أحسن افراد المجتمع الأصلي (Weyhrich واخرون، 1998).

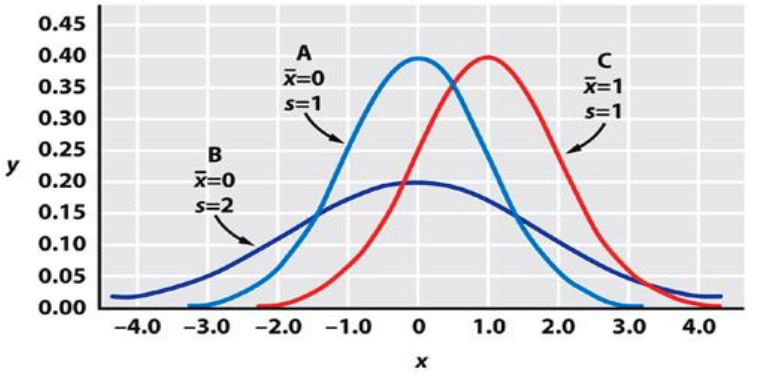
تطوير المجتمع النباتي الأصلي Development of Base Population

إن أحد الاعتبارات الواجب إثباتها في تطوير المجتمع النباتي الأصلي (الأساسي) هو الحصول على آباء بأحسن اداء وراثي ممكن للصفة التي تم تحسينها بالانتخاب التكراري. هناك أهمية اخرى تتمثل في كون الآباء المنتخبة هي في الاصل تمثل عدد كبير من الأجداد المختلفة أي ذات اختلاف وراثي كبير جداً فيما بينهما. إن هذين العاملين المؤثرين قد لا يتوفران دائماً لدى مربي النبات لاعتبارات كثيرة منها انحسار وجودها في المؤسسات الحكومية أو الشركات الخاصة الكبيرة وهذا يعكس محدودية تداولها بما يمثل أول الاعتبارات، أما الاعتبار الثاني فهو عدد الآباء التي يراد استخدامها لتكوين مجتمع الدورة صفر. من حيث المبدأ، يتم استخدام عدة آباء قدر المتوفر من دون الالتفات الى التضحية بالسلوك والآداء الجيد للصفة أو الصفات المرغوبة. فاحتمال الحصول على عدة اليلات مختلفة في المجتمع النباتي بحيث يزداد عدد هذه الاليلات بزيادة عدد الآباء وزيادة الاختلاف الوراثي بين هذه الاباء. يتطلب الانتخاب التكراري الكفوء والجيد مستوى عالٍ من التباين الوراثي للصفة المرغوبة في المجتمع النباتي ويختص الاعتبار الثاني في تكوين المجتمع الاساسي، اذ يتحقق ذلك في عدد أجيال التزاوجات التي ستتم لاجل تطوير المجتمع النباتي، حيث إن كل جيل من التزاوج

داخل المجتمع النباتي نفسه سوف يحسن فرصة التوليفات الجينة المتحصل عليها من الآباء، وهذا يمثل مصادر اضافية ووقتاً مطلوباً لكل جيل من الاجيال. يتوضح متوسط اداء المجتمع النباتي المحسن الاكبر من متوسط اداء المجتمع النباتي الاساسي بانحراف معياري واحد بالاضافة الى احتواءه على نباتات متفوقة في ادائها على مثيلاتها في المجتمع الاساسي، وان التغاير الوراثي في المجتمع الجديد لم ينخفض بسبب الانتخاب.

تقييم الأفراد في المجتمع النباتي Evaluation of Individuals in Plant Population

يمكن أن تقوَم افراد أي مجتمع نباتي على اساس مظهرها أو اداء ذريتها.



الشكل (10-1) مثال نموذجي لمشروع الانتخاب التكراري

يمكن ان تتلخص طرق التحسين المعروفة للمجتمعات النباتية في:

- التقويم المظهري Phenotypic Evaluation
- النباتات الفردية Individual Plants
- التقويم الكلوني Clonal Evaluation
- التقويم الوراثي Genotypic Evaluation
- ذرية أنصاف الاخوة Half-sib Progeny
- ذرية الاخـــوة Full-sib Progeny
- ذرية التلقيح الذاتيSelfed Progeny

غالباً ما يستخدم تحسين المجتمع النباتي في تقييم ذرية انصاف الاخوة أو ذرية الاخوة أما التقويم المظهري، فانه يستند على تقييم النباتات الفردية أو ذرية كلونات النبات (ذرية الاكثار

الخضري). يتم التقييم بواسطة المعاينة والتفتيش البصري لمربي النبات visual inspection أو بواسطة قياس الصفة المرغوبة. يمكن ان تقوَم النباتات الفردية باداء ذريتها، وغالباً ما يرجع مربي النبات الى ما يسمى بالعائلة family. ان مصطلح انصاف الاخوة والاخوة يعود الى العلاقة الوراثية بين العوائل الابوية، وليس الى الافراد ضمن العائلة الواحدة. تتكون عوائل انصاف الاخوة من تهجين سلسلة من الافراد مع أب واحد معروف والذي يمكن تسميته بالفاحص أو الكشاف tester. أما عوائل الاخوة، فانها تتكون من تهجين زوج من النباتات مع بعضهما، وبالتالي فان ذرية البذور – النباتات الناتجة من هذا التهجين تكون اخوية من حيث انحدارها الوراثي. بمعنى آخر، ان عوائل أنصاف الاخوة تكون مرتبطة مع بعضها وراثياً بسبب اشتراكها بأب واحد معروف، بينما تكون عوائل الاخوة غير معروفة الاباء في مجتمع التزاوج.

للحديث بشكل تفصيلي عن استخدام طريقة الانتخاب التكراري في برامج تربية النبات، لابد من ذكر كافة الاساليب المتبعة في الانتخاب التكراري سواءً كان هذا الانتخاب ضمن المجتمع النباتي الواحد أو بين المجتمعات النباتية (Weyhrich واخرون، 1998).

أولاً: طرق التحسين ضمن المجتمع النباتي Methods of Intrapopulation Improvement

1- الانتخاب التكراري المظهري Phenotypic recurrent selection

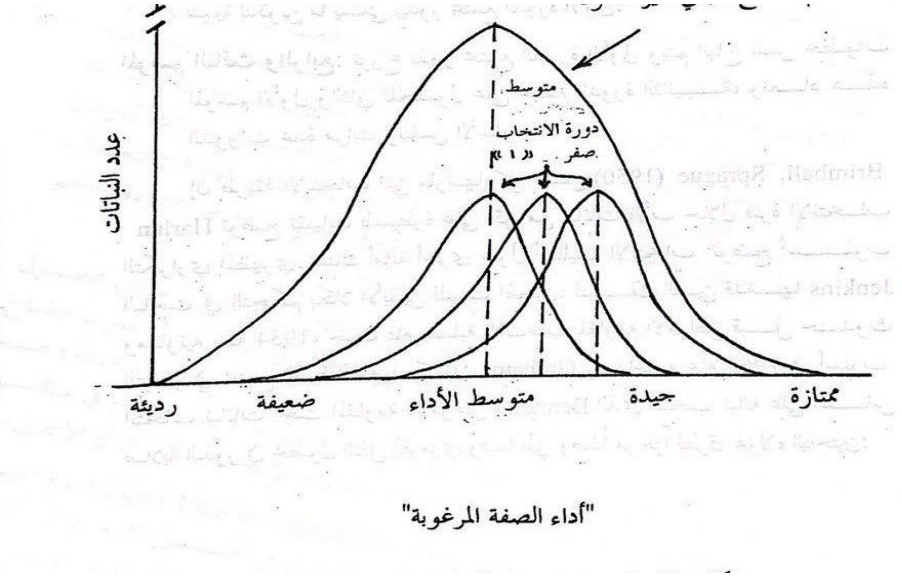
يعتمد الانتخاب في مجتمع نباتي خلطي التلقيح على الحالة المظهرية للنباتات الفردية والتي تشبه حالة الانتخاب الاجمالي، وتسمى طريقة الانتخاب التكراري المظهري أو الانتخاب التكراري البسيط أو الانتخاب الاجمالي المباشر. إن كل هذه المصطلحات التي يميل بعض المعنيين الى استخدامها بشيء من الاجتهاد الضمني للتسمية في الوقت الحاضر هي في الحقيقة للتمييز بين الانتخاب الاجمالي Mass selection وبقية الاصطلاحات الاخرى التي تعني الانتخاب التكراري. فمثلاً يسمى الانتخاب اجمالياً عندما يتم انتخاب النباتات الانثوية (الحاملة للعرنوص في الذرة الصفراء مثلاً) بعد حدوث التلقيح سواءاً بحبوب لقاح نباتات منتخبة أو غير منتخبة في المجتمع النباتي، بينما يسمى الانتخاب مظهرياً عندما يتم التحكم بكل من النبات الاب والنبات الام اللذين يتم التهجين بينهما لاجل الحصول على بذور الدورة اللاحقة من الانتخاب. وجد Ordás واخرون (2019) ان الانتخاب التكراري لـ 18 دورة من

الانتخاب الاجمالي في مجتمعين من الذرة للتبكير بالتزهير كان كفوءاً في تقليل عدد الايام من الزراعة وحتى التزهير، مما يؤكد امكانية تطبيع المجتمعات النباتية للزراعة المتأخرة في الاراضي التي يؤشر تأخر تحضيرها للزراعة في الموعد المناسب.

في هذا الفصل سوف نعني بالانتخاب التكراري المظهري ما يمثل الانتخاب للافراد على اساس التباين فيما بينهما مظهرياً بالاعتماد على التحكم في التهجين بين الاباء المستخدمة.

تعد طريقة الانتخاب المظهري للنباتات الفردية من الطرق التي استخدمت منذ وقت بعيد، وهي من اوائل الطرق المستخدمة في تحسين محاصيل خلطية التلقيح. ينتخب مزارعوا الذرة الصفراء مثلاً، وبصورة دورية وموسمية، العرانيص التي تحمل الصفات المرغوبة في حقولهم، فيجمعون بذورها ويخلطونها لتزرع في الموسم اللاحق. ان هذا الانتخاب يعتمد اساساً على النباتات الام الحاملة للعرنوص، حيث ان هذه العرانيص المنتخبة قد تم تلقيحها بصورة عشوائية بحبوب لقاح نباتات يحتمل انها قد انتخبت ايضاً أو حبوب لقاح نباتات غير منتخبة. استخدم هذا النوع من الانتخاب بكثرة في محاصيل العلف لاجل تحسينها، اذ قام Law و Anderson عام 1940 باجراء خمسة دورات انتخابية لزيادة عدد الاوراق والمساحة الورقية وعدد الاشطاء (التفرعات tillers) وقطرها، وبالفعل ازدادت المساحة الورقية وعدد الاشطاء للنباتات الفردية في الموسم الاول من نمو النبات بعد ثبوت الصفة المرغوبة من 1095 الى 1296 سم^2 كمساحة ورقية ومن 57 الى 148 تفرع بالنسبة لعدد الاشطاء، بينما بلغ خفض صفة ارتفاع النبات من 132 سم الى 76 سم، كما حدثت زيادة معنوية في قطر الاشطاء. يوضح الشكل (10-2) اجراء ثلاث دورات انتخابية يتم خلالها تحسين اداء الصفة المرغوبة تدريجياً أي الاستجابة للانتخاب التكراري، كما يوضح توزيع التراكيب الوراثية في مجتمع التربية غير محدودة الحجم، والذي تم من خلاله الوصول الى مجتمع نباتي محدود.

ذكر Harlan عام 1950 عن البرنامج الانتخابي لمحصول الشوفان بان الانتخاب للنباتات الانثوية من خلال التحكم في انتقال حبوب اللقاح من آباء مرغوبة أدى الى الانتخاب غير الكفوء على الرغم من الخبرة الواسعة في هذا المجال، مع الاشارة الى عدم استخدام مصطلحات الانتخاب التكراري أو الاجمالي في مناقشته لموضوع الانتخاب في برنامجه هذا.



الشكل (10–2): إجراء ثلاث دورات انتخابية يتم خلالها تحسين أداء الصفة المرغوبة.

أوضحت الدراسة التي قام بها Sprague و Brimhsll (1950) التأثير التدريجي للانتخاب التكراري في تحسين المجتمع النباتي للذرة الصفراء. اذ استند الانتخاب أساساً على التركيب المظهري (محتوى الزيت) للعرانيص الملقحة ذاتياً في نباتات فردية. عند استخدام بذور النباتات المنتخبة للحصول على المجتمع الجديد، قام هذان الباحثان بفرض التحكم والسيطرة على كل من النباتات الابوية الواهبة لحبوب اللقاح والنباتات الانثوية الحاملة للعرانيص. فيما ياتي شرحاً موجزاً لأسلوبهما المتبع وكما يوضح ذلك الشكل رقم (10–3) ايضاً.

الموسم الأول: تلقح النباتات الفردية للمجتمع الاساسي (دورة صفر) ذاتياً، وتحصد عرانيص كل نبات بشكل منفصل ويتم تحليل النوعية لمحتوى الزيت لعينة من عدة بذور ولكل نبات (عرنوص).

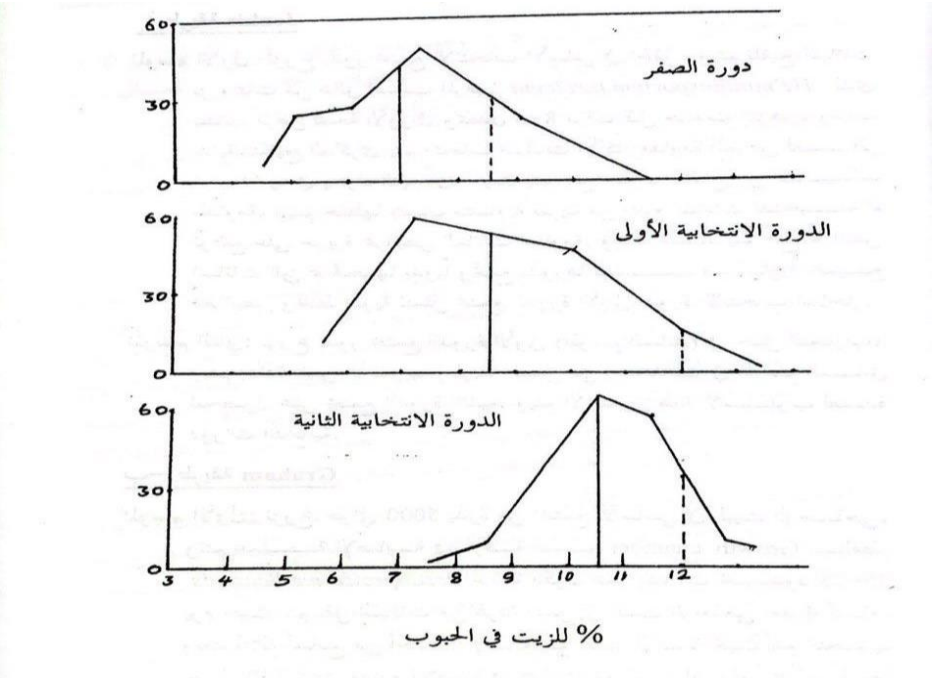
الموسم الثاني: تزرع البذور المتبقية من بذور العرانيص المنتخبة وفق نتائج محتوى الزيت والتي سبق وان لقحت ذاتياً في الموسم الأول، حيث تتم كافة التلقيحات الممكنة ضمن نباتات المجتمع الجديد بالتهجين اليدوي. يتم بعدها حصاد العرانيص في نهاية الموسم وتؤخذ كميات متساوية من بذور جميع اللقائح وتخلط سوية لتكوين ما يسمى ببذور مجتمع الدورة الأولى.

الموسمين الثالث والرابع: تزرع بذور مجتمع الدورة الأولى ويتم اتباع نفس خطوات الموسم الأول والثاني للحصول على مجتمع الدورة الثانية، وتعاد هذه الدورات عدة مرات وبنفس الاسلوب.

توضح طريقة الانتخاب التي مارسها كل من Sprgue و Brimhall (1950) و Harlan (1950) تقنيات السيطرة على كل من نباتات الأب والام خلال فترة الانتخاب التكراري المظهري. هناك امثلة اخرى حول اساليب الانتخاب توضح اسلوب الباحث في التحكم بكلا الابوين للنبات الهجين، كتلك التي قدمها Jenkins ومعاونيه سنة 1945، حيث اجروا الانتخاب لمقاومة الامراض قبل حدوث التزهير في مجتمع الذرة الصفراء، كذلك Graham ومساعديه (1965) في انتخاب نباتات الجت المقاومة للأمراض و Bennett (1959) الذي انتخب نباتاته على اساس صلابة البذور في محصول النفل القرمزي وفيما يأتي وصفاً موجزاً لهذه الطرائق:

طريقة Jenkis

الموسم الأول: تزرع بذور مجتمع الانتخاب الأساس في الحقل، ويتم تلقيح النباتات بزروعات من عالق الفطر *Helminthosporium turcicm* المسبب لمرض لفحة الاوراق وبمعدل 6–8 مرات قبل حدوث التزهير. يتم انتخاب النباتات الاكثر مقاومة للمرض عند بدء التلقيح الذكري، لغرض استخدامها في إجراء التهجين، حيث تجمع حبوب اللقاح من النباتات المقاومة، وتخلط بنسب متساوية تقريباً من جميع النباتات المنتخبة وتوضع على (مياسم) حريرة عرانيص النباتات المقاومة. عند الحصاد، يتم جمع عرانيص النباتات التي تم تهجينها يدوياً وتجمع بذورها بنسب متساوية لجميع العرانيص وتخلط سوياً لتمثل مجتمع الدورة الأولى.



الشكل (10-3): تكرار توزيع النسبة المئوية لزيت حبوب الذرة لمجتمع نباتي تم تحسينه بالانتخاب التكراري. متوسط المجتمع (الخط المستمر) والنباتات المنتخبه (الخط المتقطع) (1950).

الموسم الثاني: تزرع بذور مجتمع الدورة (الموسم السابق) في حقل التجارب، ويتم اعادة نفس الاسلوب وطريقة العمل التي استخدمت في الموسم السابق للحصول على مجتمع الدورة الثانية، ويتم الاستمرار بهذا الاسلوب لعدة دورات انتخابية.

طريقة Graham

الموسم الأول: تزرع حوالي 5000 بذرة من المجتمع الاساسي في البيت الزجاجي، اذ تتم عملية الاصابة في غرفة النمو Growth chamber بالفطر *Psedopeziza medicaginis* عندما يكون عمر النباتات بحدود 25-35 يوم. بعد 4 ايام تنقل النباتات من غرفة النمو الى البيت الزجاجي، وبعد ثلاثة اسابيع من احداث الاصابة يتم تقدير الاصابة وينتخب حوالي 150 نبات مقاوم للاصابة. تعاد اصابتها بالمسبب المرضي لضمان التخلص من النباتات التي قد تكون قد افلتت من الاصابة بأي شكل من الأشكال، بحيث نحصل على ما يقارب 85 نبات مقاوم للاصابة تمثل منتخبات لاجل اجراء التهجين فيما بينها.

الموسم الثاني: يتم تهجين الـ 85 نبات فيما بينها للحصول في الأقل على 5000 بذرة من مجتمع الدورة الأولى. يكون الوقت المطلوب لإكمال دورة انتخاب واحدة (الموسم الأول والثاني) حوالي ستة اشهر.

الموسمين الثالث والرابع: تزرع بذور الدورة الأولى وتتم اعادة نفس الطرق التي استخدمت في الموسمين الأول والثاني، بغية الحصول على الدورة الثانية، وبنفس الأسلوب وتجرى الطريقة لعدة دورات انتخابية.

طريقة Bennett

الموسم الأول: قام هذا الباحث بتقييم حوالي 120 باون من بذور النفل القرمزي المركب تمثل 42 مصدراً، اذ اعتبرها مجتمع نباتات الدورة صفر. يستند تقييم Bennett للبذور على اساس صلابتها، حيث قام بنقع البذور بالماء لثلاثة أيام بعدها تم فرك البذور بين اليدين لكسر البذور، فالبذور المنتفخةSwollen تطفو فوق سطح الماء، بينما تؤخذ البذور الصلبة لتزرع في الحقل، وبعد حدوث التلقيح المفتوح، تجمع البذور وتدرس بعملية الدارس اليدوي hand threshed لتكون ما يعرف بمجتمع نباتات الدورة الأولى.

الموسم الثاني: ينقع حوالي 100 باون من بذور مجتمع الدورة الأولى لمدة ثلاثة ايام، والبذور الصلبة التي يتم الحصول عليها من نفس الطريقة التي استخدمت في الموسم الأول تزرع في الحقل ويتم حصاد البذور الناتجة من التلقيح المفتوح لتكون ما يسمى مجتمع الدورة الثانية ويتم تكرار هذه الدورات بتفس الطريقة.

ان مصطلح الانتخاب التكراري المظهري قد استخدم من قبل Johnson و el-Banna عام 1957 لتوضيح برنامجهم الانتخابي في النفل الحلو sweet clover، اذ ميزوا بين الانتخابين التكراري المظهري والوراثي، فالانتخاب التكراري الوراثي genotypic recurrent selection يستند أساساً الى الانتخاب وفق القدرة على التآلف للنباتات بينما يعتمد الانتخاب التكراري المظهري على مظهر النباتات، فقاما بتسجيل النباتات الفردية وفق خصائص نموها وقوتها، ثم اجريا التزاوجات بين النباتات المنتخبة فقط لدورة الانتخاب اللاحقة. بينما

استخدم Dudley وزملائه (1963) مصطلح الانتخاب التكراري المظهري في وصف برنامج الانتخاب الفردي لمحصول الجت باستخدام الحشرات والتلقيح اليدوي لتلقيح النباتات الفردية المنتخبة.

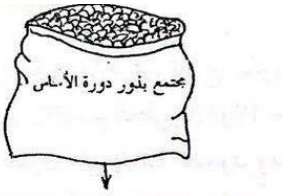
ان التحصيل الوراثي المتوقع من انتخاب الآباء الأنثوية female parents في برنامج الانتخاب التكراري المظهري يمثل نصف ما يتوقع الحصول عليه من انتخاب كلا الأبوين. ان احدى مشاكل الانتخاب التكراري المظهري للنباتات الفردية هو وجود تباين بين النباتات يعزى الى التغيرات البيئية الصغرى Micro environmental variation كتلك الفروق الواضحة بين النباتات المزروعة في نفس الحقل بسبب تغايرات نوع التربة أو الخصوبة أو الرطوبة أو أية تغايرات اخرى. ربما يكون عند انتخاب النباتات على اساس الحاصل محصوراً في موقع أو بقعة معينة ومحددة في الحقل ذات خصوبة أعلى من مواقع الحقل بسبب تغايرات نوع التربة أو الخصوبة أو الرطوبة أو اية تغايرات اخرى. اي ان الافراد التي تم انتخابها، تعد في الحقيقة غير متفوقة وراثياً على غيرها من النباتات في المواقع الأخرى، لذا طور Gardner (1961) اسلوب تقليل التأثيرات البيئية وتغايراتها باستخدام تقسيم ثان للمجتمع النباتي المزروع وذلك بعمل قطاعات (الشكل 10-4)، وفي بعض الاحيان قد يلجأ البعض الى عمل تقسيم بشكل شبكة أو خلية النحل Grid iron system (الشكل، 10-5). فيما يأتي شرحاً مفصلاً لطريقة Gardner:

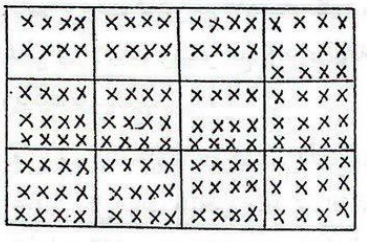
الموسم الأول: يزرع مشتل بمساحة 2000 م بمحصول الذرة الصفراء ليمثل مجتمع عشوائي التزاوج (دورة صفر) ويكون موقع المشتل معزولاً عن حقول ومشاتل الذرة الصفراء الاخرى. تزرع البذور في جور (عيون)، المسافة بينها 51 سم وبين المروز 102 سم لتعطي 370 19 جورة في الهكتار، وبواقع بذرتين في الجورة للحصول على إنبات مضمون ومتماثل ثم تخف بعد فترة قصيرة، ويتم الترقيع باسرع وقت ممكن مع الاهتمام كثيراً بعمق الزراعة لكي يتم الحصول على افضل تماثل في الانبات والنمو مع اجراء كافة عمليات الخدمة من عزق وتعشيب وري ومكافحة ... الخ.

قبل بدء الانتخاب، يتم تقسيم الحقل بقطاعات يحتوي كل منها على 40 نبات متنافس كل نبات متنافس يبعد مسافة 51 سم عن الذي يجاوره في نفس المرز أو الخط و 102 سم عن نباتات الخطوط المجاورة، لذا فان القطاع الواحد يحتوي على اربعة مروز وكل مرز يحتوي على 10–12 جورة، وبالتالي نحصل على 100 قطاع في المشتل. يتم انتخاب 5–8 نباتات من كل قطاع على اساس الحاصل عند الحصاد، حيث يتم تكييس بذور أو عرانيص كل نبات منتخب بشكل منفصل، وان كل مجموعة منتخبة من القطاع تحفظ سوية في كيس اكبر، بعدها تجفف البذور الى درجة رطوبة متماثلة وتقشر العرانيص وتوزن، ثم يؤخذ 25 بذرة من اعلى اربعة نباتات في الحاصل (بكثافة انتخابية قدرها 10%) من كل قطاع وتجمع سوية لتعطي بذور مجتمع الدورة الأولى لكي تزرع في الدورة اللاحقة. يكون عدد بذور مجتمع الدورة اللاحقة حوالي، 000 10 بذرة (25 × 4 × 100). يتم جمع نفس العدد ويخزن لاعادة الزراعة إذا تطلب ذلك في الموسم اللاحق.

الموسم الثاني: تزرع بذور مجتمع الدورة الأولى في الحقل، ويعاد نفس الأسلوب المتبع في الموسم الأول للحصول على مجتمع الدورة الثانية، تعاد نفس العمليات في المواسم اللاحقة للوصول الى عدد الدورات الانتخابية الذي يفي بالغرض. ان فكرة Gardner قد اضاف لها Burton (1974) بعض التعديلات والشروط في برنامجه الانتخابي لحاصل العلف والذي افترض فيه خمسة شروط لاجراء الانتخاب. تقسم المسافة التي يشغلها الحقل المزروع بمجتمع نباتي ما يراد تحسينه الى 25 لوح حقلي مربع وبترتيب شبكي، حيث يتم انتخاب أعلى خمسة نباتات في حاصلها من اصل 25 نبات في اللوح الواحد، وكما افترض Gardner ذلك. يتم اجراء التزاوج بين النباتات الفردية المنتخبة فقط للحصول على المجتمع النباتي الجديد لتهسيل تزاوج النباتات المنتخبة، ويتم اخذ فرعين من فروع النبات العلفي أو عرنوص واحد من عرانيص النبات (عادة يكون العرنوص العلوي)، وتتم كافة التسهيلات التي من شانها ضمان اكبر نسبة من التلقيح الخلطي.

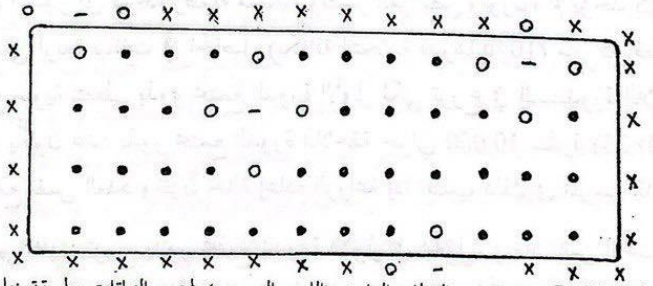
يعطي استخدام عرنوص واحد من كل نبات فرصة متساوية للآباء في الدورة اللاحقة. ان اختبار موارد وراثية على درجة عالية من عدم التوافق الذاتي يقلل حدوث التلقيح الذاتي للآباء.





زراعة المجتمع في قطاعات، بحيث يتم انتخاب النباتات المتفوقة في كل قطاع من دون الاهتمام بأداء النباتات في القطاعات الأخرى

شكل رقم (10–4) يوضح تأثيرات التغايرات البيئية الصغرى على الانتخاب التكراري المظهري بحيث يمكن تقليلها من خلال تقسيم المجتمع النباتي إلى قطاعات (دورة صفر) ثم انتخاب النباتات المتفوقة وخلط بذورها لتمثل مجتمع الدورة الأولى



شكل رقم (10–5) يتم تقسيم القطاع الواحد (اللوح التجريبي) لمجتمع النباتات بطريقة خلية النحل لتسهيل عملية الانتخاب المظهري. فيتضح من الشكل بان النباتات الممثلة بـــo فقط هي التي تتنـــافس من جميع الجهات مع مثيالاتها الأخرى وهي التي يتم عليها الانتخاب بينما تمثـــل العلاقـــة– النبـــات المفقود، لذا فإن عدم كفاية التنافس للنباتات المحيطة له يؤدي إلى عدم إمكانية انتخاب هذه النباتـــات والتي تتمثل بالرمز O. النباتات خارج المستطيل تمثل نباتات مجاورة خارج القطاع.

2- انتخاب نصف الاخوة التكراري Recurrent half- sib selection

تعد طريقة الانتخاب بين نباتات نصف الاخوة وبصورة متكرره من طرائق التحسين الوراثي التي يتم اجراؤها ضمن نباتات المجتمع الواحد. تم استخدام طريقة تقييم النباتات الفردية باستخدام ذريتها نصف الاخوية. يتضمن الاسلوب العام لدورة الانتخاب تهجين النباتات التي تم تقييمها بفاحص معروف، ثم تقييم ذريتها الناتجة من كل نبات والتي تمثل اخوة من اب واحد فقط (الفاحص) ثم تتم عملية التزاوج بين النباتات المنتخبة لتكوين بذور المجتمع الجديد. هناك

طرق متباينة في اسلوب اجراء عملية انتخاب نصف الاخوة بصورة تكرارية. تختلف هذه الاساليب حسب نوع الفاحص المستخدم وطريقة انتخاب أحد أو كلا الأبوين وطبيعة البذور المستخدمة في عملية التزاوج intercrossing ويمكن تلخيص هذه الاساليب بما يأتي:

الفاحص	الآباء المنتخبة	طبيعة البذور المستخدمة في التزاوج
مجتمع نباتي	الأب الأنثوي	بذور نصف اخوية
مجتمع نباتي	الأب الذكري و الأنثوي	بذور نصف اخوية
مجتمع نباتي	الأب الذكري و الأنثوي	بذور ملقحة ذاتياً أو كلونات
خارجي (مجتمع آخر)	الأب الذكري و الأنثوي	بذور ملقحة ذاتياً أو كلونات

يقصد بالفاحص الخارجي مادة وراثية germplasm ليست من ضمن المجتمع النباتي الذي يراد تحسينه، وقد يكون الفاحص سلالة نقية أو هجين فردي أو زوجي أو أي مجتمع نباتي آخر.

أول اساليب الانتخاب التكراري لنصف الاخوة هو انتخاب العرنوص – سطر ear to raw الذي وصفه الكيميائي C. G. Hopkins (1899) كطريقة لتغيير التركيب الكيميائي للذرة الصفراء. ابتدأ هذا العالم عمله في الانتخاب على اساس التركيب الكيميائي لبذور الذرة الصفراء (الصنف Burr's white المفتوح التلقيح) سنة 1896 وهو بداية لبرنامج طويل الأمد في ولاية إلنيوي والذي استمر فيما بعد الى اكثر من 70 دورة انتخابيةً بحسب Dudley (1977).

افترض Jenkins (1940) الاسلوب الثاني المتبع في تحسين اصناف الذرة الصفراء المفتوحة التلقيح بواسطة الانتخاب التكراري لنصف الاخوة. اعتمد على ملاحظة ان القدرة العامة على التآلف combining ability للسلالة النقية يمكن ان تحدد منذ الاجيال الاولى للتربية الداخلية inbreeding. استخدم في هذا الاسلوب المجتمع النباتي القائم وان انتخاب

العوائل نصف الاخوة المتفوقة تعتمد على اختبارات متكررة واستخدام بذور التلقيح الذاتي في عملية تهجين النباتات الفردية المنتخبة.

الاسلوب الثالث لانتخاب نصف الاخوة التكراري، فافترضه Hull (1945). ان الفرق الأولي في اسلوب Hull مقارنة باسلوب Jenkins هو استخدام السلالة النقية كفاحص (الشكل، 10–6). استند Hull في هذه الطريقة على الانتخاب التكراري للقدرة الخاصة على التآلف specific combining ability وذلك لأن الهدف من برنامجه كان لتطوير مجتمع تم تحسينه لتطوير سلالات نقية من هذا المجتمع المحسن والتي يمكن تهجينها مع فاحص لانتاج البذور التجارية. ان جهود كل من Hull و Jenkins وHopkins قد وضعت اساسيات اختبار اساليب الانتخاب التكراري لنصف الاخوة.

ان اساليب الانتخاب التكراري لنصف الاخوة المشار اليها تذكرها المراجع العلمية حالياً على اساس نوع الفاحص واسلوب التحكم في تزاوج الآباء ونوع البذور المستخدمة في التزاوج داخل المجتمع النباتي، مع الاشارة الى الاستراتيجيات ضمن كل هذه المراجع.

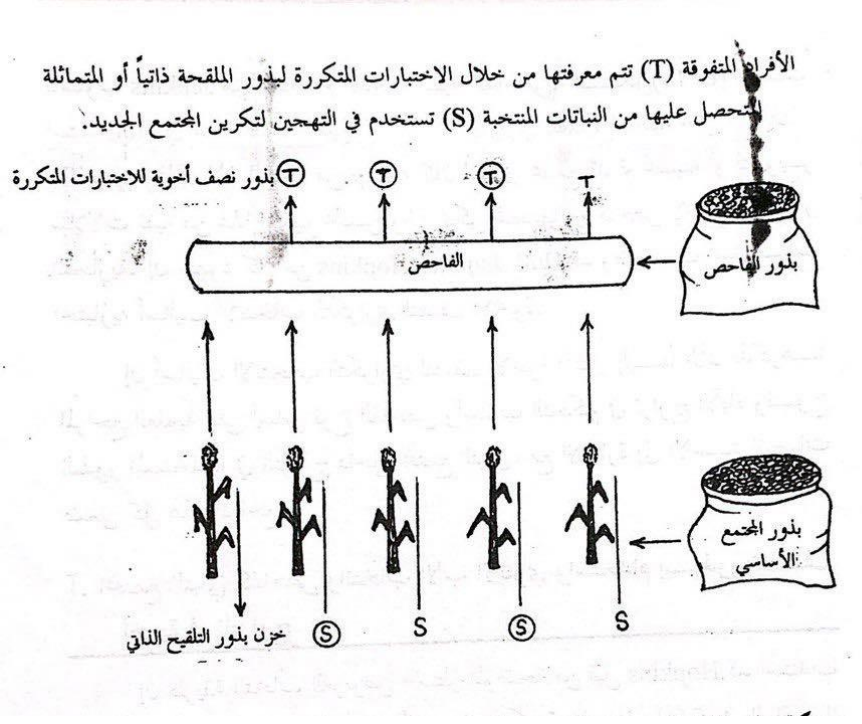
آ. المجتمع النباتي كفاحص وانتخاب الأب الأنثوي واستخدام بذور نصف أخوية في التزاوج

ان طريقة انتخاب العرنوص – سطر الموضحة من قبل Hopkins قد استندت على تقييم عوائل نصف الاخوة في ألواح غير مكررة وفي بيئة واحدة، إن هذا الاسلوب في الواقع لم يعط معلومات ودلائل عن الاداء النسبي للعوائل النباتية تحت ظروف عدة بيئات مختلفة. للتغلب على سلبيات هذا الاسلوب، افترض Lonnquist (1964) ان يتم تقييم عوائل نصف الاخوة في عدة مواقع، وبالتالي يتم انتخاب النباتات ضمن العوائل المتفوقة في مكرر واحد يزرع بشكل معزول. يمثل هذا الاسلوب طريقة محورة لأسلوب انتخاب العرنوص– سطر اذ طوِرَ لأغراض استخدامه في انواع نباتية اخرى يكون فيها التلقيح المفتوح ممكناً، وتكتمل الدورة الانتخابية الواحدة في كل موسم.

تحصد البذور (العرانيص) من كل 190 نبات في مجتمع ذي تزاوج عشوائي (دورة صفر) وان كل نبات من هذه النباتات يدخل في اختبار الحاصل بشكل منفصل في الموسم الأول.

تتم معرفة الأفراد المتفوقة (T) بالاختبارات المتكررة للبذور الملقحة ذاتياً أو المتماثلة والتي تم الحصول عليها من النباتات المنتخبة (S) المستخدمه في التهجين لتكوين المجتمع الجديد.

الموسم الأول: يتم تقويم المدخلات الست (5 هجن والبذور نصف الاخوية لـ 190 نبات) كمعاملة ضابطية (مقارنة) لتقييم صفات الحاصل والصفات الكمية الاخرى. تمثل مجتمع نباتات دورة الصفر وخمسة هجن الى جانب بذور نصف الاخوة المتحصل عليها (190 نبات) من كل دورة لقياس ارتقاء أو تقدم عملية الانتخاب. ان دخول الـ 196 معاملة في تصميم شبكي ثلاثي 14× 14 وبمكرر واحد مزروعة في ثلاث مواقع، يمثل فيها كل سطر من سطور النباتات المزروعة لوحاً تجريبياً يكون طول السطر (المرز) الواحد 8 جورة (نبات). تستخدم التقنيات الأساسية لتقييم الحاصل وتتضمن هذه التقنيات زراعة كمية من البذور اكثر مما هو مطلوب بحيث يتم خف النباتات الى الكثافة المطلوبة بعد الانبات.



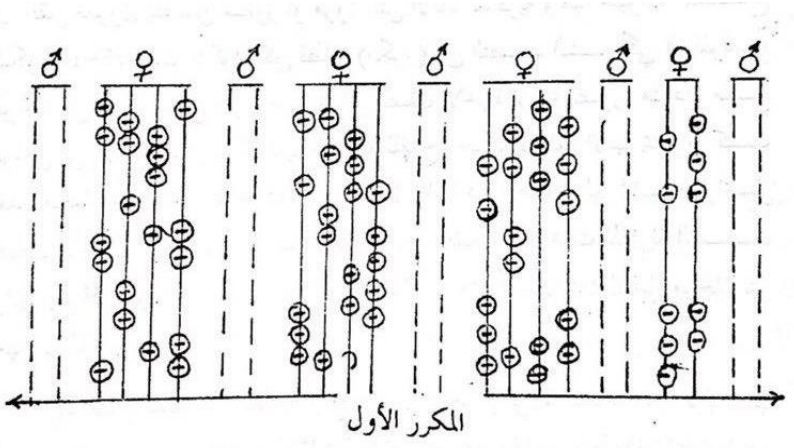
الشكل (10–6): التحسن الوراثي بالانتخاب التكراري بين العوائل نصف الأخوية ضمن المجتمع الواحد عندما لا يكون المجتمع فاحصاً. تستخدم حبوب لقاح النبات المراد اختباره في تلقيح نباتات من الفاحص للحصول على البذور نصف الاخوية المطلوبة في الاختبارات

التكرارية ومن معرفة النباتات المتفوقة تتم العودة الى بذور التلقيح الذاتي المخزونه لغرض استخدامها في التهجين لتكوين المجتمع الجديد.

يتم اخذ البذور نصف الأخوية المفتوحة التلقيح في الموقع الواحد لأجل زراعتها في دورة الانتخاب اللاحقة (مجتمع الدورة الأولىcycle 1 population) في حقل معزول يتضمن سطور أو مروز تمثل الآباء الذكرية الواهبة لحبوب اللقاح (الشكل، 10–7). يتكون كل قطاع (مكرر) في التصميم الشبكي في الموقع الواحد من اربعة الواح من نباتات عوائل نصف الاخوة تزرع بصورة متبادلة مع مرزين من الأب الذكري الواهب لحبوب اللقاح، حيث ان هذا الأب يمثل مركب لعدد متساو من البذور المأخوذة من الـ 190 نبات (عرنوص) والتي تمثل عوائل نصف الأخوية. أما مروز النباتات الأنثوية، فانها تتضمن مجموعات المقارنة الست والتي يتم قص نوراتها الذكرية بعملية الإخصاء اليدوي detasseling قبل مرحلة نثر حبوب اللقاح. يتم تقييم الصفات المهمة في الواح الموقعين الآخرين التي لم يستخدم فيها ترتيب تهجين خاص، اذ يتم حصاد النباتات لأغراض حساب الحاصل بالطريقة الاعتيادية بدراس threshing البذور من كل نباتات اللوح التجريبي في القطاع.

يتم تأشير أحسن خمسة نباتات في كل الـ 190 مرز من مروز عوائل نصف الاخوة في الموقع الذي تمت فيه عملية ازالة النورات الذكرية قبل حصادها برش قمة أو رأس العرانيص بصبغة حمراء مثلاً. تتم عملية الحصاد اليدوي ويتم وزن عرانيص كل النباتات لتحديد وحساب الحاصل، ثم تؤخذ العرانيص الخمسة من كل لوح (مرز) على حدا، وتتم نفس الاجراءات الموضحة للمكرر الثاني بنفس الطريقة التي تمت للمكرر الأول.

تدرج بيانات الحاصل والصفات الأخرى للمواقع الثلاث، وتلخص بطريقة تم فيها انتخاب أعلى 20% من العوائل النباتية نصف الاخوة (بالتحديد 38 عائلة). تتم العودة الى العرانيص التي تم تأشيرها لهذه العوائل المنتخبة (38 × 5) عرنوص لتمثل مجتمع نباتات الدورة الأولى. تمثل بذور كل عرنوص عائلة نباتات نصف اخوية في البذور اللاحقة من الانتخاب في الموسم الثاني.



الشكل (10-7): ترتيب الالواح في احد المكررات ضمن تصميم شبكي 14× 14 لطريقة العرنوص- سطر المحورة بالانتخاب التكراري لحاصل البذور في الذرة الصفراء كما اوضحه Lonnquist (1964). ان العوائل نصف الاخوية تمثل الآباء الأنثوية التي يراد تقييمها على اساس الحاصل والتي تم قص نوراتها الذكرية. الآباء الذكرية تمثل حصيلة جمع بذور كل العوائل نصف الاخوية قيد الاختبار، انتخبت النباتات مفتوحة التلقيح من كل العوائل نصف الاخوية قيد الاختبار، والمتمثلة بـ (+)، كل منها يمثل المادة الوراثية للعائلة نصف الأخوية لدورة الانتخاب اللاحقة.

الموسم الثاني: تجرى دورة الانتخاب اللاحقة بنفس الاسلوب الموضح في الموسم الأول. لابد من ذكر حرية طريقة الاختبار لمربي النبات، بحسب اسلوب Lonnquist، فطريقة الاختبار هذه لا تنحصر بتطبيق التصميم الشبكي الثلاثي، اذ يمكن استخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة أو أي تصميم آخر، كما يمكن ان يتم الاختبار في اكثر من مكرر في الموقع الواحد ولأي عدد من المواقع، هذا بالاضافة الى ان عدد العوائل النصف اخوية التي يراد تقييمها ليس محدداً بعدد معين.

ب. المجتمع النباتي كفاحص والانتخاب للنباتات الذكرية والأنثوية واجراء التزواج باستخدام بذور نصف الاخوة

يتم انتخاب الآباء الذكرية والأنثوية باستخدام تزاوج نباتات عوائل نصف الاخوة (الشكل 10-8). يعادل التحصيل الوراثي الناتج من التحكم في تهجين كلا الأبوين ضعف ما هو

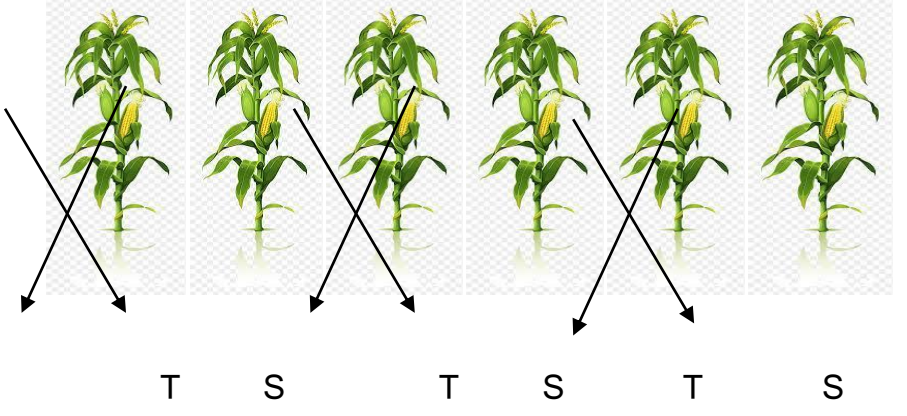
متوقع من انتخاب الآباء الأنثوية فقط، ويتطلب هذا الاسلوب موسمين زراعيين لإكمال دورة الانتخاب. تحصد البذور من مجتمع النباتات الذي حدث به التزاوج من دون ورود حبوب لقاح من مجتمعات نباتية اخرى. تمثل هذه البذور مجتمع دورة الاساس حيث يتم ادخال ذرية نصف الاخوة لكل نبات وبشكل منفصل في اختبارات تكرارية في الموسم الأول، ويتم خزن جزء من بذور كل نبات ضمن الدراسة لاستخدامها في اجراء التهجين في الموسم الثاني.

الموسم الأول: يجرى التلقيح الذاتي في نباتات مجتمع الدورة الأساس وبصورة دورية، ثم تهجن مع الفاحص، وتستحصل بذور انصاف الاخوة من النباتات بالتلقيح المفتوح. يتم خزن بذور التلقيح الذاتي لأغراض اجراء التزاوجات بين النباتات المنتخبة في الموسم الثالث، أما بذور انصاف الاخوة، فتستخدم في الاختبار في الموسم الثاني.

الموسم الثاني: تقيم النباتات نصف الأخوية في اختبارات بمكررات ويتم انتخاب المتفوقة منها.

الموسم الثالث: تستخدم بذور التلقيح الذاتي للنباتات المنتخبة التي اعطت عوائل نصف أخوية.

يتم تحديد النباتات المتفوقة T ، وتستخدم بذور نصف الاخوة للنباتات المتفوقة S في التهجين للحصول على المجتمع الجديد.



T تمثل نباتات العوائل المتفوقة التي يتم تحديدها من خلال الاختبار. S هي بذور النباتات المنتخبة للعوائل الأخوية التي تستخدم في التهجين للحصول على المجتمع الجديد.

الشكل (10-8): طريقة الانتخاب التكراري ضمن المجتمع النباتي الواحد بين عوائل نصف الأخوية عند استخدام المجتمع النباتي كفاحص. جزء من البذور نصف الأخوية التي تؤخذ من كل فرد تستخدم في اختبارات متكررة، بينما يخزن الجزء الباقي ليستخدم في الحصول على المجتمع الجديد.

المواسم الرابع- السادس: تجرى دورة الانتخاب الثاني، ويتم اعادة نفس الاسلوب المتبع في المواسم الثلاثة الأولى للحصول على دورة انتخابية جديدة.

على الرغم من ان استخدام بذور التلقيح الذاتي سيزيد التحصيل الوراثي لكل دورة انتخابية، مقارنة باستخدام بذور انصاف اخوة، فان التحصيل الوراثي السنوي ربما يكون اقل بسبب ان دورة الانتخاب تتطلب موسم واحد لعمل التوليفات الوراثية، لذا فان حرية الاختيار بين كلا الاسلوبين تعتمد في جزء منها على عدد وانواع المواسم المتوفرة لدى مربي النبات. للاستزادة من هذا الموضوع لابد من مراجعه فصل اعلى تحسين وراثي.

الفاحص من غير المجتمع النباتي، وانتخاب الآباء الذكرية والأنثوية، مع استخدام بذور التلقيح الذاتي في التزاوج بين افراد المجتمع النباتي

ان خطوات الانتخاب التكراري لانصاف الاخوة مع فاحص من غير المجتمع النباتي هي نفسها التي ذكرت في الاسلوب السابق، فالفاحص المستخدم في الحصول على بذور انصاف الاخوة قد يكون سلالة نقية متماثلة وراثياً تعطي امشاج بنفس التركيب الوراثي (الشكل، 10-9) وربما يكون هجين أو مجتمع نباتي يمثل اعداداً كبيرة من النباتات ذات الأمشاج المختلفة وراثياً بحيث تلقح الأفراد التي يراد تقويمها. لذا فإن اختيار الفاحص يمكن أن يؤثر في التحصيل الوراثي لكل دورة انتخابية. عند استخدام سلالة نقية كفاحص، فإن التغاير الوراثي بين العوائل النباتية ربما يزداد مقارنة باستخدام مجتمع نباتي آخر كفاحص لكل انتخاب (1977, Eberhart, Sprague).

الانتخاب التكراري للاخوة Recurrent full-selection

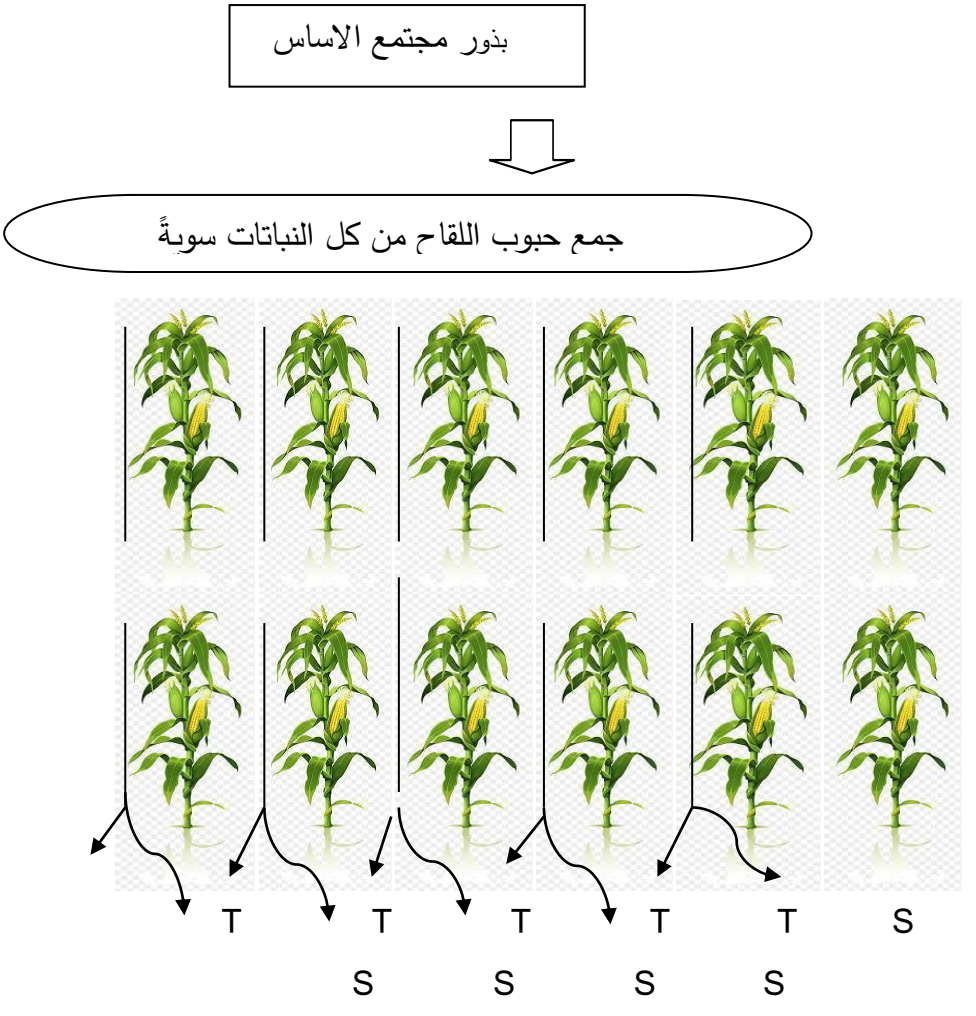
يمثل الانتخاب التكراري بين النباتات الأخوية في المجتمع النباتي طريقة التحسين الوراثي ضمن نباتات المجتمع الواحد، والذي يستخدم في اختبار هجن زوج من النباتات Paired-plant (الشكل، 10-9)، وهي الطريقة الوحيدة من طرائق الانتخاب التكراري التي يكون فيها استخدام بذور نباتين افضل من استخدام بذور نبات واحد في الاختبار لتكوين المجتمع الجديد وفق الأسلوب التالي:

الموسم الأول: يتم تطوير عوائل الاخوة بعمل هجن مزدوجة بين كل اثنين من النباتات المنتخبة في المجتمع الأساسي (دورة صفر). يحفظ جزء من بذور الاخوة لاستخدام المنتخبة منها فيما بعد في الموسم الثالث، أما الجزء الآخر من البذور فتزرع في تجربة اختبار الموسم الثاني.

الموسم الثاني: يتم تقويم بذور الاخوة في تجربة حقلية وبمكررات بحيث تنتخب العوائل النباتية المتفوقة.

الموسم الثالث: تستخدم البذور المتبقية (المحفوظة) في اجراء التهجين بين العوائل المنتخبة طبقاً لنتائج الموسم الثاني، وبالتالي فان البذور المتحصل عليها من هذا الموسم تمثل مجتمع الدورة الأولى التي تستخدم في البدء بدورة الانتخاب اللاحقة المواسم الثلاث اللاحقة (4-6). تجري دورة الانتخاب الثانية باعادة نفس الاسلوب المستخدم في المواسم الثلاث الأولى، وتجرى بقية الدورات بنفس الاسلوب.

هناك اختياران اساسيان لمعرفة العوائل النباتية الأخوية الجديدة بين دورات الانتخاب، يتمثل الأسلوب الأول في تهجين العوائل المنتخبة والحصول على بذور S_0 في موسم واحد يتبعها تهجين زوج من النباتات (كل نباتين) للحصول على عوائل نباتية اخوية خلال الموسم اللاحق، وكما موضح اعلاه. أما الاسلوب الثاني، فيتمثل في تكوين عوائل نباتية اخوية في موسم واحد من التهجين. لذا فان عدد مواسم الدورة الانتخابية سوف يقل الى ادنى ما يمكن بحسب رأي Hallauer و Miranda (1981).



(T) تمثل العوائل المتفوقة التي تم تحديدها من خلال الاختبار. (S) البذور المنتخبة للعوائل الأخوية التي تستخدم في التهجين للحصول على المجتمع الجديد.

الشكل (10–9): الانتخاب التكراري بين العوائل الاخوية لتحسين المجتمع النباتي باستخدام جزء من البذور الأخوية المنتخبة لإنتاج هجن من أزواج من النباتات تدخل بذورها في تجربة الاختبار وتحفظ البذور المتبقية للمجتمع الجديد.

الانتخاب التكراري بين العوائل النباتية الملقحة ذاتياً

Recurrent selection among selfed families

يعد الانتخاب التكراري بين النباتات الملقحة ذاتياً طريقة للتحسين الوراثي ضمن نباتات المجتمع النباتي الواحد، حيث يتم اختبار السلالات بعد جيل واحد أو أكثر من التلقيح الذاتي (التربية الداخلية) يتبعها اجراء التهجين بين النباتات للحصول على المجتمع الجديد. سلالاتS_o:1 هي السلالات التي يشيع استخدامها في الانتخاب التكراري (الشكل 10-10).

الموسم الأول: تقيَم سلالات S_o الناتجة من مجتمع نباتات التزاوج (دورة الأساس)، ويتم تلقيحها ذاتياً وتحصد فرادى ويحفظ جزء من بذور التلقيح الذاتي الأول للحصول على S_1 لكل نبات لتستخدم في اجراء التهجين بين السلالات المنتخبة في الموسم الثالث، ويتم استخدام الجزء الآخر للاختبار في الموسم الثاني.

الموسم الثاني: تقيَم سلالات So:1 في تجارب اختبار وبمكررات ثم تنتخب السلالات المتفوقة منها.

الموسم الثالث: يستخدم ما تبقى من بذور التلقيح الذاتي الأول في اجراء التزاوجات بين السلالات المنتخبة. تمثل بذور So المتحصل عليها من هذه النباتات المنتخبة بذور مجتمع الدورة الأولى.

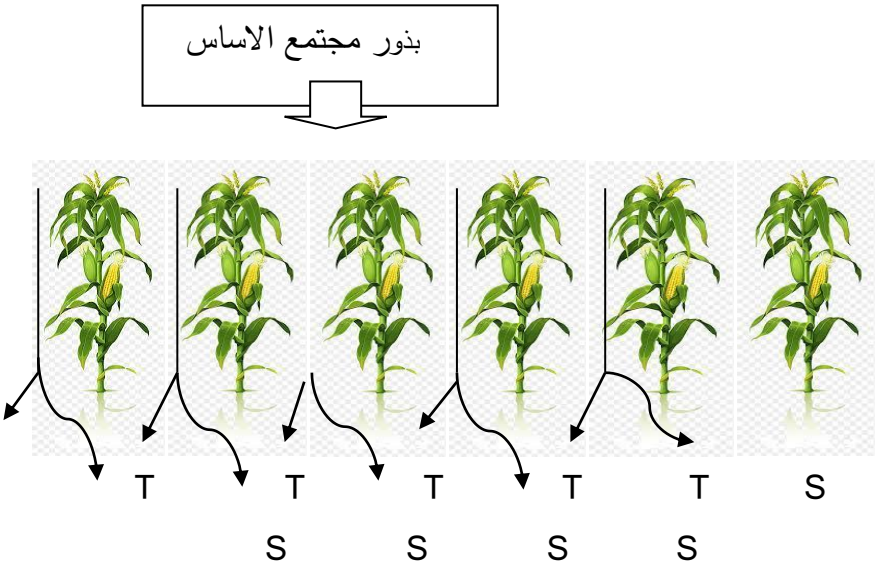
الموسم الرابع: تبدأ الدورة التالية، ويتم فيها استخدام نفس الاسلوب المتبع من الموسم الأول وحتى الموسم الثالث لكل دورة انتخابية جديدة.

لابد من الاشارة الى ان هناك طرقاً مختلفة لتحوير مختلف الأساليب المتبعة، مما يستوجب توضيح النقاط التالية:

أ. يمكن اهمال أو ازالة موسم نمو واحد في كل دورة انتخابية، فيما اذا انتخبت السلالات وتم التهجين فيما بينها في نفس الموسم.

ب. يجب زيادة عدد مواسم الدورة الانتخابية إذا ما تم الحصول على بذور غير كافية من النبات الواحد، بغية إجراء تجربة الاختبار والتقييم بمكررات.

ت. إن عدد مواسم كل دورة انتخابية يرتبط مباشرةً بعدد اجيال التزواج المستخدمة في تطوير المجتمع النباتي للدورة الانتخابية التالية، فربما يستخدم موسم واحد أو اكثر لإجراء التزاوج.



(T) الافراد المتفوقة والتي يتم التعرف عليها من خلال تجارب الاختبار.

(S) بذور التلقيح الذاتي المخزونه للنباتات المتفوقة التي تستخدم في التهجين للحصول على المجتمع الجديد.

الشكل (10-10): التحسين الوراثي بين نباتات المجتمع الواحد باستخدام الانتخاب التكراري لنباتات So:1 الملقحة ذاتياً. يتم استخدام جزء من هذه البذور في تجارب الاختبار والتقويم بينما يخزن الجزء الآخر لعمل التزاوجات المراد الحصول عليها للمجتمع الجديد.

ث. بالامكان اجراء الانتخاب في أي جيل من الأجيال عندما تكون السلالات النباتية مزروعة في بيئة ملائمة، لذا فمن الطبيعي أن يتم الانتخاب بين نباتات So قبل وبعد التلقيح ومن ثم إجراء الانتخاب بين وضمن المروز خلال اجيال التلقيح الذاتي.

طرق التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية
Methods of Interpopulation Improvement

يشيع استخدام هذا النوع من الانتخاب التكراري لتحسين اداء اكثر من مجتمع نباتي وباكثر الاساليب كفاءةً. لتوضيح ذلك، لابد من شرح كل اسلوب انتخاب نصف الاخوة المتبادل واسلوب انتخاب الاخوة التكراري.

انتخاب نصف الاخوة المتبادلReciprocal half-sib selction

يرجع انتخاب نصف الاخوة المتبادل الى ما يسمى أيضاً الانتخاب التكراري المتبادل، ويمثل اسلوباً في التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية، افترضه Comstock وزملائه سنة 1949 كطريقة للتحسين الذاتي لمجتمعين نباتيين (الشكل 10-11)، اذ ينتخب مجتمعان نباتيان يمثل احدهما "أ" والآخر"ب" بحيث يكون المجتمع "أ" فاحصاً لتقييم نباتات المجتمع "ب"، والعكس بالعكس. يتم تحديد الأفراد المتفوقة في المجتمع ب من خلال الاختبارات والتقييم، تستخدم البذور الملقحة ذاتياً والمتفوقة (S) من النباتات المنتخبة لإجراء التهجين للحصول على مجتمع أ جديد. وكما يأتي:

الموسم الأول: ينتخب 100 نبات من المجتمع أ " دورة الصفر" وتلقح جميعها ذاتياً، وبنفس الوقت يتم تهجينها مع 6 نباتات أو اكثر من المجتمع ب وبصورة عشوائية، وكذا الحال بالنسبة للمجتمع ب. تخزن بذور التلقيح الذاتي لكل نبات في كلا المجتمعين، أما بذور نصف الاخوة فتستخدم في الموسم الثاني.

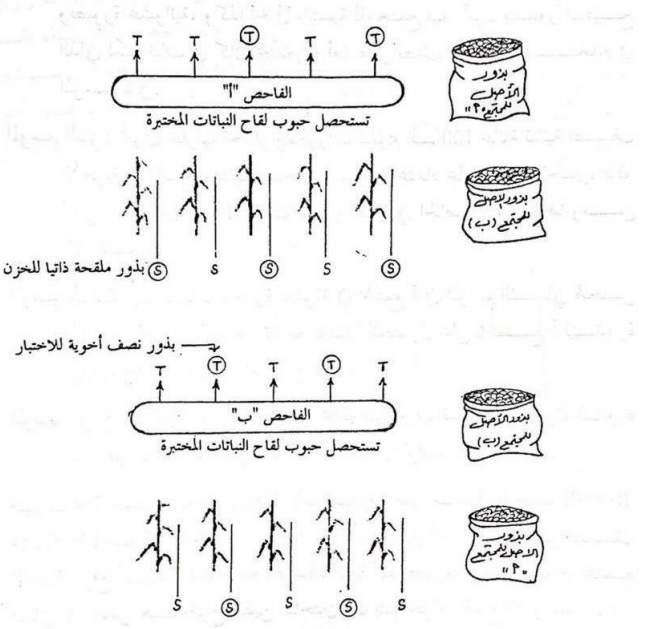
الموسم الثاني: تجرى تجارب الاختبار وبمكررات لتقييم الـ 100 عائلة النباتية نصف الأخوية في المجتمع ومثلها للمجتمع ب، وبالاعتماد على نتائج الاختبار، فإن اعلى 10% أي يتم انتخاب 10 نباتات نصف أخوية في الحاصل ومن كل مجتمع.

الموسم الثالث: تهجن بذور النباتات العشرة المتفوقة في المجتمع أ في الموسم الثاني المخزونة (الملقحة ذاتياً) مع بعضها للحصول على مجتمع أ للدورة الأولى، وهكذا بالنسبة للمجتمع ب.

الموسم الرابع: تستخدم بذور الدورة الأولى من مجتمعي أ و ب في إجراء الدورة التالية من الانتخاب بنفس الطريقة الموضحة في المواسم الثلاث الأولى.

ظهرت عدة تحويرات على هذا الاسلوب منها ما اقترحه Russell و Elberhart (1975) والذي يستند على ان التباين الوراثي بين عوائل نصف الأخوة يتوقع ان يزداد عند استخدام سلالة نقية مقارنةً باستخدام المجتمع النباتي كفاحص حيث اقترح هذين الباحثين بان يتم اجراء التلقيح الذاتي لنباتات المجتمع أ ومن ثم تهجن مع سلالة نقية تستخدم كفاحص من المجتمع ب والتي سبق وان اخذت من دورة انتخاب سابقة وهكذا بالنسبة لمجتمع ب، ومن خلال برنامج التحسين، فان السلالة المتفوقة من مجتمع أ الذي تم تحسينه ستكون فاحصاً للمجتمع ب وهكذا للسلالة المتفوقة من مجتمع ب الذي تم تحسينه تكون فاحصاً للمجتمع أ.

أما Paterniani (1967) فقد وضع تحويراً آخر لانتخاب نصف الاخوة التكراري، وذلك لتبسيط عملية انتاج بذورها وزيادة كمياتها، اذ تتم زراعة بذور كلا المجتمعين أ و ب (دورة صفر) في حقلين معزولين عن بعضهما، وتترك النباتات للتلقيح المفتوح، ثم يحصد 100 نبات بالانتخاب على اساس الصفات المرغوبة في كل مجتمع ويستخدم جزء من بذور كل نبات لاغراض التزاوج في الموسم الثالث للنباتات المنتخبة من الموسم الثاني، وكما يأتي:



الشكل (10–11): التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية من خلال الانتخاب المتبادل لنصف الاخوة حيث يوضح بان المجتمع "أ" قد استخدم فاحصاً للمجتمع "ب" وبالعكس للحصول على عوائل نباتية نصف أخوية.

الموسم الأول: يزرع جزء من بذور كل نبات (نصف الأخوية) من نباتات المجتمع أ في مروز وبصورة منفصلة لكي تستخدم نباتات المجتمع ب التي سوف تزرع بصورة متبادلة مع مروز المجتمع أ كآباء واهبة لحبوب اللقاح، مع الاشارة الى ان نسبة أو عدد مروز الآباء الى الأمهات تختلف باختلاف النوع النباتي. يتم قص النورات الذكرية (كما في الذرة الصفراء) من نباتات الأمهات في المجتمع أ، وتترك للتلقيح المفتوح، حيث يتم حصاد العرانيص من نباتات المجتمع آ لتستخدم في تجربة الاختبار في الموسم الثاني. يجرى نفس الاسلوب بالنسبة للنباتات في المجتمع ب، وفي حقل معزول للحصول على بذور التلقيح المفتوح لمائة نبات من نباتات المجتمع.

الموسم الثاني: تستخدم البذور التي تم الحصول عليها في الموسم الأول في التقييم والاختبار وتتمثل بتجربة حقلية وبمكررات تشمل بذور 100 نبات من نباتات نصف الأخوة لكل من مجتمع أ و ب ويتم انتخاب نسبة 10% من النباتات المتفوقة في كل مجتمع نباتي.

الموسم الثالث: يؤخذ ما تبقى من بذور مخزونة قبل الموسم الأول والتي تمثل 10% منها متفوقة في الموسم الثاني، لتزرع ويتم اجراء التزاوجات فيما بينها (بذور 10 نباتات لكل من المجتمعين)، بحيث تتم زراعة بذور السلالات المنتخبة في حقول معزولة عن بعضها ويسمح بحدوث التلقيح المفتوح. يحصد بنهاية الموسم أفضل 100 نبات في صفاتها المرغوبة لتكون مجتمع بذور الدورة الأولى. للبدء بالدورة اللاحقة من الانتخاب. يتم خزن جزء من البذور نصف الأخوية لكل نبات بصورة منفصلة لتستخدم في إجراء التزاوجات (بين الأفراد المنتخبة)، بينما يستخدم الجزء الآخر في انتاج بذور نصف اخوية كما في الموسم الأول. تتم اعادة نفس الأسلوب المتبع في المواسم الثلاث الأولى لكل دورة انتخاب جديدة.

انتخاب الاخوة المتبادلReciprocal full-sib selction

تعد طريقة انتخاب الاخوة بصورة تكرارية وسيلة من وسائل التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية في الأنواع المختلفة التي يكون فيها الانتاج التجاري بذور هجينة (الشكل 10-12). تم عرض هذه الطريقة بشكل مفصل من قبل مربي الذرة الصفراء في كل من ولاية ايوا Iowa ونبراسكا Nibraska الأمريكيتين، كما ذكرها كل من Hallauer (a,b1967) و Williams و Lonquist, (1967) وبصورة مستقلة. تكتمل دورة الانتخاب بعدد اقل من مواسم الزراعة عند استخدام نباتات يمكن الحصول منها على كل من بذور التلقيح الذاتي والبذور الهجينة.

الموسم الأول: تتم زراعة بذور 200 نبات بمواصفات مظهريه مرغوبه تمثل So من نباتات المجتمع أ (دورة الصفر) ويزرع معها وبنفس الترتيب نفس العدد من المجتمع ب (دورة الصفر). يزرع كل نباتين متقابلين بشكل زوج تجري عملية التلقيح الذاتي لكل منهما على العرنوص العلوي بينما يتم التهجين بين هذين النباتين وبصورة متبادلة reciprocal على العرنوص الثاني، بحيث تؤخذ حبوب لقاح النبات وتجرى عملية التلقيح الذاتي للعرنوص العلوي لنفس النبات، وفي ذات الوقت ينقل جزء من حبوب اللقاح الى العرنوص الثاني من النبات المقابل في المرز المقابل الذي يمثل المجتمع النباتي الآخر. تتم هذه الطريقة لكلا المجتمعين عندما تمتلك نباتات المجتمعين القابلية على اعطاء بذور التلقيح الذاتي والبذور الهجينة على نفس النبات.

يخزن جزء من بذور التلقيح الذاتي لكل نبات لكلا المجتمعين لاستخدامها في اجراء التزاوجات للنباتات الفردية المنتخبة في الموسم الثالث بينما يستخدم الجزء الآخر في الحصول على بذور التلقيح الذاتي والانتخاب لتطوير سلالات نقية قد تستخدم في انتاج بذور الهجن. تستخدم البذور الهجينة (الأخوية) من كل زوج نباتي لأغراض الأختبار في الموسم الثاني.

الموسم الثاني: تقيَم 200 عائلة اخوية في تجربة بمكررات ويتم انتخاب افضل 10% من الأزواج النباتية.

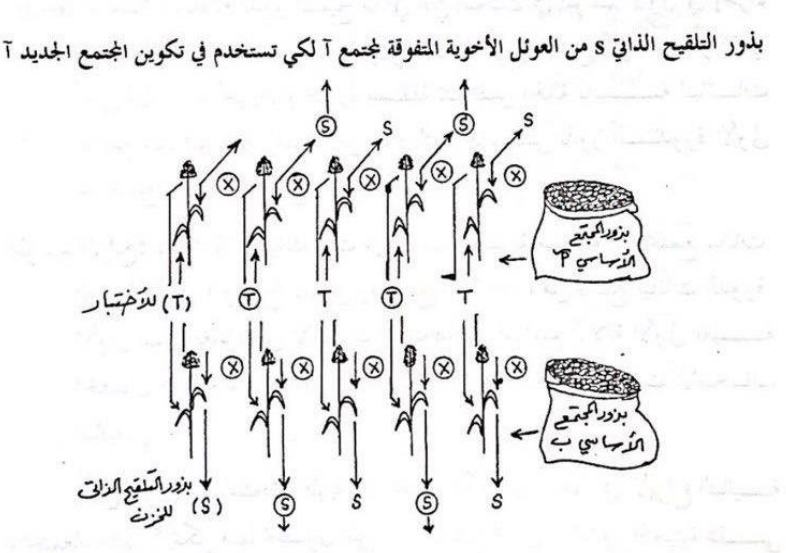
الموسم الثالث: تستخدم بذور التلقيح الذاتي التي انتخبت في الموسم الأول في إجراء التزاوجات بين النباتات المنتخبة في الموسم الثاني وهي 20 نبات من المجتمع أ والمشتركة في أعلى 20 عائلة اخوية. تتم نفس الحالة، بصورة مستقلة، بالنسبة لنباتات المجتمع ب . تمثل البذور الناتجة من هذه التزاوجات بذور الدورة الأولى للمجتمع النباتي أ والمجتمع النباتي ب.

الموسم الرابع: يؤخذ 200 نبات ذات مواصفات مظهرية مرغوبة من مجتمع أ لنباتات الدورة الأولى ويزرع بشكل زوج مع 200 نبات من مجتمع نباتات الدورة الأولى للمجتمع ب. يعاد نفس الاسلوب المستخدم في المواسم الثلاثة الأولى بغية الحصول على مجتمعي الدورة الثانية، وهكذا بالنسبة لبقية دورات الانتخاب التالية.

ان استخدام طريقة الانتخاب التكراري للاخوة في الأنواع النباتية والمجتمعات التي لايمكن الحصول على بذور التلقيح الذاتي أو البذور الهجينية منها على نفس النبات، ولكن عدد مواسم دورة الانتخاب يزداد في هذه الحالة، وكما يأتي:

الموسم الأول: يؤخذ 200 نبات ذات مواصفات مظهرية مرغوبة من نباتات المجتمع أ ونفس العدد من المجتمع ب، جميعها تمثل دورة الأساس من الانتخاب. يجرى التلقيح الذاتي وتحصد البذور في نهاية الموسم من كل نبات منتخب ويخزن قسم منها لاستخدامها في التزاوجات مع النباتات الأخرى المنتخبة في الموسم الرابع. أما الجزء الآخر من بذور S1 فانها تزرع في الموسم الثاني.

بذور التلقيح الذاتي (s) من العوائل الاخوية المتفوقة لمجتمع أ (T) لتوليف المجتمع الجديد أ



بذور التلقيح الذاتي s من العوائل الأخوية المتفوقة لمجتمع ب (T) لتوليف المجتمع الجديد ب

الشكل (10-12): التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية بالانتخاب التكراري للاخوة وبترتيب هجن ازواج النبات بين المجتمعين أ و ب للعوائل الأخوية لغرض التقييم في تجارب تكرارية.

الموسم الثاني: ترتب نباتات $S_{0:1}$ المتحصل عليها من الموسم الأول لكل من المجتمعين بشكل ازواج متقابلة ويجري التهجين بينها عند الإزهار للحصول على البذور الأخوية وذلك بجمع حبوب اللقاح من نباتات السلالة (النبات) لأحد المجتمعين واستخدامها في تلقيح نباتات المجتمع الآخر وبصورة متبادلة لكلا المجتمعين. تجمع البذور من كلا المجتمعين لأغراض الاختبار في الموسم اللاحق.

الموسم الثالث: يفترض الحصول على 200 عائلة اخوية من نتائج الموسم السابق، إذ تتم زراعتها وتختبر وفق تجربة تقييم واختبار، وفي نهاية الموسم تنتخب افضل 10% من جميع العوائل النباتية أي بمعنى انتخاب 20 عائلة اخوية.

الموسم الرابع: تشخص النباتات العشرين التي تم انتخابها في الموسم السابق وفق بذور التلقيح الذاتي المتحصل عليها من الموسم الأول لكل مجتمع، بحيث تزرع في هذا الموسم ليتم التزاوج فيما بينها وهي تمثل 20 نبات ملقح ذاتياً في المجتمع النباتي أ وهي في نفس الوقت افراد

اعضاء في العشرين عائلة اخوية، وهكذا بالنسبة لمجتمع الدورة الأولى ب، حيث يتم اعادة انتخاب 200 نبات منها.

الموسم الخامس: يعاد نفس الأسلوب المتبع في الموسم الأول وحتى الموسم الرابع للحصول على مجتمع الدورة الثانية، ونفس الحال لبقية دورات الانتخاب اللاحقة والمطلوبة.

في ادناه، خلاصة عدد المواسم المطلوبة لمختلف طرائق الانتخاب في الذرة :

طريقة الانتخاب	**الموسم الأول**	**الموسم الثاني**	**الموسم الثالث**
الإجمالي	تجارب حاصل انتخاب وتزاوج	-	-
العرنوص-سطر	تجارب حاصل انتخاب وتزاوج	تجارب الحاصل	توليف النباتات المنتخبة في تجارب الحاصل
So(*)	انتخاب وتلقيح ذاتي للنباتات الفردية	اعادة توليف النباتات المنتخبة في تجارب الحاصل	
S1	تلقيح لذاتي وانتخاب	تجارب الحاصل	توليف النباتات المنتخبة في تجارب الحاصل
S2**	تلقيح ذاتي وانتخاب بين نباتات S1	اجراء تلقيح ذاتي والانتخاب بين نباتات S2	تجارب الحاصل
عوائل الاخوة-Full sib	الحصول على ذرية الاخوة من خلال اجراء التزاوج	تجارب الحاصل	اعادة توليف النباتات المنتخبة
عوائل نصف الاخوة Half-sib	الحصول على ذرية الاخوة	تجارب الحاصل	
التكراري المتبادل	الحصول على ذريات التلقيح الاختباري	تجارب الحاصل	اعادة توليف النباتات المنتخبة
التكراري المتبادل للاخوة		تجارب الحاصل	اعادة توليف النباتات المنتخبة المنتخبة

So (*)يقصد بها انتخاب النباتات التي لا تستخدم عموما في تحسين الحاصل ان سبب الانتخاب يستند على نبات واحد، وان الصفة التي يراد اجراء الانتخاب لها يجب ان تكون بسيطة التوارث ولا تتأثر بالبيئة.

**الموسم الرابع: يكون فقط لطريقة انتخاب نباتات S2 بتوليف النباتات المنتخبة الداخلة في تجارب الحاصل

أهم المراجـــع

يوسف، ضياء بطرس وخزعل خضير عباس وعزيز حامد مجيد وعبد الجاسم الجبوري ومصطفى عبيد عايد ، 2001 . تربية واستنباط صنف جديد من الذرة الصفراء يلائم الزراعة الخريفية. مجلة دراسات (العلوم الزراعية) 28 (2 و 3) 261- 271.

Bennett, H.W. 1959. The effectiveness of selection for the hard seeded character in crimson clover. Agron J.51:15-16.

Burton, G.W. 1974. Recurrent restricted phenotypic, increases forage yields of Pensacola bahiagrass. Crop Sci. 14:831-835.

Comstock, R.E., H.F. Robinson and P.H. Harvey. 1949. A Breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron J.41:360-367.

Dudley, J.W. 1977. Seventy- six generations of selection for oil and protein percentage in maize. pp. 459-473. In E. Pollack, Proceeding of the International Conference on Qunatitative Gentics".Agron J.41:360-367.

Dudley, J.W., R. Hill Jr., and C.H. Hanson. 1963. Effects of seven cycles of recurrent phenotypic selection of means and genetic variances of several charecters in two pools of alfalfa germplasm.Crop Sci 3:543-546.

Gardner, C. O. 1961. An evaluation of the effects of mass selection and seed irradiation with thermal nutrons on yield of corn. Crop Sci I: 241-245.

Graham, J.H., R. R. Hill Jr, D.K. Barnes and C.H. Hanson 1965. Effects of three cycles of selection for resistance to common'vleafspot in alfalfa Crop Sci. 5:171-173.

Hallauer, A.R. 1967a. Development of single cross hybrids from two-eard maize populations. Crop Sci. 7:192-195.

Hallauer A.R. 1976b. Performance of single cross hybrids from two - eard maize populations. Ann Hybrid Corn Ind End Res Conf Proc.22: 74-81.

Hallauer, A.R. and J.B. Mirarda.1981. “Quantitative Genetics in Maize Breeding.” Iowa State Univ. Press, Ames.

Harlan J.R. 1950. The breeding behavior of side-oats grama in particully isolated populations-Agron. J. 42:20-24.

Hopkins, C.G. 1899. Improvement in chemical composition of the corn kernel. Ill. Agric. Exp. Stn. Bull. 55: 205-340.

Hull, F.H. 1945. Recurrent selection and specific combining ability in corn. J. Amer. Soci. Agron.37:134-145.

Jenkins M.T.1940. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. J. Amer. Soc.Agron. 32:55-63.

Jenkins M.T. A, Robert and W.R. Findley Jr1954. Recurrent selection as a method for concentrating genes for resistance *Helminthosporium turcicum* leaf blight in corn. Agron. J. 46:89-94.

Johnson, and A.S. El Banna.1957. Effectiveness of successive cycles of phenotypic recurrent selection in sweet clover. Agron. J. 49:120-125.

Law, A.G., and K.L. Anderson. 1940. The effect of selection and breeding on the growth of big bluestem (*Andropogon furvatus*, Muhl.) J. Am. Soc. Agron. 32:931-943.

Lonnquist, J.H. 1964. Modification of the ear-to row procedure for the improvement of maize population. Crop Sci. 4:227-228.

Lonnquist, J.H. and N.E. Williams. 1967. Development of maize hybrids through selection among full-sib families. Crop Sci. 7:369-370.

Ordás, B.; P. Revilla; M. Cinta Romay; R. A. Malvar; A. Butrón; and A. Ordás. 2019. Eighteen cycles of recurrent mass selrction for early flowering in two maize synthetics. Euphytica 215:49 https://doi.org/10.1007/s10681-019-2374-9

Paterniani, E. 1967. Interpopulation improvement: Reciprocal recurrent selection variations. Maize 8, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), EI Batan, Mexico.

Russell, W.A. and S.A. Eberhart.1975. Hybrid performance of selected maize lines fromreciprocal recurrent and testcross selection programs. Crop Sci. 15:1-4.

Sprague, G.F. and S.A. Eberhart, 1977. Pp. 305-362. Corn Breeding. In: G.F. Sprague (Ed.), Corn and Corn Improvement.. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Sprague, G.F. and B. Brimhall. 1950. Relative effectiveness of two systems of selection for oil content of the corn kernel. Agron. J. 42:83-88.

الفصل الحادي عشر

الاختبارات المبكرة للأجيال النباتية
Early Generation Testing

تستخدم الاختبارات الأولية للأجيال النباتية في برامج تربية كل من محاصيل الانواع النباتية ذاتية وخلطية التلقيح، لتقدير القدرة الوراثية للأفراد أو السلالات النباتية أو المجتمعات النباتية وفي مرحلة مبكرة من التربية الداخلية. يكون الهدف من هذه الاختبارات استبعاد التراكيب الوراثية التي لا يستوجب استمرار التربية الداخلية لها في الأجيال اللاحقة، وتقليل الكلفة والجهد المبذول.

تعد طريقة الاختبارات الأولية في نباتات الانواع ذاتية التلقيح، وسيلة جيدة في معرفة مجتمعات الهجن التجميعية التي تحتوي أصلاً على سلالات نقية متفوقة. أوضح Immer (1941)، من تكرار اختبار مجتمعات الانعزال في الجيل الثاني والثالث، أوضح اداء مختلف الهجن من حيث حاصلها المتحقق. من المظاهر الاخرى للاختبارات الاولية هو معرفة نباتات الجيل الثاني التي تعطي ذريات متفوقة في مختلف الاختبارات التي تدخل فيها، اذ يتم انتخاب وتقييم الافراد المتماثلة ضمن السلالات المتحصل عليها من نباتات الجيل الثاني المتفوقة مع الاشارة الى ان أول من استخدم هذه الطريقة هو العالم الشهير Nilsson–Ehle في السويد.

افترض Jenkis (1935)، الاختبار المبكر للقدرة على التآلف Combinning Ability في محاصيل خلطية التلقيح، من دراسته لتأثير التربية الداخلية في الذرة الصفراء، وحتى ظهور هذه الدراسات لم يكن هناك أية اختبارات أولية للسلالات النقية، حيث الاستمرار بالتربية الداخلية لعدة اجيال (عادة 5–6 اجيال) حتى تصل الى درجة عالية من التماثل الوراثي. يتم في محاصيل خلطية التلقيح، تهجين السلالات النقية مع فاحص وراثي شائع في طرق الاختبار لمعرفة قدرة السلالات على التآلف. في دراسة Jenkis نجد انه إستخدم 14 سلالة نقية من كل من مجتمعين نباتيين فهجّن قسم من بذور التلقيح الذاتي مع الفاحص والقسم

الآخر خزنت ليتم الاستمرار بالتربية الداخلية للسلالات النقية المتفوقة منها، من حيث قدرتها على التآلف. قارن هذا الباحث هجن السلالات مع الفاحص في اجيالها S_4 وS_3 و S_1 و S_0 من حيث القدرة على التآلف في تجارب مقارنة، ولاحظ بان القدرة النسبية على التآلف للـ 28 سلالة كانت ثابتة منذ $S_{0:1}$. أوضحت هذه المقارنه بان السلالة النقية ضعيفة القدرة على التآلف منذ التلقيح الذاتي الأول سوف تستمر ضعيفة التآلف حتى باستمرار التربية الداخلية لها. وبالتالي، لا تصلح لانتاج بذور السلالات الأبوية التي تدخل في انتاج بذور الهجن. اي لا جدوى من استمرار التربية الداخلية لها، وضرورة استبعادها من برنامج التربية الداخلية لانتاج بذور السلالة النقية الأبوية. تعد الدراسة التي قام بها حميد جلوب علي (1986) من أولى الدراسات التي اجريت في العراق لاختبار 250 سلالة نقية مدخلة من منظمة الغذاء والزراعة الدولية (FAO) في برنامج للتهجين القمي Topcross. لحقتها دراسه مماثلة اجراها يوسف واخرون (1998) لـ 192 سلاله منتخبة من الذرة للصنف بحوث 106 ضمن برنامج تربية واسع في منظمة الطاقة الذرية العراقية.

1- تطوير اصناف ذاتية التلقيح Development of Self-Pollination Cultivars

تقييم الهجن التجميعية Evaluation of bulk hybrids

إن الاسلوب المتبع في تقييم واختبار مجتمعات الهجن التجميعية لأنواع ذاتية التلقيح بصورة مبكرة منذ الاجيال الأولى قد ابتدأ من معرفة مجتمعات الانعزال وإستكمل عند توفر سلالات متماثلة لأغراض الاختبار، وكما سيتم توضيحها في ادناه.

يتم اختبار أي مجتمع نباتي حالما تتوفر كمية كافية من بذوره، اذ تعتمد مواقع وعدد سنوات الاختبار ومكررات تجربة الاختبار جميعاً على الصفة التي يرغب مربي النبات اختبارها، اي الصفات ذات التوريث الواطئ وذات التداخل العالي والتداخل الأقل بين الوراثة والبيئة. بعد ان يتم انتخاب المجتمع واستمرار التربية الداخلية فيه حتى المستوى المطلوب من التماثل الوراثي، يتم انتخاب نباتات فردية بحيث تستكمل للحصول على سلالات يتم تقييمها

لأستنباط الاصناف الجديدة بنفس الاسلوب الذي يتبعه مربي النبات باستخدام الطرق الأخرى من التربية. فيما يأتي شرحاً مفصلاً لهذا الأسلوب.

الموسم الأول: يتم استحصال بذور الجيل الثاني (F_2) من عدد من الانعزالات في المجتمع النباتي.

الموسم الثاني: إذا ما توفرت كمية كافية من بذور الجيل الثاني (F_2)، فيتم تقييم مجتمعات الهجن في عدة اختبارات، يتم بعدها استبعاد المجتمعات النباتية ضعيفة الاداء، اما اذا لم تكن كمية بذور (F_2) كافية للاختبار، فيتم اكثار البذور بزراعتها لموسم كامل والحصول على بذور F_3 من كل مجتمع وبصورة تجميعية.

الموسم الثالث: يتم تقييم المجتمعات النباتية بزراعة بذور F_3 في عدة تجارب للاختبار ويتم استبعاد النباتات ضعيفة الأداء.

الموسم الرابع: تزرع بذور الجيل الرابع المنتخبة، وفي نهاية الموسم يتم حصاد النباتات منفردة لكل مجتمع.

الموسم الخامس: يتم تقييم سلالات الجيل الخامس المتحصل عليها في الجيل الرابع ($F_{4:5}$) حيث تقيم على اساس الصفات المرغوبة.

يقوم مربي النبات باستخدام بذور برنامج الاختبار في حالة عدم حدوث تلوث وخلط مع بذور المجتمعات الأخرى وعدم حدوث الخلط الوراثي بانتقال حبوب اللقاح وحدوث التهجين. ان استخدام بذور الواح الاختبار يعني ان الطريقة التجميعية Bulk method للتربية الداخلية من العمليات المهمة والمفيدة. ربما لا يستخدم مربي النبات بذور برنامج الاختبار والتقييم لأجل تقدم وتحسين مجتمعه النباتي إذا ما حدث الخلط الوراثي أو خلط البذور أو في حالة كون طريقة التربية الداخلية لا تمثل طريقة تجميعية. يمكن ان تستخدم اية طريقة للتربية الداخلية في

برنامج مستقل ومن ضمنها طريقة النسب Pedigree أو طريقة البذرة الواحدة Single seed descent.

تقييم اداء السلالات المستنبطه من الأجيال المبكرة

Evaluation of lines derived in early generation

تؤخذ السلالات التي يتم تقييمها في برنامج اختبار الأجيال المبكرة في الجيل الثاني (الجدول 11-1). يعود هذا الاسلوب في اختبار الأجيال المبكرة الى ما يسمى بطريقة اشتقاق السلالة من الجيل الثاني أو طريقة اشتقاق العائلة من الجيل الثاني. يتم تطوير واطلاق اصناف محاصيل ذاتية التلقيح، في بعض برامج التربية، كسلالات مشتقة من الجيل الثاني أو الثالث. فيما يأتي توضيح بالشرح لجدول (11-1) على وفق الاعمال التي يتطلب انجازها في كل موسم وصولاً الى الموسم السادس لإطلاق الأصناف الجديدة.

الموسم الأول: تزرع بذور الجيل الثاني، وفي نهاية الموسم تحصد النباتات المنتخبه بصورة فردية والتي تمتاز بالصفات الزراعية المرغوبة، مع مراعاة ان يكون الحصاد للنباتات الفردية من كل مجتمع نباتي على حدا.

الموسم الثاني: تزرع بذور الجيل الثالث المنتجة من نباتات الجيل الثاني F2:3 وتحصد السلالات بصورة تجميعية في نهاية الموسم.

الموسم الثالث: يتم تقييم سلالات F2:4 في اختبارات الحاصل وفق تجربة بمكررات، وفي نهاية الموسم تستبعد السلالات التي لا تعطي المواصفات المرغوبة.

الموسم الرابع: تزرع بذور الجيل الخامس المنتخبة من الجيل السابق والمشتقة أصلاً من الجيل الثاني، وتحصد النباتات بصورة فردية في نهاية الموسم ومن كل سلالة منتخبة.

الموسم الخامس والمواسم اللاحقة: تقيَم السلالات المنتجه من الجيل الخامس وفق الصفات المرغوبة لمعرفة الأفضل منها في ادائه ليتسنى لمربي النبات اطلاق الصنف الجديد.

الجدول (11-1) خطة اختيار نباتات الجيل الثاني المشتقة من السلالات

موسم	الاسلوب المتبع
1	زراعة ونمو النباتات ثم حصادها فرادى وتسمى النباتات F_2 المشتقة من السلالات
2	زراعة سلالات $F_{2:3}$ ثم انتخاب احسن السلالات وحصادها لتمثل بذور F_4 وتجمع مع بعضها (بالطريقة التجميعية)
3	زراعة سلالات $F_{2:4}$ وبمكررت لتمثل اختبار الحاصل، ثم انتخاب السلالات التي تعطي اعلى حاصل
4	نمو نباتات F_5 من السلالات المنتخبة المشتقة من الجيل الثاني. ثم حصاد النباتات المنتخبة من F_5 بشكل منفصل لكل نبات
5	زراعة ونمو سلالات $F_{5:6}$ وحصاد السلالات المنتخبة بصورة تجميعية
6	الاختبارات الواسعة والشاملة للسلالات F_5 المشتقة

لمربي النبات عدة اعتبارات في برنامج اختبار الأجيال المبكرة هي:

1. يمكن ان يبدأ مربي النبات برنامج الاختبار المبكر للأجيال النباتية في الجيل الثاني أو الثالث.

2. ضرورة توفر كميات كافية من بذور السلالات لمربي النبات للبدء ببرنامج الاختبار، اذ يستطيع المربي بدء اختباراته في الجيل اللاحق. أما لو كانت كمية البذور المتحصل عليها من نبات واحد غير كافية، فان مربي النبات يضطر الى التضحية بموسم آخر اضافي لزيادة كمية بذوره. غالباً ما نجد بعض مربي النبات يهيئون بذور سلالاتهم للزراعة في جيل واحد ويتخذون من الانتخاب المظهري أو بالاعتماد على ما يرونه مناسباً قبل ان يلجأوا الى برنامج الاختبار.

3. بالاضافة الى التداخل بين عوامل الوراثة والبيئة وكمية المصادر الوراثية المتوفرة لدى مربي النبات عند تنفيذ تجارب الاختبار، يحدد عدد المكررات والمواقع والسنين بتوريث الصفة المراد اختبارها. مع تثبيت هذه العوامل، فانه يجب على مربي النبات ان يضع موازنة بين عملية اختبار السلالات المختلفة وراثياً وعملية اختبار السلالات النقية المشتقة من تلك السلالات المختلفة وراثياً والمتفوقة في نفس الوقت.

4. يجب على مربي النبات ان يقرر فيما أذا كانت بذور التلقيح الذاتي المتوفرة لديه والتي حصل عليها من ألواح الاختبار المتكررة لكل سلالة والتي تم اختبارها قد حافظت على نقاوتها بشكل كاف أو يقرر ضرورة عمل برنامج مستقل للتربية الداخلية ولكل سلالة.

5. تجمع السلالات المنتخبة ويستمر تحسينها الى المستوى المرغوب من التماثل الوراثي، وتنفذ طرق التربية التجميعية أو طريقة التحسين بزراعة البذرة الواحدة Single seed descent أو طريقة تسجيل النسب.

6. يختلف عدد النباتات من كل سلالة مختلفة وراثياً وفقاً لدرجة التغاير الوراثي، من نبات واحد أو عدة نباتات، اذ يعتمد أيضاً على عدد النباتات النامية من كل سلالة. لابد من ايجاد موازنة بين عدد السلالات المختلفة وراثياً والتي سوف تتم عملية الانتخاب وعدد النباتات المنتخبة من كل منها. ان عدد النباتات المنتخبة من كل سلالة مختلفة وراثياً heterogeneous يتم تقييمها بنفس الطريقة التي يتم الحصول عليها من أي طريقة من الطرق الأخرى.

2- تحسين السلالات لاستخدامها في اصناف الهجن أو الاصناف التركيبية Development of Inbred Lines for Use in Synthetics or Hybrid Cultivars

أ- تقويم السلالات بنفسها Evaluation of lines per se

يتضمن اختبار الأجيال المبكرة للسلالات المراد تطويرها وتحسينها، لأغراض ادخالها في انتاج اصناف الهجن أو الأصناف التركيبية، تقييم السلالات المشتقة من الجيل الثاني أو الثالث بالانتخاب ضمن نفس السلالات. يتبع ذلك نفس أسلوب تطوير الأصناف ذاتية التلقيح من حيث المبدأ (الجدول 11-1).

تتطلب ضرورات اجراء التلقيح الذاتي في محاصيل الأنواع خلطية التلقيح، بتدخل الانسان، اجراء برامج منفصلة لعمل الاختبارات الأولية لسلالات التلقيح الذاتي والاستمرار بالتربية الداخلية. تكون البذور المتحصل عليها من برنامج الاختبار مفتوحة التلقيح وليست ذات قيمة لبرنامج التربية الداخلية لأنتاج السلالات النقية.

هناك عاملان يحددان أو بالاحرى يستخدمان في اختبار طريقة التربية الداخلية للسلالات، بالنسبة لأنواع خلطية التلقيح، في برنامج الاختبارات المبكرة أو اختبارات الأجيال الاولى، وهذين العاملين هما:

– ضرورة اجراء التلقيح الاصطناعي (اليدوي) لعدة نباتات ضمن كل سلالة مختلفة وراثياً وحسب الامكانيات المتاحة لمربي النبات.

– ربما يفوق الوقت المتاح ونفقات العمل لإجراء التلقيح الذاتي اليدوي لعدد كبير من النباتات ضمن السلالة الواحدة ولعدد كبير من السلالات، المصادر المتاحة لمربي النبات. لذا، يضع مربي النبات موازنة عملية بين عدد السلالات التي يريد الاستمرار في تربيتها الداخلية بتقييمها في برنامج التربية الداخلية وعدد النباتات التي يريد اجراء تلقيحها ذاتياً ولكل سلالة.

هناك جملة اعتبارات يجب على مربي النبات ان يكون على علم ودراية تفصيلية فيها بالنسبة لبرنامج التربية الداخلية، يأتي في مقدمتها طريقة الحصول على بذور التلقيح الذاتي من النباتات. فإذا اراد مربي النبات ان يحصل على نبات واحد فقط يلقح ذاتياً في كل سلالة متوفرة لديه، فليس له خيار سوى حصاد النبات الملقح ذاتياً واخذ بذوره لاستخدامها كذرية في الجيل اللاحق أو الموسم اللاحق. أما اذا كان لديه نباتين أو اكثر من كل سلالة قد تم تلقيحها ذاتياً، فان الاختيار المتوفر لديه في هذه الحالة هو جمع البذور أو استخدام اسلوب البذرة الواحدة أو طريقة النسب.

تؤدي كل طريقة من هذه الطرق الحصول على السلالة بنفس الاسلوب المتبع في تكوين المجتمع النباتي. فبالنسبة لطريقة جمع بذور النباتات سوية، يتم خلط جميع البذور وتؤخذ عينة من البذور للزراعة في الموسم التالي ولأستمرار تربيتها الداخلية. أما بالنسبة لطريقة زراعة البذرة الواحدة، فيتم اخذ بذرة أو عدد قليل من بذور كل نبات وتخلط سويةً (يفضل ان يكون عدد البذور متساوياً من جميع النباتات) لاستخدامها في جيل التربية الداخلية اللاحق. أما طريقة النسب، فيحصد كل نبات لوحده ويزرع قسم من بذوره في الجيل اللاحق.

ب– تقييم السلالات للقدرة العامة على التآلف Evaluation for general combining ability

تعني اختبارات الأجيال الأولى للقدرة العامة على التآلف استخدام تركيب وراثي فاحص الى جانب السلالات المتوفرة لدى مربي النباتات، اذ يتم اجراء تهجين نباتات هذه السلالات مع

نباتات الفاحص بنقل حبوب لقاح الفاحص الى مبايض السلالات المزروعة وفق طرق التهجين المتوفرة لدى المربي، سواء باجراء عملية قص النورات الذكرية detasseling كما في الذرة الصفراء (Yousif واخرون 1998)، أو استخدام بعض المواد الكيميائية كالهرمونات مثل استخدام حامض الجبرلين في احداث العقم في نباتات زهرة الشمس كما اشار لذلك الجبوري وآخرون عام (1999,a,b) ويوسف وآخرون (1992) و Yousif واخرون (1998). ان تقييم اداء بذور الهجن المتحصل عليها يتم وفق الاتي:

الموسم الأول: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات S_o للحصول على نباتات S_1 وتهجن مع الفاحص للحصول على بذور التلقيح القمي top cross أو ما يسمى ببذور التلقيح الاختياري test cross.

الموسم الثاني: يتم عمل برنامج منفصل لإجراء الاختبار والاستمرار ببرنامج التربية حيث:

– بذور التلقيح الاختباري من كل نبات من نباتات S_o تزرع لأجل تقييمها وفق الصفات المرغوبة حيث يتم في نهاية الموسم معرفة اداء كل لقيح قمي متفوق في الصفة المدروسة والذي يمثل قدرة جيدة على التآلف.

– يتم الاستمرار في برنامج التربية الداخلية في حقل معزول حيث تزرع بذور S_1 لأجل الحصول على بذور S_2 بواسطة التلقيح الذاتي لكل سلالة.

الموسم الثالث: تزرع بذور F_2 التي تفوقت بذورها الأصلية S_o في برنامج الاختبار الأولي، اذ تمتلك قدرة عالية على التآلف مع بقية السلالات، كما يتم استبعاد السلالات التي لم يكن لها قابلية تآلف عامة جيدة.

مع الاستمرار في التلقيح الذاتي لأجل الحصول على بذور S_3، مثلما اشار اليها Yousif وآخرون (1994) في محصول الذرة الصفراء حيث تم اختبار 162 سلالة نقية في جيلها الأول والثاني، يبقى القرار الرئيس لمربي النبات في تحديد وقت اجراء التلقيح القمي للأجيال الأولية بمعنى تحديد جيل التربية الداخلية الذي يتم عنده اجراء الاختبار والتقييم. إن اكثر برامج الاختبار والتقييم تبكيراً هي تلك التي يتم فيها تلقيح بذور S_o مع فاحص وراثي آخر لتقويم القدرة العامة على التآلف، كما يمكن ارجاء برنامج الاختبار الى ما بعد $S_{o:2}$ أو $S_{1:2}$ مع نباتات الفاحص وزراعة البذور الهجينية في المواسم اللاحقة. في ادناه شرح مفصل لتحديد قدرة التآلف العامة لسلالات $S_{o:1}$.

الموسم الأول: يجرى التلقيح الذاتي لنباتات S_o وتحصد منفصلة في نهاية الموسم، ويتم الانتخاب بين نباتات S_o على اساس الصفات المرغوبة.

الموسم الثاني: تزرع سلالات $S_{o:1}$ في:مشتل التلقيح الذاتي والانتخاب ومشتل تقييم السلالات على اساس المقاومة للآفات.

ج- مشتل انتاج بذور التلقيح الاختباري. Nursey of test cross seed production

يتم انتخاب النسب Pedigree selection بين سلالات $S_{o:1}$ وضمن كل سلالة، إذ يتم التلقيح الذاتي لنباتات المروز المنتخبة ذات المواصفات الزراعية المرغوبة. يتم اختيار النباتات ذات الصفات الزراعية المرغوبة والمقاومة للآفات سواء كانت امراض أو حشرات عند الحصاد. أما نباتات ذاتية التلقيح، فتحصد منفردة ضمن السطور أو المروز المنتخبة.

- تقيَم السلالات $S_{o:1}$ المنتخبة على اساس المقاومة للآفات. ويتم الانتخاب في مشتل التلقيح الذاتي للسلالات ذات المستوى المرغوب من المقاومة، ولا تؤخذ بذور النباتات من المشتل والتي تم تقييمها لمقاومة الآفات.

- تزرع بذور السلالات $S_{o:1}$ وبذور الفاحص الملائم في مشتل التهجين ويتم انتاج بذور التلقيح الاختباري. تحصد بذور التلقيح الاختباري في نهاية الموسم وتخزن بذور التلقيح الاختياري لسلالات $S_{o:1}$ التي حصدت بذورها الملقحة ذاتياً والمحصودة في نفس الموسم.

الموسم الثالث: تجرى ثلاث تجارب لزراعة البذور المحصودة في الموسم الثاني. فبذور ذرية S_2 المأخوذة من سلالات $S_{o:1}$ المنتخبة تزرع في:

- مشتل التلقيح الذاتي والانتخاب.
- مشتل تقييم السلالات لمقاومة للآفات.
- تجربة زراعة بذور التلقيح الاختياري المتحصل عليها من سلالات $S_{o:1}$ وبعده مكررات.

1. تعاد نفس الخطوات التي تم شرحها في الفقرتين السابقتين للموسم الثاني ويبقى الفرق الوحيد فقط هو ان كافة العمليات آنفة الذكر تتم على سلالات $S_{1:2}$.

2. تتم الاختبارات بطريقة المكررات لصفة الحاصل والصفات المهمة الأخرى بحيث تعرف سلالات $S_{o:1}$ التي تعطي احسن اداء لهذه الصفات.

3. من خلال نتائج الموسم الثالث، تعرف سلالات $S_{0:1}$ ذات القدرة المتفوقة على التآلف والتي تمتلك صفات زراعية مقبولة أو جيدة للآفات.

تزرع ذرية S_3 للسلالات المنتخبة في الموسم الرابع لإستمرار التربية الداخلية. يكون عدد المكررات والمواقع والسنين لاختبارات الأجيال المبكرة محط اختيار ورغبة المربي. ومع تثبيت مصادر الاختبار، يجب ايجاد موازنة بين الاختبارات في الاجيال المبكرة وبين تلك السلالات التي اصبحت على درجة عالية من النقاوة الوراثية.

علاقة اختبارات الأجيال المبكرة بالانتخاب التكراري –Relationship of Early Generation Testing to Recurrent Selection

ان اهم استخدام لأختبار الأجيال المبكرة، هو وضع النقاط الأساسية لأسلوب الانتخاب التكراري. ان تقويم النباتات أو السلالات بادنى كمية من التربية الداخلية غالباً ما يعطي فرصة للحصول على اكبر تحصيل وراثي في السنة (سنأتي على ذكره في فصل آخر). ان تقييم سلالات $S_{0:1}$ وعملية الانتخاب تعدان من العمليات الاساسية في طريقة الانتخاب التكراري ولكل من انواع ذاتية وخلطية التلقيح (ارجع الى فصل الانتخاب التكراري). ان تزاوج نباتات S_0 مع نباتات الفاحص لتقييم درجة التآلف يمثل تقنية واسعة الاستخدام سواء في عملية تحسين المجتمع النباتي الواحد أو اجراء التحسين بين المجتمعات النباتية لأنواع خلطية التلقيح.

الاعتبارات الوراثية Genetic Considerations

يعد التغاير الوراثي بين السلالات النقية أو حتى ضمن السلالة النقية الواحدة من الأمور المهمة في اختبار الأجيال المبكرة. يتوقع ان يكون التغاير الوراثي الاضافي لسلالاتF_2 أو $S_{0:1}$أن يمثل σ^2 Aبين السلالات و ½ σ^2A ضمن السلالة الواحدة. اذا تمت صيانة ذرية التلقيح الذاتي لنباتات F_2 أو السلالات المشتقة من S_0 بجمع البذور من دون اجراء الانتخاب الطبيعي أو الانتخاب بتدخل المربي، سيبقى التغاير الوراثي الاضافي بين السلالات بمقدار σ^2 ، A بينما يتزايد معدل التغاير ضمن السلالات الى ¾ σ^2A بالنسبة لسلالات $F_{2:4}$ أو $S_{0:1}$ ويتزايد الى A7/8 σ^2 بالنسبة لسلالات $F_{2:5}$ أو $S_{0:3}$. سيلاحظ استناداً للأسس النظرية، أو بالاحرى سيتوفر تغاير وراثي كبير لأجل الانتخاب بين النباتات المتماثلة وراثياً في السلالات المشتقة من الجيل الثاني أو مجتمع S_0.

مميزات اختيار الأجيال المبكرة Merits of Early Generation Testing

1- فوائد الاختبارات المبكرة

- يتم ومنذ وقت مبكر معرفة وتحديد ومن ثم استبعاد النباتات او السلالات غير المرغوبة، من برنامج التربية الداخلية والتي تتصف بصفات ليست ذات اهمية جيدة أو تتصف بالصفات الرديئة.

يمكن استنباط اكثر من صنف واحد من مجتمع أو سلالة مختلفة وراثياً بعد تحديد تفوقها بالاختبار المبكر للأجيال.

2- مساوئ الاختبارات المبكرة

في الوقت الذي تأتي تسهيلات استخدام الاختبار لتقييم الافراد أو السلالات أو المجتمعات في اجيالها الأولية في تخفيض عدد الكثير السلالات النقية عن طريق التقييم مع تثبيت كافة العوامل الاخرى، يؤخر برنامج الاختبار عملية تطوير الاصناف بإطالة الفترة المطلوبة لإجراء الاختبارات، الى جانب التكاليف المادية الأخرى.

أهم المراجـــع

حميد جلوب علي، 1986. اختبار قدرة الائتلاف العامة لمجموعه من السلالات النقية للذرة الصفراء، مجلة زانكو العدد (24) رقم (2) ص (7-13).

الجبوري، عبد الجاسم محيسن ووجيه مزعل الراوي وضياء بطرس يوسف. 1991. استحداث العقم الذكري في محصول عباد الشمس باستخدام حامض الجبرلين. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 22 (1) 23-30.

الجبوري، عبد الجاسم محيسن، وضياء بطرس يوسف وعلي عبد الأمير مهدي. 1991. اختبار قابلية التآلف العامة لعشرين سلالة وطفرة من عباد الشمس. المؤتمر العلمي الثالث للمجلس الأعلى للجميعات العلمية، 21-23 كانون الأول (ديسمبر)/ 1991. جامعة تكريت صلاح الدين/ جمهورية العراق.

يوسف، ضياء بطرس، وعبد الجاسم محيسن ووجيه مزعل الراوي 1992. تأثير حامض الجبرلين على خصوبة ازهار زهرة الشمس. المؤتمر العلمي الثامن لنقابة المهندسين الزراعين العراقين، 16-18/تشرين الثاني (نوفمبر)/ 1992- بغداد/ جمهورية العراق.

Fehr, W.R. 1978. Breeding. PP 120-155. In A,G. Norman (ed) "Soybean physiology, agronomy and utilization-Academic Press, New York, U.S.A.

Immer, F.R. 1941. Relation between yielding ability and homozygosis in barley crosses. J.A mer Soc. Agron. 33:200-206.

Jenkins, M.T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon the hybrids made after successive generations of selfing. Iowa. State coll. J. Sci. 6:429-450.

Yousif, D.P.; A. M. Al-Jibouri and W.M. Al-Rawi. 1992. Estimates of general combining ability in sunflower inbred and mutant lines. J. Islamic Acad. Sci. 5:305-308.

Yousif, D.P.; A.H. Majeed; Hamid Ch. Ali; N.F. Jabbo and L.S. Mohammed 1998. Estimation of general combining ability in 162 S_1 and S_2 Prognies of maize (*Zea mays* L.) Inbred lines by Topcrossing. Dirasat. 25(1)1-5.

الفصل الثاني عشر

ستراتيجية التربية وأفضل تحسين وراثي
Breeding Strategy and Maximizing Genetic Improvement.

إن هدف تربية النبات هو التحسين الوراثي لأداء الأصناف النباتية للأنواع المنزرعة وإظهارها بأفضل صفاتها الزراعية و/ او الإنتاجية التي تعكس الحالة الوراثية لها. إن تطور الطرق التي قام بها الإنسان منذ أن تعلم زراعة البذور لم تلغي قط عملية الإنتخاب، بل يعد انتخاب النباتات الجيدة العمود الفقري في تربية النبات وتحسينه. مكّن التطور الحاصل في العلوم الزراعية وبشكل خاص علوم الوراثة الكمية والجزيئية وتربية النبات وعلوم الفسيولوجي والاحصاء وغيرها، الباحثين الأوائل من تطوير طرائق الانتخاب وتحديد طريقة الانتخاب بحسب هدف برنامج التربية. لابد من توفر مختلف الاحتياجات والمصادر والمستلزمات اللازمة لعملية التحسين لإجراء مقارنة كمية التحسين الوراثي بأستخدام طرائق التربية المختلفة.

غالبا ما يحاول مربي النبات معرفة الأساليب الجديدة التي يمكن من خلالها تحسين كفاءة وأداء الأصناف الجيدة. أي أن الفكرة الجديدة التي يقترحها مربي النبات كأسلوب للتحسين الوراثي يجب أن تقارن مع الأساليب العديدة والمعروفة في التربية والتحسين وفق نظام جديد.

يمكن أن تقوم كفاءة استراتيجيات التربية والتحسين البديلة أو الجديدة على أساس كمية التحسين الوراثي، أي بمعنى آخر، مقدار التحصيل الوراثي المتحقق في السنة. إن ما نبتغيه في هذا الفصل هو عمل دراسة شاملة للمعادلات الحسابية المستخدمة في حساب التحصيل الوراثي وفائدة هذه المعادلات في توضيح المبادئ المستخدمة في تحديد ومعرفة استراتيجيات التربية المناسبة.

يستند مفهموم التحصيل الوراثي على معدل التغير في سلوك أو أداء المجتمع النباتي والذي يمكن تحقيقه في كل دورة إنتخاب. تتضمن الدورة الانتخابية الواحدة المجتمع النباتي الذي حصل فيه الأنعزال ومجتمع التراكيب الوراثية التي يراد تحسينها وتطويرها ثم تقييمها وانتخاب

التراكيب الوراثية المتفوقة والاستفادة من التراكيب الوراثية المنتخبة باستخدامها كآباء للمجتمع الجديد والذي يختلف تبعاً لأستراتيجية وأسلوب الانتخاب المتبع، فيعبر عن ذلك بالتحصيل الوراثي لكل سنة. يسعى مربي النبات لأيجاد الاسلوب الذي يمكنه من ايجاد وتوفير المصادر الوراثية التي تعطي اعلى تحصيل وراثي في السنة الواحدة.

عبر Lush (1945) عن التحصيل الوراثي للدورة الانتخابية (Gc) بالمعادلة $Gc=h^2D$، إذ تمثل h^2 درجة توريث heritability الصفة التي تم إنتخابها بالمفهوم الضيق وتمثل D فرق الانتخاب selection differential. يمكن الحصول على التحصيل الوراثي السنوي (GY) من قسمة التحصيل الوراثي لكل دورة انتخابية على عدد السنين التي استغرقتها الدورة الانتخابية، ويعبر عنها بالمعادلة التي ذكرها Eberhart (1972) وهي: $Gy=Gc/y$ إذ تمثل y عدد السنين.

إن درجة التوريث عبارة عن نسبة التغاير المظهري الى الكلي بين التراكيب الوراثية والذي يمثل الفروقات الوراثية بين هذه التراكيب. أما التوريث بالمفهوم الضيق فهو بنسبة التغاير الوراثي الإضافي الى التغاير المظهري في المجتمع النباتي. ويعبر عنه رياضياً:

$$h^2 = \sigma^2 A/\sigma^2 p$$

تمثل $\sigma^2 A$ التغاير الوراثي الإضافي وتمثل $\sigma^2 p$ التغاير المظهري الكلي.

إن الفرق ألانتخابي هو الفرق بين معدل التراكيب الوراثية المنتخبة من المجتمع النباتي والمعدل العام للمجتمع النباتي الذي انتخبت منه هذه التراكيب الوراثية، فإذا كان معدل حاصل التراكيب الوراثية المنتخبة 2500 كغم/هكتار، وكان المعدل العام لحاصل المجتمع النباتي الاصل 2200 كغم/هكتار، فأن الفرق الانتخابي هو 2500 مطروحاً منه 2200 والنتيجة 300 كغم/هكتار. يمكن أن يعبر عن الفرق الانتخابي بالمعادلة التالية:- $D = k\sigma p$

حيث إن D تمثل الفرق الانتخابي معبراً عنه بوحدات قياسية و k ثابت وσp تمثل الجذر التربيعي للتغاير المظهري.

يمكن أن تحور معادلة التحصيل الوراثي لكل دورة انتخابية بما يقابلها لقيم D وh^2 وكما يلي: $Gc = h^2 D = \sigma^2 A/\sigma^2 p \; k \; \sigma \; p = k\sigma^2 A/\sigma \; p$

التغاير المظهري: phentotypie variance

يتضمن التباين المظهري، تغايرات الخطأ التجريبي e σ^2 وتداخل الوراثة مع البيئه ge σ^2 والوراثي g σ^2 . يستخدم الجذر التربيعي للتباين المظهري في تقدير التحصيل الوراثي ويمكن التعبير عنه كما يأتي:

$$\sigma p = \sqrt{\sigma^2 e/rt + \sigma^2 ge/t + \sigma^2 g}$$

حيث أن:

r تمثل عدد المكررات بينما تمثل t عدد المواقع البيئية التي تم اختبار التراكيب الوراثية فيها. فالتركيب الوراثي يمكن إرجاعه إلى نبات واحد أو ذريته التي تم تقييمها، بينما تصمم البيئات على أساس المواقع أو السنين التي أجري فيها الاختبار. أما الخطأ التجريبي فيمكن أن يقسم التباين بين النباتات ضمن اللوح التجريبي الواحد $\sigma^2 w$ والتباين بين لوح تجريبي وآخر σ ويعبر عنه:

$$\sigma^2 e = \sigma^2 w/n + \sigma^2$$

حيث أن:

n تمثل عدد النباتات في اللوح التجريبي كما أن التباين (التغاير) بين نباتات اللوح التجريبي الواحد يتضمن التباين الذي يعود إلى تأثيرات البيئة والفروقات الوراثية بين النباتات. أن التأثيرات البيئية تشمل تباين خصوبة التربة والرطوبة وغيرها من العوامل الاخرى التي يمكن ان تسبب فروق وراثية في ألاداء بين النباتات.

تعود الفروق الوراثية بين النباتات في اللوح التجريبي الى حالة الانعزال ضمن ذرية السلالة أو العائلة النباتية. يمكن تقسيم التغاير ضمن اللوح التجريبي إلى التغاير البيئي $\sigma^2 u$ والتغاير الوراثي $\sigma^2 wg$. يمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة:

$$\sigma^2 w = \sigma^2 u + \sigma^2 wg$$

يمكن تلخيص معادلة التحصيل الوراثي السنوي بالاستعاضة عن قيمة σp

$$Gy = k\,\sigma^2 A/y\sigma p$$

$$= k\,\sigma^2 A/y \sqrt{(\sigma^2 e/rt) + (\sigma^2 ge/t) + \sigma^2 g}$$

$$= k\,\sigma^2 A/y\sqrt{[\{(\sigma^2 w/n)+\sigma^2\}/rt]+\sigma^2 ge/t+\sigma^2 g}$$

$$=k\,\sigma^2 A/y\sqrt{[\{(\frac{\sigma^2 \mathrm{u}+\sigma^2 wg}{\mathrm{n}})\,\sigma^2\}/\mathrm{rt}]+\sigma^2 ge/t+\sigma^2 g}$$

التحكم بالآباء Parental control

تتأثر كمية التغاير الوراثي الإضافي بالآباء المتحكمة في حدوث التزاوجات بين الافراد (النباتات) أو العوائل النباتية المنتخبة. فالتحكم بالأباء في الانتخاب التكراري يعني العلاقة بين النبات أو البذرة المستخدمة في إظهار التراكيب الوراثية المتفوقة (وحدة الانتخاب Selection Unit) والنبات أو البذرة المستخدمة في إحداث التزاوج (وحدة التزاوج Recombinant Unit). يكون التحكم في الآباء مساوياً للنصف عندما تكون وحدة الأنتخاب هي نفسها وحدة التزاوج، اي عندما ينتخب الأب الأنثوي Female فقط. مثال ذلك: عندما يتم إنتخاب النباتات الأنثوية (التي تحمل البذور) والتي لقحت بحبوب لقاح كلاً من النباتات الذكرية Male المنتخبة وغير المنتخبة في المجتمع النباتي. يكون التحكم في الآباء مساوياً للنصف بالنسبة للأنتخاب التكراري المظهري وطريقة إنتخاب العرنوص– سطر المحورة، عندما يتم الأنتخاب بعد التلقيح(لاحظ الجدول 12–1).

الجدول (12–1) طرائق التحسين ضمن المجتمع النباتي

الطريقة	عدد المواسم لكل دورة	التحكم بالآباء C	$\sigma^2\mathbf{g}*$		$wg^{\dagger}\sigma^2$	
			$\sigma^2\mathbf{A}$	$\sigma^2\mathbf{D}$	$\sigma^2\mathbf{A}$	$\sigma^2\mathbf{D}$
1) الانتخاب التكراري المظهري						
–انتخاب أب واحد بعد التزهير	1	1	1	1	0	0
–انتخاب كلا الأبوين قبل التزهير	1	1	1	1	0	0
–أباء ملقحة ذاتياً منتخبة	2	1	1	1	0	0

ويعاد تزاوجها				
2) انتخاب نصف الاخوة. –طريقة العرنوص–سطرالمحورة				
–انتخاب أب واحد	1	½	0 ¼	1 ¾
–انتخاب كلا الأبوين	2	1	0 ¼	1 ¾
المجتمع النباتي كفاحص يلقح				
نصف الاخوة المتبقية	2	1	0 ¼	1 ¾
البذور الملقحة ذاتياً (الكلونات)	3	2	0 ¼	1 ¾
الفاحص كسلالة (تزاوج– بذور ملقحة ذاتياً)	3	2	0–¼ ½–¼	1– ¾– ½ ¾
انتخاب الاخوة	2	1	¾ ½	¾ ½
الذرية الملقحة ذاتياً				
–سلالات $S_{O:1}$	3	1	1 † † ¼	½† ½
–سلالات $S_{O:2}$	4	1	3/16 3/2	¼ ¼
–سلالات $S_{O:3}$	5	1	7/64 7/4	1/8 1/8

$\boldsymbol{\sigma^2 g}$ * = التغاير الوراثي بين النباتات أو العوائل النباتية. = التغاير الوراثي $wg^{\dagger}\,\boldsymbol{\sigma^2}$ضمن العوائل النباتية.† † معاملات $\boldsymbol{\sigma^2 D}$ والتي تمثل الإضافة عندما يوجد اليلين على الموقع الجيني، كل اليل بتكرار مقداره 0.5 (Empig واخرون، 1972).

يكون التحكم في الأباء مساوياً للواحد عندما يتم انتخاب كلا الأبوين فتكون وحدة الانتخاب هي نفسها وحدة التزاوج. إن مقدار التحكم في الآباء يساوي واحد بالنسبة لطريقة الانتخاب

التكراري المظهري قبل التلقيح وطريقة انتخاب العوائل النباتية نصف الاخوة half–sib عندما تستخدم البذور المتبقية (المخزونة) في إجراء التزاوج وكذلك طريقة الانتخاب التكراري لعوائل الاخوة full–sib عندما تستخدم بذور التلقيح الذاتي أو الكلونات (الخضرية) للتراكيب الوراثية المنتخبة (الجدول12–1).

إن وحدة الانتخاب هي بذور نصف أخوية، بينما وحدة التزاوج هي بذور التلقيح الذاتي أو كلونات التراكيب الوراثية المنتخبة. يرمز لمقدار أو حجم التحكم بالآباء بالحرف C ويمكن أن يتحدد في كمية البسط (صورة الكسر) لمعادلة التنبوء (الجدول 12–1).

تقدير قيم معادلة التنبوء Obtaining Values for The Prediction

يمكن تقدير مكونات معادلة التنبوء من خلال الدراسات والتجارب المعدة لهذا الغرض أو من خلال البيانات المتوفرة. ولتأكيد المعلومات، فأنه يمكن استخدام القيم النظرية في مقارنة الأساليب المختلفة المستخدمة في برامج التربية.

التباين الوراثي Genetic Variability

من ضمن التباين المظهري الذي يمكن ملاحظته أو إستخراجه في المجتمع النباتي بالتجارب الحقلية ينضوي التباين الوراثي الكلي بين التراكيب الوراثية والذي يرمز له σ^2g وبنفس الوقت، فأن التباين الوراثي يشمل التباين الاضافي additive وتباين التغلب dominance وتباين التفوق epistatic (لاحظ الجدولين، 12–3 و 12–4).

يحتوي البسط في معادلة التنبؤ على التباين الإضافي فقط (σ^2A) وسبب ذلك، أن هذا الجزء فقط من التباين الوراثي هو الذي ينتقل من الآباء إلى الأبناء. أما تباييني التغلب والتفوق فانهما مهمان في أداء النباتات ويتوزعان على التباين الوراثي الكلي ولكنهما لا يدخلان في بسط معادلة التنبؤ بسبب تداخلات الجينات ضمن الموقع الجيني الواحد وبين المواقع الجينية على الكروموسوم intralocus and interlocus interactions في الأباء ولا تنتقل إلى الأبناء.

يمكن تقدير التباين الوراثي المعبر عنه بين التراكيب الوراثية بسهولة من خلال تحليل تباين التراكيب الوراثية التي جرى تقييمها في عدة بيئات. غالباً ما يقوم مربي النباتب تقييم الصفات الكمية للسلالات المختلفة التي يعمل عليها، مثل صفة حاصل الحبوب.

الجدول (12-2) التحصيل الوراثي لكل دورة انتخاب لمختلف برامج التربية

الطريقه	النحصيل الوراثي المتوقع/ دورة انتخاب (*Gc*)[1]
الانتخاب التكراري المظهري *a.* without gridding into subblocks	$Kc\sigma^2A/$ $+(\sigma^2)+(\sigma^2AE)+(\sigma^2DE)+(\sigma^2A)+(\sigma^2D)$
b. with gridding into subblocks	$Kc\sigma^2A/\sqrt{(\sigma^2u)+(\sigma^2AE)+(\sigma^2DE)+(\sigma^2A)+(\sigma^2D)}$
طريقة انتخاب العرنوص – سطر المحورة[2]	$Kc\ ¼\sigma^2A/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2e/rt})+(¼\sigma^2AE/t)+(¼\sigma^2\ A)}$
انتخاب نصف الاخوه	$Kc¼\sigma^2A/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2e/rt})+(¼\sigma^2AE/t)+(¼\sigma^2\ A}$
انتخاب الاخوة	$Kc½\sigma^2A'/$ $(½\sigma^2AE)+¼\sigma^2DE)]/t+(½\sigma^2A)+(¼\sigma^2\ D)$
الذريه الملقحه ذاتياً، سلالات $S_{0:1}$	$Kc\sigma^2A'/\sqrt{(\sigma^2e/rt)+[(\sigma^2AE')+(¼\sigma^2DE)]}/$ $t+(\sigma^2A')+(¼\sigma^2\ D)$

1) (σ^2u) تمثل التباين البيئي ضمن اللوح و $(\sigma^2\ AE)$ و $(\sigma^2\ DE)$ يمثلان التداخل الوراثي الاضافي– البيئي وتباين التداخل الوراثي المتغلب – البيئي، على التوالي. اما (σ^2A) و $(\sigma^2\ D)$ فيمثلان التباين الوراثي الاضافي والمتغلب على التوالي، بينما تمثل Kc فرق الانتخاب القياسي و n عددالنباتات في اللوح و e عدد المكرراتفي الموقع (البيئة) و t عدد البيئات.

2) اذا تمت ممارسة الانتخاب ضمن السطور ، فيجب اضافة المكون الاضافي: $Kc¾\sigma^2A/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2u})+(3/4\sigma^2AE)+(\sigma^2\ DE)}+(3/$ $4(\sigma^2A)+(\sigma^2\ D)$

3) (σ^2AE) هو التباين الوراثي الاضافي – البيئي+ المكون الذي يمثل العملية الاساسية لدرجة التغلب. المصدر: Spraque و Eberhart (1977).

يمكن الحصول على تقديرات التباين الوراثي باستخدام وتقييم طريقة تربية واحدة، وفي بعض الاحيان تستنتج البيانات للحصول على تقديراتها في الطرق الاخرى من برامج التربية. من مثال على ذلك: امكانية استخدام تقدير التباين الوراثي بقييم عوائل نصف الاخوة – half sib families في تقدير التباين الوراثي لنباتات التلقيح الذاتي $S_{0:1}$ او عائل الاخوة full –sib families.

الجدول (12–3) التحصيل الوراثي المتوقع لكل دورة انتخابية للمجتمع النباتي من خلال مختلف برامج الانتخاب بين المجتمعات النباتية مع الاباء التي لا تمثل سلالات نقية[1]

الطريقة	التحصيل الوراثي المتوقع (G_C)
انتخاب نصف الاخوة التكراري[2]	$Kc\ 1/\ 4\sigma^2A(\mathbf{1})/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2e(1)/rt}) + (1/\ 4\sigma^2AE(1)/t) + (1/\ 4\sigma^2A(1))}$ + $Kc\ 1/\ 4\sigma^2A(\mathbf{2})/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2e(2)/rt}) + (1/\ 4\sigma^2AE(2)/t) + (1/\ 4\sigma^2A(2))}$
انتخاب الاخوة التكراري	$Kc\ 1/\ 2\sigma^2A/\sqrt{(\boldsymbol{\sigma^2e/rt}) + (1/\ 2\ \sigma^2AE) + (1/\ 4\sigma^2DE/t) + (1/\ 2\sigma^2A) + (1/\ 4\sigma^2D)}$

1) تمثل مكونات التباين للمجتمع النباتي، والتي تختلف عن مثيلاتها من مكونات التباين ضمن المجتمع النباتي (جدول *12–2*)، بسبب استخدام التكرار الجيني في كلا المجتمعين.

2) لاحظ جدول *12–2* لمعرفة رموز المعادلات. فالرقم (*1*) يعود الى مكونات التباين في المجتمع (*1*) والرقم (*2*) يعود الى مكونات التباين في المجتمع (*2*).

ربما ترتد او تنحاز تقديرات التباين الوراثي في اهميتها، ولو نسبياً الى التباينين الاضافيين لأنواع العوائل النباتية التي تمت دراستها. فالتباين بين عوائل نصف الاخوة يكون اضافياً، بينما يكون التباين الوراثي متغلباً بين سلالات التلقيح الذاتي $S_{0:1}$ وعوائل الاخوة (لاحظ الجدول *4-12*).

يكون التباين الوراثي مساوياً للتباين الوراثي الاضافي($\sigma^2D = \sigma^2A$) عند تقييم عوائل نصف الاخوة، ويعطي بالتالي تقديراً جيداً للتباين الوراثي الاضافي للانواع الاخرى من العوائل النباتية. ربما لا يعطي التباين الوراثي تقديراً جيداً لعوائل الاخوة و $S_{0:1}$ عندما يكون التباين المتغلب هو الاهم. مثال ذلك: نفترض بان القيمة الحقيقية للتباين الوراثي الاضافي = *40* وان قيمة التباين الوراثي المتغلب = *10* في المجتمع النباتي، فتكون القيمة التي يتم الحصول عليها مساوية $1/4\sigma^2A$ =*10* ، وبمضاعفة قيمة تقدير التباين الوراثي لعوائل الاخوة، فان القيمة هنا ستكون *20*. وبالتالي ستكون القيمة الحقيقية للتباين الوراثي بين العوائل النباتية وفق المعادلة: $(1/2\sigma^2A)$ + (اي ½*(10)*¼ + (40) و = 22.5

سوف تكون القيمة المقدرة لعوائل الاخوة بالاعتماد على عوائل نصف الاخوة، والتي تساوي *20* اقل من التقدير الحقيقي لها، والذي وجدناه مساوياً *22.5*. نبتغي من ذلك حفظ مثل هذه النتائج، سواءً التي تعطي تقديراً ادنى او اعلى من التقدير الحقيقي لمكونات التباين التي في ذهن القارىء، عندما نستنتج من قيم احدى العوائل النباتية الى العوائل الاخرى.

يتطلب الحصول على تقديرات التباين الوراثي الاضافي والمتغلب استخدام تصاميم معينة، كالتصميم الاول والثاني التي لا يشيع استخدامها في برامج تطوير الاصناف، والتي اشير اليها في فصل توارث الصفات الكمية. تعتمد كمية التباين الوراثي المعبر عنه بين الافراد او العوائل النباتية على كمية التربية الداخلية للاباء (لاحظ الجدول *4-12*)، فالاب المستخدم يعود الى النبات الذي تم اجراء التلقيح الذاتي له ($S_1, S_2, \ldots S_n$)، والذي تم تضريبه مع نبات اخر (عائلة اخوية) او هجن مع فاحص (عائلة نصف اخوية). يفترض ان تمتلك نباتات S_0 او F_2 معامل تربية مقداره صفر (*F=0*). للاستفادة من وصف معامل التربية الداخلية بجميع حالاته وحساباته، فلابد من العودة الى Falconer (1981).

الجدول (12–4) التباين الوراثي بين العوائل النباتية بوجود التربية الداخلية (F) عندما يكون التفوق ضئيلاً (F=0) للجيل الثاني او نباتات S_0.

عوائل نصف الاخوة *half – sib*	$\sigma^2 A\ (1+F)/4$
عوائل الاخوة *full - sib*	$(\sigma 2\ A)(1+F)/2 \quad +(\sigma 2\ D)(1+F)/2$
العوائل الملقحة ذاتياً *selfed*	$(1+F)\sigma^2\ A' + \quad (1-F)/2)(1+F)\ \sigma 2\ D$

حيث $\sigma^2 A$)(و $\sigma^2 D$)(هما التباين الوراثي الاضافي والمتغلب، على التوالي، وان ($\sigma^2\ A'$) يمثل التباين الوراثي الاضافي + المكون الذي يمثل بشكل رئيس درجة التغلب.

شدة الانتخاب Selection Intensity

شدة الانتخاب هي النسبة المئوية للنباتات او العوائل النباتية التي يتم اختيارها واختبارها والتي تنتخب لأجراء التزاوجات. تستخدم شدة الانتخاب في معادلة التوقع بالتعبير عنها بوحدات قياسية يرمز لها بالحرف K. اما طريقة اشتقاق قيم K فقد اوضحها Falconer (1981). تزداد قيم وحدات شدة الانتخاب بازدياد النسبة المئوية للتراكيب الوراثية المنتخبة، للاقلال من التزاوجات الحاصلة (الجدول، 12–5). *تساوي شدة الانتخاب حاصل قسمة عدد السلالات المنتخبة على عدد السلالات المختبرة قيد الدراسة مضروباً في* 100

الجدول (12–5) قيم K لمختلف نسب شدة الانتخاب

شدة الانتخاب%	*1*	*2*	*5*	*10*	*15*	*20*
قيم K	*2.64*	*2.42*	*2.06*	*1.75*	*1.55*	*1.40*

السنين Years

تمثل السنين (Y) عدد سنوات دورة الانتخاب، اي الفترة المحصورة بين تقييم خطوط التربية لدورة واحدة وحتى تقييم هذه الخطوط في الدورة اللاحقة. فتتضمن قيمة (Y) اي تأخير في الفترة بين انتخاب الاباء واجراء سلسلة التزاوجات المطلوبة. فاذا تم انتخاب الاباء في شهر نوفمبر (تشرين الثاني) ولم تزرع لأغراض التهجين حتى شهر مارس (آذار)، فان عدد سنوات دورة الانتخاب ربما ينخفض.

لكي يتم تقييم الخطوط المنتخبة عند توفر موسم واحد في السنة، فان قيمة (Y) تمثل عدداً رئيساً. أما اذا كانت الخطوط المعدة للاختبار جاهزه في شهر ديسمبر (كانون الاول)، ولا يمكن تقييمها الا في شهر مارس، فان توفر المواد الوراثية للاختبار كان مبكراً في شهر كانون الاول، وهذا لا يقلل عدد سنوات دورة الانتخاب. يمكن ان تصبح (Y) ليست ذات قيمة عند توفر اكثر من موسم واحد في السنة لغرض تقييم السلالات وقت توفرها في الموعد المناسب.

التباين بين الالواح التجريبية وضمن اللوح التجريبي الواحد

Plot–to– Plot (σ^2) and Within Plot Variance (σ^2W)

يمكن تحديد التغايرات بين الالواح النجريبية وضمن اللوح التجريبي الواحد من تجارب المعاينة sampling experiments والتي يتم فيها اخذ قياسين او اكثر من النباتات في الواح متكررة في عدة مواقع ضمن التجربة الواحدة. كما يمكن اخذ عينات من نباتات كل الالواح التجريبية او بعضها.

يمكن ان يتوضح من اشتقاق قيمة σ^2 اي التباين بين الالواح وتغايرات اللوح التجريبي الواحد ($\sigma^2\boldsymbol{W}$) بتصميم تجربة كما اوردنا لتقييم وزن البذور لمحصول الصويا. يستند تحليل التباين، لوزن 100 بذرة بالغرام لستين سلالة في جيل $F_{4:5}$ ومن ثلاث نباتات من مكررين وفي موقعين تجريبيين، على العينات المأخوذة من كل الالواح التجريبية (الجدول، *12-6*)، والتي اوضحت ان قيمة ($\sigma^2\boldsymbol{W}$)، اي تغايرات الالواح تساوي 2.20 بينما تقدير التباين بين الالواح مساوياً 0.35.

يمكن الحصول على تقدير قيمة ($\sigma^2\boldsymbol{W}$) و(σ^2) لجزء من السلالات المذكورة انفاً، والحصول على متوسط اللوح التجريبي لكل السلالات الاخرى. وعليه، يتطلب هنا اجراء تحليلين للتباين، الاول لنباتات ضمن اللوح التجريبي والثاني لمعدل نباتات اللوح. لأجل مقارنة هذا الاسلوب مع معاينة كل الالواح التجريبية، تستخدم بيانات وزن بذور النبات لعشرين سلالة من اصل العدد الكلي (60) لتمثل المعاينة الجزئية (الجدول، *12-7*). يعطينا جدول تحليل التباين للسلالات العشرين تقديراً لقيمة $\sigma^2\boldsymbol{W}$ تساوي 2.16، وهي مشابهة تقريباً للقيمة التي تم الحصول عليها من جميع السلالات (2.20). اما الحصول على تقدير قيمة σ^2 لجزء من السلالات بحالة معاينة ثانوية sub samping، فان تحليل التباين لجميع السلالات (60) اعتماداً على معدلات الالواح التجريبية (متوسط 3 نبات/ لوح)، لتقدير σ^2e (الجدول، 8- 12).

يشتق تقدير قيمة σ^2 من العلاقة التالية: $\sigma^2e = \frac{\sigma^2w}{n} + \sigma^2$

$$\sigma^2 = \sigma^2e - \left(\frac{\sigma^2w}{n}\right)$$
$$= 1.08 - (2.16/3)$$
$$= 0.36$$

ان التقدير الذي تم الحصول عليه (0.36) لقيمة σ^2 يكاد يكون مماثلاً لما تم معاينته لنباتات جميع السلالات في كل الالواح التجريبية التي اشير اليها في الجدول (12-6) والتي تساوي 0.35.

التباين البيئي بين النباتات ضمن الالواح التجريبية Environmental Variance Among Plants Within Plots ($\sigma^2\mathbf{u}$)

يكون التباين الوراثي بين نباتات اللوح التجريبي الواحد مساوياً للتباين بين نبات واخر في حالة السلالات المتماثلة وراثياً او الصنف المزروع. ان تقدير قيمة التباين البيئي بين نباتات اللوح الواحد (σ^2u) ضرورياً عند اعتماد الانتخاب الفردي للنباتات، كمثل طريقة الانتخاب التكراري المظهري او طريقة العرنوص- سطر المحورة، والتي تتضمن اجراء الانتخاب ضمن السطور (الجدول، 12-2).

وبالنتيجة تكون $w\sigma^2 = M_4 = 2.20$، و $\sigma^2 = (M_3 - M_4) / n$ و 0.35 = $\sigma^2 ge = (M_2 - M_3) / nr$ و 0.125 = $\sigma^2 g = (M_1 - M_2) / nrt$ اما $\sigma^2 P$ = 4.61 = M_1/nrt 4.94

الجدول (12–6) تحليل التباين لوزن البذور (غم/*100* بذرة) لـ 60 سلالة $F_{4:5}$ من فول الصويا تم اختبارها بمكررين في بيئتين ولـ *3* نباتات للتقييم في اللوح.

مصادر التباين	درجة الحرية	متوسط المربعات	متوسط المربعات المتوقع[1]
البيئات (E)	1	281.28	
المكررات/ البيئات (R/E)	2	27.45	
السلالات (L)	59	59.33 (M_1)	$w + n\sigma^2 + nr\sigma^2 ge$ $\sigma^2 + nrt\ \sigma^2 g$
السلالات *x* البيئات (L x E)	59	4.00 (M_2)	$w + n\sigma^2 + nr\sigma^2 ge\sigma^2$
(المكررات/البيئات)*x* السلالات*L* *x*) (R/E)	118	3.25 (M_3)	$w + n\sigma^2\sigma^2$
عدد النباتات/ لوح	480	2.20 (M_4)	$w\sigma^2$

1 *تمثل* n *عدد النباتات/ لوح* = 3 و r = 2 *والبيئات* t = 2

التباين بين النباتات ضمن الالواح التجريبية Genetic Variation Among Plants Within Plots ($\sigma^2 wg$)

يمكن ان يعزى التباين الوراثي بين نباتات اللوح التجريبي الواحد، اي التباين ضمن نباتات نفس اللوح الى الانعزال الوراثي. يوضح الجدول (12- 2) كمية التباين لوراثي ضمن السلالات النباتية لمختلف طرائق الانتخاب، اذ ان الانتخاب الكفوء والجيد بين النباتات ضمن السلالات المختلفة يمكن ان يزيد كمية التحصيل الوراثي لكل دورة انتخاب في حالة ملائمة الظروف البيئية.

الجدول (12-7) تحليل التباين لوزن البذور (غم/ *100*بذرة) لعينة عشوائية من *20* سلالة من اصل *60* سلالة في الجيل $F_{4:5}$. والتي تم تحليلها في جدول (*6-12*) على اساس تقييم *3* نباتات /لوح من السلالات العشرين.

مصادر التباين	درجة الحرية	متوسط المربعات	متوسط المربعات المتوقع*
البيئات (E)	1	50.47	
المكررات/البيئات(R/E)	2	7.81	
السلالات (L)	19	40.08 (M_1)	$w + n\sigma^2 + \sigma^2$ $nr\sigma^2 ge + nrt\ \sigma^2 g$
السلالات *x* البيئات (L x E)	19	3.53 (M_2)	$w + n\sigma^2 + \sigma^2$ $nr\sigma^2 ge$
(المكررات/البيئات) *x* السلالات L x (R/E)	18	2.29 (M_3)	$w + n\sigma^2\sigma^2$
عدد النباتات/ لوح	160	2.16 (M_4)	$w\sigma^2$

*حيث n تمثل عدد النباتات في اللوح = *3* و r عدد المكررات = *2* و t عدد *البيئات* = 2

مقارنة بين طرائق التربية المختلفة

يكون التحصيل الوراثي الذي يمكن التنبؤ به مفيداً في مقارنة كفاءة طرائق التربية المختلفة. فالانتخاب التكراري في مجتمعات مفتوحة التلقيح في الانواع النباتية ثنائية المجموعة الكروموسومية الحولية، مثل الذرة وزهرة الشمس، إذ يمكن اجراؤه بطرق الانتخاب التكراري المظهري وانتخاب انصاف الاخوة بوجود مجتمع فاحص، وانتخاب الاخوة وانتخاب خطوط التلقيح الذاتي $S_{0:1}$. يهتم مربي نباتات ذاتية التلقيح كثيراً بالجيل الثاني والثالث او حتى الاجيال الاخرى الاكثر تقدما من التلقيح عند عدم وجود العقم الذكري الوراثي.

حساب التحصيل الوراثي

يمكن تقدير كفاءة الطريقة التي تعطي اعلى تحصيل وراثي للصفة التي يتم عليها الانتخاب من خلال تقدير التحصيل الوراثي المتوقع والذي يمكن التنبؤ به لطرائق التربية قيد المقارنة والذي قد لا يتحقق فعلا ولكن يتم الحصول على قيم نسبية لمختلف طرائق التربية المستخدمة، كتقدير مفيد لكفائتها النسبية، وعلى افتراض ان التحصيل الوراثي الذي يمكن توقعه لصفة حاصل البذور هو 100 كغم/ هكتار لطريقة $S_{0:1}$ و 80 كغم/ هكتار لعوائل الاخوة، فان التحصيل الوراثي الحقيقي والمتحقق فعلاً قد يكون 5% فقط من التحصيل الوراثي المتوقع لكلا الطريقتين. يتوقع ان يكون التحصيل الوراثي الحقيقي من طريقة تقييم الخطوط $S_{0:1}$ اكبر من التحصيل الوراثي الحقيقي في طريقة انتخاب عوائل الاخوة. ستة خطوات تمثل كيفية اختيار طريقة التربية الاكثر ملائمة للهدف المطلوب هي:

الجدول (12-8) تحليل التباين لوزن البذور (غم/*100* بذرة) لـ *60* سلالة $F_{4:5}$ من فول الصويا تم اختبارها بمكررين في بيئتين.

مصادر التباين	درجة الحرية	متوسط المربعات	متوسط المربعات المتوقع*
البيئات (E)	1	94.50	
المكررات/البيئات(R/E)	2	9.37	
السلالات (L)	59	19.84(M_1)	$e + r\sigma^2 ge \quad \sigma^2 + rt\ \sigma^2 g$
السلالات*x*البيئات(LxE)	19	1.33 (M_2)	$e + r\sigma^2 ge\ \sigma^2$
x (المكررات/ البيئات) السلالات x L) (R/E)	38	1.08 (M_3)	$e\ \sigma^2$
الكلي	160	6.23	$w\sigma^2$

$M_3 = \sigma^2 e$ = 1.08 و $(M_1 - M_2)/rt = \sigma^2 g$ = 4.63، $(M_3 - M_2)/r = \sigma^2 ge$ = 9.5

1. يتم تثبيت قائمة بما متوفر من خيارات للانواع الموجودة، ويعتمد الاختيار على نوع الصنف المراد تحسينه للاستخدام التجاري، وامكانية اجراء التزاوجات المطلوبة. ان الانواع ذاتية التلقيح التي يمكن استخدامها لأصناف الخط النقي pue line cultivars وأصناف الهجن يمكن ان تستخدم بكفاءة في انتخاب $S_{0:1}$. ان الطرائق المستخدمة في اختبارات قدرة التآلف مثل طريقة انتخاب انصاف الاخوة المتبادلة (العكسية) Reciprocal half-sib selection لن تكون بحالة تطبيقية في تطوير او تحسين اصناف الخط النقي، بل تكون ذات قدرة عالية في تحسين السلالات النقية لأنواع نباتات خلطية التلقيح لأجل انتاج اصناف الهجن.

2. معرفة مختلف المصادر والمتغيرات المتوفره، اي عدد المواسم التي يمكن الاستفادة منها في كل سنة لأجل تحسين المجتمع النباتي وحالات التربية الداخلية التي يمكن تنفيذها، وتحسين العائلة واختبار وتقييم النتائج التي يتم الحصول عليها. مثال ذلك، يكون عدد المواسم التي يمكن استثمارها في كل سنة ذو تأثير يكاد يكون تدريجياً على نسبة التحصيل الوراثي السنوي بين الطرائق المختلفة. اذ يجب ان تكون كافة المصادر المذكورة اعلاه متشابهة في حالة مقارنة طرائق التربية المختلفة، من حيث نسبة التحصيل الوراثي الذي تعطيه كل طريقة، ومثلها مواقع الاختبار وعدد السلالات المختبرة وعدد المكررات والبيئات المستخدمة في التصميم.

3. الحصول على تقديرات معادلة التنبؤ prediction equation كما اشرنا اليها آنفاً في هذا الفصل.

4. يتم حساب التحصيل الوراثي المتوقع لمختلف الخيارات التي يراها مربي النبات ممكنة في برنامجه. يمكن ان تتوضح هذه الخطوة من خلال مقارنة الطرائق السبعة المستخدمة في تحسين مجتمع نباتات الذرة الصفراء.

تستخدم مكونات التباين في حساب التحصيل الوراثي المتوقع لكل دورة وكل سنة لصفة الحاصل. لنفترض ان لدينا 14 نبات في اللوح وبواقع مكررين ولثلاث مواقع بيئية في كل الاختبارات المتكررة. لتكن شدة الانتخاب 10% اي ما يعادل 1/75 لقيمة k (الجدول، 5- 12) ولجميع الطرائق التي سيتم التطرق اليها. اما تقديرات مكونات التباينات فهي:

- التباين الوراثي الاضافي $\sigma^2 A$ = 68

- التباين الوراثي غير الاضافي (المتغلب) $\sigma^2 D$ = 42
- *تبا*ين التداخل الوراثي الاضافي – البيئه $\sigma^2 AE$ = 70
- تباين التداخل الوراثي المتغلب – البيئه $\sigma^2 DE$ = 42
- الخطأ لتجريبي $\sigma^2 e$ = 96
- *التباين البيئي بين لوح واخر* σ^2 = 46
- *التباين ضمن اللوح التجريبي الواحد* $\sigma^2 w$ = 700

ان التحصيل الوراثي المتوقع خلال السنة سيحسب لأربع حالات:

أ. على اساس موسم واحد/ سنة، اذ يتم فيها تقييم الحاصل وعمليات التربية حيث ان كل خطوات برنامج التربية يتم تحليلها لموسم واحد فقط.

ب. لموسمين / سنة، اذ يتم تقييم الحاصل وعمليات التربية حيث ان كل خطوات برنامج التربية يتم تحليلها لموسمين،وهذا يحدث في المناطق المدارية التي يكون فيها الموسمين متشابهين.

ت. لموسمين / سنة، اذ يتم تقييم الحاصل وعمليات التربية حيث ان كل خطوات برنامج التربية، باستثناء تقييم الحاصل يتم تحليلها لموسمين، وهذا يحدث في المناطق المدارية التي يكون فيها الموسمين متشابهين غير متشابهين.

ث. لثلاثة مواسم / سنة، اذ يستخدم الموسم الاول في تقييم الحاصل وعمليات التربية الاخرى، ويستخدم الموسمان الثاني والثالث لدراسة كافة عمليات التربية الاخرى، باستثناء تقييم الحاصل. تتم هذه الحالة عند استخدام المشاتل الشتوية او الظلة الخشبية، وتعزى جميعاً الى ثلاثة مواسم غير متشابهة/ سنة. وفيما يأتي وصفاً تفصيلياً لطرائق التربية السبعة المختلفة:

الطريقة الاولى: الانتخاب التكراري المظهري بوجود معاملة المقارنة للاب الانثوي فقط

$$Gc=Kc/\sigma\sigma^2 A/\sqrt{(\sigma^2 w)+(\sigma^2 AE)+(\sigma^2 DE)+(\sigma^2 A)+(\sigma^2 D)}$$

$$=(1.75)(0.5)(68)/\sqrt{(700)+(70)+(42)+(68)+(42)}$$

$$= 2.0$$

$G_y=G_c/y = 2.0/1 = 2.0$ موسم واحد/ سنة لكل دورة انتخاب

موسمين متشابهين (نصف سنة لكل دورة انتخاب) $G_y = G_c/ y = 2.0/0.5 = 4.0$

موسمين غير متشابهين (سنة لكل دورة انتخاب) $G_y = Gc/ y = 2.0/1 = 2.0$

ثلاثة مواسم (سنة واحدة لكل دورة انتخاب) $G_y = Gc/ y = 2.0/1 = 2.0$

الطريقة الثانية: انتخاب لعرنوص – سطر (المحورة) بوجود معاملة المقارنة للاب الانثوي وعدم اجراء الانتخاب داخل السطور.

$$Gc = Kc/¼\sigma^2 A/ \sqrt{(\sigma^2 e/rt) + (¼\sigma^2 AE/ t) + (¼\sigma^2 A)}$$

$$=(1.75)(0.5)68)/ \sqrt{(96/(2 \times 3) + 0.25(70)/3) + 0.25(68)}$$

$=2.4$

موسم واحد وسنتين لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 2.4/1.0 = 2.4$

موسمين متشابهين ونصف سنه لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 2.4/0.5 = 4.8$

موسمين غير متشابهين وسنه لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 2.4/1.0 =$

2.4ثلاثة مواسم (سنة واحدة لكل دورة انتخاب) $G_y = =2.4/1.0 = 2.4$ Gc/ y

الطريقة الثالثة: انتخاب نصف الاخوة بوجود مجتمع فاحص واعادة التزاوج للبذور نصف الاخوية المتبقية

$$Gc = Kc/¼\sigma^2 A/ \sqrt{(\sigma^2 e/rt) + (¼\sigma^2 AE/ t) + (¼\sigma^2 A)}$$

$$=(1.75)(2)(0.25)(68)/ \sqrt{[96/(2 \times 3) + [\frac{(0.25)70}{3}] + (0.25)68}$$

$= 4.8$

موسم واحد وسنتين لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 4.8/2 = 2.4$

موسمين متشا بهين وسنه لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 4.8/1 = 4.8$

موسمين غيرمتشا بهين وسنه لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/ y = 4.8/1.0 = 4.8$

الطريقة الرابعة: انتخاب نصف الاخوة بوجود مجتمع فاحص واعادة توليف بذور التلقيح الذاتي

$$Gc = Kc/¼\sigma^2A/\sqrt{(\sigma^2e/rt) +/¼\sigma^2AE/t) + (¼\sigma^2A)}$$

$$= (1.75)(2)(0.25)\ (68)/\sqrt{[\frac{96}{2 \times 3}] + [\frac{(0.25)70}{3}] + (0.25)68}$$

$$= 9.6$$

$G_y = Gc/ y = 9.6/3 =$ موسم واحد وثلاث سنوات لكل دورة انتخاب

3.2

$G_y = Gc/ y =$ موسمين متشا بهين وسنه ونصف لكل دورة انتخاب

$G_y= Gc/ y=$ موسمين غيرمتشا بهين وسننتين لكل دورة انتخاب 9.6/1.5=6.4

$G_y= Gc/ y= 9.6/1 = 9.6$ ثلاث مواسم وسة واحدة لكل دورة انتخاب 9.6/2 = 4.8

الطريقة الخامسة: انتخاب الاخوة

$$Gc= Kc/½\sigma^2A/\sqrt{(\sigma^2e/rt) + (½\sigma^2AE/t) + (¼\sigma^2DE/t)} + ½\sigma^2A + /¼\sigma^2D$$

$$=1.75(1)(0.5)68/\sqrt{\left[\frac{96}{2 \times 3}\right] + \left[\frac{(0.5)70}{3}\right]} (0.5)68 +(0.25)42$$

$$= 6.8$$

$G_y = Gc/ y = 6.8/2 =$ موسم واحد وسنتين لكل دورة انتخاب

3.4

$G_y = Gc/ y = 6.8/1=6.8$ موسمين متشا بهين وسنه واحدة لكل دورة انتخاب

$G_y= Gc/ y= 6.8/1 = 6.8$ موسمين غيرمتشا بهين وسننتين لكل دورة انتخاب

$G_y= Gc/ y= 6.8/1 = 6.8$ ثلاث مواسم وسنة واحدة لكل دورة انتخاب

الطريقة السادسة: تقييم سلالات $S_{0:1}$ وتزاوج واحد بين دورات الانتخاب

$$Gc=Kc/\sigma^2A/$$

$$\sqrt{(\sigma^2e/rt) + (\sigma^2AE/t) + (¼\sigma^2DE/t) + (\sigma^2A) + (¼\sigma^2D)}$$

$$==(1.75)(1)(68)/\sqrt{[96(2\ x\ 3)] + \frac{(70)}{3} + \left[\frac{(0.25)42}{3}\right] + 68 + (0.25)42}$$

$$= 10.8$$

موسم واحد وثلاث سنوات لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 10.8/3 = 3.6$

موسمين متشا بهين ونصف سنه لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 10.8/1.5 = 7.2$

موسمين غيرمتشا بهين وسنتين لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 10.8/2 = 5.4$

ثلاثة مواسم (سنة واحدة لكل دورة انتخاب) $G_y = Gc/\ y = 10.8/1 = 10.8$

الطريقة السابعة: تقييم سلالات $S_{3:4}$ وثلاث تزاوجات بين دورات الانتخاب

$$G_c = Kc(1 + F)\sigma^2 A/\sqrt{(\sigma^2 e/rt)} + \sqrt{\left[\frac{(1+F)\sigma^2\ AE}{t}\right]} + \sqrt{[¼(1-F)(1+F)\sigma^2\ DE/t] + (1+F)\sigma^2 A + ¼(1-F)(1+F)\sigma^2 D)}$$

$$G_c = 1.75(1)(1+0.875)68/\sqrt{\frac{96}{2}x\ 3)} + \sqrt{[1 + 0.875)70/3)} + \sqrt{[¼\frac{(1-0.875)(1+0.875)42}{3}]} + \sqrt{(1 + 0.875)68} + \sqrt{¼(1 - 0.875)(1 + 0.875)42}$$

$$= 16.2$$

موسم واحد وثمان سنوات لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 16.2/8 = 0$

2.

موسمين متشا بهين واربع سنوات لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 16.2/4 = 4.0$

موسمين غيرمتشا بهين واربع سنوات لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/y = 16.2/4 = 4.0 = 6.8$

ثلاث مواسم وثلاث سنوات لكل دورة انتخاب $G_y = Gc/\ y = 16.2/3 = 5.4$

5. توضع ملخصات القيم المحسوبة في جدول (يوضحها الجدول، 12–9)، اذ يضم القيم الاساسية الضرورية المتعلقة بطرائق الانتخاب السبعة التي تم توضيحها آنفاً. يلاحظ من الجدول (12–9) بان الطريقة التي تعطي أعلى تحصيل وراثي لا تكون نتائجها متساوية في جميع الحالات المذكورة. في المثال الذي ذكرناه اعطى تقييم سلالات $S_{0:1}$ أعلى تحصيل وراثي لموسم واحد (3.6) وكان لموسمين متماثلين (7.2) ولثلاثة مواسم (10.8)، بينما اظهرت طريقة انتخاب الاخوة أعلى قيمه للتحصيل الوراثي عند الانتخاب بموسمين متماثلين (6.8).

تختلف الاستفادة من الانتخاب في اكثر من موسم باختلاف الطريقة المستخدمة واختلاف عمليات التربية التي يتبعها مربي النبات، والتي يمكن ان تتم في اكثر من بيئه (بيئات اضافية). في مثالنا المذكور انفاً اعطى الانتخاب في موسم واحد في السنة تحصيلاً وراثياً متوقعاً اكبر مما هو عليه عند اجراء الانتخاب في موسمين غير متماثلين بالنسبة لطريقة الانتخاب التكراري المظهري وطريقة انتخاب العرنوص– سطر المحورة. من جانب اخر، فان الزراعة لأغراض التربية بموسمين غير متماثلين في السنة تزودنا بتحصيل وراثي اكبر مما هو عليه في موسم واحد سنوياً، وينطبق ذلك على بقية طرائق التربية المشار اليها انفاً.

6. تحديد كلفة وحدة التحصيل الوراثي في المثال المذكور آنفاً، اذ يوضح الجدول (12–9) بان كل من طريقة انتخاب الاخوة وطريقة تقييم سلالات $S_{0:1}$ قد اعطتا تحصيلاً وراثياً متشابهاً عند الانتخاب في موسمين متماثلين في السنة. ان تكلفة اجراء الانتخاب للاخوة تتضمن اجراء اختبار الحاصل واعادة التزاوج في كل موسمين، بينما تكون تكلفة التحصيل الوراثي المتحصل عليه من طريقة تقييم سلالات $S_{0:1}$ أقل مما هو موجود فعلاً في طريقة انتخاب الاخوة بسبب قلة تكلفة اختبار الحاصل من حيث كونها تتطلب اقل عدد من التزاوجات.

الجدول (12-9)التحصيل الوراثي الذي يمكن التنبؤ به لطرائق التربية السبعة.

الطريقه*	التحصيل الوراثي/ دوره	التحصيل الوراثي السنوي			
		موسم واحد	موسمين متشابهين	موسمين غير متشابهين	ثلاث مواسم
1	2.0	2.0	4.0	2.0	2.0
2	2.4	2.4	4.8	2.4	2.4
3	4.8	2.4	4.8	4.8	4.8
4	9.6	3.2	6.4	4.8	9.6
5	6.8	3.4	6.8	6.8	6.8
6	10.8	3.6	7.2	5.4	10.8
7	16.2	2.0	4.0	4.0	5.4

*1 طريقة الانتخاب التكراري المظهري، 2 طريقة العرنوص – سطر المحورة، 3 انتخاب نصف الاخوة وتزاوج البذور نصف الاخوية المحفوظه، 4 انتخاب نصف الاخوة ثم اعادة التزاوج للبذور الملقحة ذاتياً، 5 انتخاب الاخوة، 6 انتخاب سلالات $S_{0:1}$ و 7 انتخاب سلالات $S_{3:4}$.

7. زيادة التحصيل الوراثي السنوي في تربية النبات

تم تطوير معادلة التحصيل الوراثي الذي يمكن التنبؤ بحدوثه في المجتمعات النباتية التي يمكن فيها استخدام بعض اشكال طريقة الانتخاب التكراري، فاصبحت نتائجها ذات قيمة عاليه، من حيث مقارنة كفاءة الانتخاب لطرق التربية التقليدية المعروفة (Fehr، 1976 و 1978).

لكل طريقة من طرائق التربية المتوفرة لتحسين المجتمعات النباتية، بعض المساوىء مثلما لها من المحاسن، فيتوجب على مربي النبات ان يحدد اي من الطرق المتوفرة لديه اكثر كفاءة في اعطاء النتائج الايجابية استناداً لما يتوفر لديه من موارد وراثية وغير وراثية.

يعود تحسين الاصناف الى ما يشبه عدد الاشواط او النقاط game numbers، اذ ان ايجاد صنف متفوق يكون بزيادة عدد التراكيب الوراثية التي يتم اختبارها سنوياً، والتي يمكن تسميتها مجازياً "وقت المباراة time game. ان كمية التحسين الوراثي الذي يمكن تحقيقه في فترة زمنية يتأثر بعدد السنوات المطلوبة لتحسين الصنف، ومثال ذلك شيوع استخدام وتطبيق اجيال متعددة في السنة الواحدة، على وفق اختيار طريقة التربية بما يتلائم مع نظام الاجيال المتعددة في السنه (الجدول 12-10). ان طريقة انتخاب الذرية الاكثر شيوعاً في الاستخدام والتطبيق لسهولتها وبساطتها وقلة تكاليفها عند اجراء التربية الداخلية inbreeding في المجتمع النباتي، عند زراعة موسم واحد في السنة، وقد حل محلها طريقة التربية بالبذرة الواحدة single seed descent في برامج التربية (تم توضيح الطريقة في فصل اخر).

يجب ان يكون مربي النبات على استعداد جيد لتقييم الموارد الوراثية الجديدة، والتي اصبحت متوفرة، مما يسهل عملية اختيارها وتسخيرها لزيادة التحصيل الوراثي في كل دورة انتخاب وبتكلفة مقبولة (من حيث الجهد والوقت المطلوب والتطبيق وكذلك الكلفة المادية). مكُن تطوير بعض التقنيات الجديدة في فسلجة النبات والوراثة الجزيئية وامراض النبات ومجالات التحسين الاخرى من زيادة التحصيل الوراثي السنوي في برامج الانتخاب، وكما حصل في الانتخاب التكراري من حيث ايجاد المتغيرات المساعدة وتوليفها لخدمة معادلة التنبؤ بالتحصيل الوراثي.

سنوات الدورة Years of Cycle

لقد اصبح مستحسناً ومعمولاً به انتاج عدة اجيال في السنة، بل ومطلوباً وملحاً في برامج تربية النبات الحديثة. يمكن زراعة جيل واحد في الحقل بالنسبة لمربي النبات في المناطق الحارة، في مساحة مخصصة لتطوير الاصناف، اما الأجيال الاضافية، فانها تعود الى ما يسمى أجيال الموسم الزراعي التي تزرع في الاشهر المتبقية من السنة في الظلة الخشبية او غرف النمو في مواقع ادنى من حالة الحقل ظروفاً ووفق نفس الظروف الجوية او ظروف جوية معاكسة، يتم فيها نمو المحصول تجارياً، كالبيئات التي تستخدم في اجراء التهجينات او التربية الداخلية او لزيادة انتاج البذور، فضلا عن امكانية استخدامها في التقييم والانتخاب. يعتمد مدى تطبيق هذه العمليات على التسهيلات المتوفرة للقائمين بها، وعلى المحصول المطلوب تحسينه والصفة التي يجري عليها الانتخاب. يمثل اختيار البيئه والموسم الملائم قراراً صميمياً لدى

مربي النبات في مثل هذه المناطق، بما يخدم برنامجه الانتخابي، اذ من المعروف ان ما متوفر من متغيرات لدى المربي يكون بعضها ايجابياً والاخر سلبياً، ومربي النبات هو صاحب القرار. من الامثلة القائمة، نجد ان مربي الذرة الامريكان يزرعون بذورهم في منطقة حزام الذرة في الولايات المتحدة الامريكية في الموسم الملائم، وينحدرون جنوباً لكسب موسم اخر في المكسيك وبورتوريكو وهاواي او يذهبون الى اريزونا وفلوريدا بما يكسبهم تحقيق جيلين من اجيال التربية في كل سنة، ومثله بالنسبة لمحصول القمح في المكسيك، اذ ينفذ جيل التربيه في اوبريغون Obregon، والتي تقع على خط عرض 27.5° شمالاً وترتفع 40 متراً فوق مستوى سطح البحر في ولاية Sonora و Batan ويزرع الجيل الذي يليه سواءً كان لبرنامج التربية او لتجارب المقارنه في Toluca او في محطة Poza Rica، بينما يزرع جيلين من الذره في العراق، بكل سهولة في نفس البيئه.

شدة الانتخاب Selection Intensity

تزداد فرصة الحصول على انعزالات متفوقة بزيادة عدد السلالات او خطوط التربية التي يتم اختبارها، فالعلاقة بين شدة الانتخاب وعدد السلالات التي يتم تقييمها علاقة طردية. عندما نفترض ان عدد السلالات العشرين المتفوقة من مجموع السلالات الكلي، والتي سيتم استخدامها كاباء في التزاوج، فاذا تم اختبار 100 سلالة، فان شدة الانتخاب هي 20% وان ما يقابل هذه النسبة من قيمة k هي 1.40 (الجدول 12-5). اذا ما تم مضاعفة عدد السلالات قيد الاختبار، وتم انتخاب 20 سلالة، فان شدة الانتخاب ستكون 10% وبذا تكون قيمة k مساوية لـ 1.75.

الجدول (12-10) مقارنة الوقت المطلوب لتطوير صنف من خلال عرض ثلاث طرق للتربية الداخلية في انواع ذاتية التلقيح.

السنه	الموسم*	*النسب*	*الاجيال المبكرة*	*البذرة الواحدة*
1	الصيفي	انتخاب نباتات F_2	انتخاب نباتات F_2	نمو نباتات F_2
	الشتوي الاول			نمو نباتات F_3

	الشتوي الثاني			نمو نباتات F_4
2	الصيفي	انتخاب سلالات $F_{2:3}$	انتخاب سلالات $F_{2:3}$	انتخاب نباتات F_5
3	الصيفي	انتخاب سلالات $F_{3:4}$	اختبار الحاصل لسلالات $F_{2:4}$	انتخاب سلالات $F_{5:6}$
	الشتوي الاول		انتخاب نباتات F_5	
4	الصيفي	انتخاب سلالات $F_{4:5}$	انتخاب سلالات $F_{5:6}$	اول اختبار لحاصل سلالات $F_{5:7}$
5	الصيفي	*انتخاب سلالات* $F_{5:6}$ *اول تجربة اختبار الحاصل لسلالا ت*: $F_{5:7}$	انتخاب نباتات $F_{5:6}$	*ثاني تجربة اختبار الحاصل لسلالات* $F_{5:7}$
6	الصيفي	*ثاني تجربة اختبار الحاصل لسلالا ت*: $F_{5:7}$	انتخاب نباتات $F_{5:7}$	*ثالث تجربة اختبار الحاصل لسلالا ت*: $F_{5:7}$

*يمكن استخدام الموسمين الشتويين للتلقيح الذاتي وليس لتقييم الصفة التي يتم عليها الانتخاب.

التحكم في الاباء Parental control (C)

يمكن زيادة التحكم في الاباء من ½ الى 1.0 بانتخاب الصفة قبل ان تتلقح نباتات الامهات females، بحبوب لقاح من الاباء المنتخبة وغير المنتخبة (الجدول، 12–1). لابد ان يكون التحكم والسيطرة على كلا الابوين على مستوى عالٍ بسبب انتقال الاليلات الى الجيل اللاحق الذي يتم فيه انتخاب النباتات الفردية. فاذا كان التحكم محصوراً فقط في النباتات الانثوية (الحاملة للبذور)، فان الانتخاب يكون لنصف الاليلات، اي الاليلات المحمولة على خلايا البيضة، بينما النصف الاخر يأتي من حبوب اللقاح من النباتات غير المنتخبة، والتي لا تعطي اي تحصيل وراثي. وعليه، يمكن مضاعفة قيمة (c) من 1.0 الى 2.0 بالبذور الملقحة ذاتياً او الكلونات (الاكثار الخضري) لأجل توليف (تزاوج) النباتات الفردية بذرّية نصف الاخوة المتفوقة superior half–sib بدلاً عن استخدام بذور نصف الاخوة المتبقية من الموسم السابق، اي قبل اجراء التقييم، والتي أثبتت تفوقها في الموسم اللاحق (موسم البذور الملقحة ذاتياً، والتي تم تحسينها في المجتمع النباتي. ان التحكم بكل الاليلات (في بذور التلقيح الذاتي) هو ما يمثل التحكم بالاباء في بذور انصاف الاخوة المتبقية (المحفوظه).

التباين الوراثي ($G\sigma^2$ و σ^2 A ,) Genetic Variability

تتأثر كمية التباين الوراثي الاضافي بعدة عوامل أهمها:

أ. الاختلاف الوراثي للاباء الداخلة في برنامج التربية والاختبار

ب. كمية التربية الداخلية قبل تقييم النباتات الفردية او العوائل النباتية

ت. نوع الافراد او العوائل التي تم تقييمها

ج. عدد اجيال التزاوج بين دورات الانتخاب.

أ. الاختلاف الوراثي للاباء

يتأثر الاختلاف الوراثي بعدد الاباء المستخدمة في تطوير المجتمع النباتي واجداد هذه الاباء في الانواع النباتية ثنائية المجموعة الكروموسومية. تمتلك مجتمعات الهجن الفردية اثنين فقط من الاليلات المتبادلة على الموقع الكروموسومي، اي اليل واحد من كل أب. ان استخدام اي أب اضافي لتطوير المجتمع النباتي، سواءً في صناعة الهجن الثلاثية او الهجن الزوجية، له القدره على تقديم الأليلات، فيظهر التباين الوراثي الاضافي. لهذا المبدأ اهمية اساسية

وخاصة في دورات الانتخاب المتعدده. يتحدد تقدم انتخاب اي صفة وتطورها بعدد الاليلات في المجتمع الاساس، اي الاصل (دورة الاساس). يفضل استخدام اكبر عدد ممكن من الاباء في عمل التزاوجات في كل دورة انتخاب، وبذلك يتم الحصول على اكبر عدد من الاختلافات الوراثية والتي تعد الركيزه الاساس للانتخاب.

اما اذا كانت اجداد الاباء مختلفة وراثياً، ويفضل ان تكون مختلفة مكانياً (جغرافياً)، ستكون الاليلات المرتفقة من الاباء بعد التزاوج مختلفة عن بعضها وراثياً، ويتكون اكبر اختلاف وراثي، حتى لو كان للابوين نفس الاساس الوراثي او اي اساس وراثي شائع الاستخدام. إحتدم النقاش بين مربي النبات حول اهمية استخدام الموارد الوراثية الاجنبية (المتباعدة جغرافياً) كآباء في التزاوج لأجل زيادة الاختلاف الوراثي وتوسيع القاعدة الوراثية لأي محصول. تعني الاباء الاجنبية exotic parents تلك الموارد التي يتم اكثار بذورها او اجزاء نباتاتها خضرياً في بقعة جغرافية لأجل الحصول على الاليلات المرغوبة التي تخدم اهداف مربي النبات، والتي لم تكن متوفرة في الموارد الوراثية المحلية او المتطبعة لظروف المنطقة المزروعة فيها. قد تنقل الموارد الوراثية الاجنبية المدخلة اليلات غير مرغوبة ايضاً، وربما لم تكن موجودة في الموارد الوراثية المحلية، فكلا الاحتمالين وارد وممكن.

ب. كمية التربية الداخلية قبل التقييم

يترافق التباين الوراثي الإضافي مع تكرار المواقع المتماثلة في المجتمع النباتي، لأن تأثير التربية الداخلية على التباين الوراثي الاضافي $A\,\boldsymbol{\sigma^2}$ قد تم توضيحه في الجدول (12–4). مثال ذلك هو كمية التباين الوراثي الاضافي بين السلالات ذاتية التلقيح والذي تم تحديده بالمعادلة $A\boldsymbol{\sigma^2}(F+1)$. ان نباتات الجيل الثاني التي لها تربية داخلية قدرها صفر، اي ان قيمة F تساوي صفر يكون لها تباين وراثي اضافي قدره واحد، اي $A\boldsymbol{\sigma^2}=1$ بينما تكون قيمة F مساوية لواحد صحيح في مجتمع النباتات المضاعفة كروموسومياً، والناتجة من نباتات احادية المجموعة الكروموسومية haploid، اذ لا يكون هناك اي مواقع أليلية مختلفة وراثياً، ويكون مقدار التغاير الوراثي الاضافي بمقدار وحدتين، اي $A\boldsymbol{\sigma^2}=2$. يوضح الجدول (9–12) تأثير التربية الداخلية على التحصيل الوراثي، اذ ان التحصيل الوراثي للدورة الواحدة

لسلالات $S_{0:1}$، والتي تكون قيمة F مساوية للصفر، كان يساوي 10.8 ولسلالات $S_{3:4}$ يساوي 16.2 .

يجب ان يتضمن مقدار الزيادة في التباين الوراثي الاضافي بالتربية الداخلية اعتبارات الوقت المطلوب للحصول على اكثر ما يمكن من التراكيب الوراثية وبأعلى مستوى من التماثل الوراثي (الاصالة والنقاوة الوراثية). يوضح الجدول (9–12) اهمية هذا المبدأ من خلال مقارنة التحصيل الوراثي لسلالات $S_{0:1}$ او سلالات $S_{3:4}$، فالوقت الاضافي المطلوب (Y) لكل دورة انتخاب، يجعل التحصيل الوراثي السنوي لسلالات $S_{0:1}$ اكبر اعتماداً على عدد مواسم السنة، وهذا بحد ذاته يعد مبدأ ضرورياً ينظر اليه مربي النبات بعين الاعتبار عند اختيار ستراتيجية التربية الملائمة لتحسين الصنف.

ت. عدد اجيال التزاوج بين دورات الانتخاب

ترتبط كمية التباين الوراثي في المجتمع النباتي بعدد فرص التزاوجات بين افراد ذلك المجتمع. يتطلب التزاوج، اي توليف زوج من الجينات المرتبطة linked genes ان يكون كلا الموقعين الجينيين مختلفان وراثياً، إذ ان حدوث العبور الوراثي في التركيب الوراثي AB/AB او ab/ab لا يمكن ان يعطي Ab او aB. لذا يمكن ان يزداد احتمال حدوث التزاوج بين الجينات المرتبطة في كل جيل من اجيال التزاوج العشوائي في المجتمع النباتي.

قد يؤثر عدد أجيال التزاوج الداخلي intercrossing في التحصيل الوراثي السنوي بزيادة عدد المواسم المطلوبة لكل دورة انتخاب. ان اجراء التزاوج في موسم زراعي غير ملائم لتقييم الصفة التي يتم انتخابها قد يساعد مربي النبات على اضافة جيل من التزاوج الداخلي من دون التأثير على التحصيل الوراثي السنوي.

التباين داخل اللوح التجريبي Within Plot Variability (σ^2u, wg and σ^2w)σ^2

تحدد التباينات داخل اللوح التجريبي، والتي يرمز لها بالحسابات الاحصائية $\boldsymbol{\sigma^2 w}$ من خلال التأثيرات البيئية $\mathrm{u}\boldsymbol{\sigma^2}$ والانعزالات الوراثية $\mathrm{wg}\boldsymbol{\sigma^2}$. يظهر تأثير هذه التباينات من خلال عدد النباتات المزروعة في اللوح التجريبي، ويعبر عنها رياضياً بالاتي:

$$\mathrm{wg/n} = \boldsymbol{\sigma^2}\mathrm{u} + \boldsymbol{\sigma^2}\mathrm{wg})/\mathrm{n}\boldsymbol{\sigma^2}$$

حيث تمثل n عدد النباتات في اللوح التجريبي.

تكون قيمة n مساوية لواحد عند انتخاب نبات واحد في المجتمع النباتي، كما في الانتخاب التكراري المظهري. اما عند تقييم سلالة او عائلة، فان قيمة n تعني هنا حجم اللوح التجريبي والكثافة النباتية المستخدمة، والتي يعبر عنها بمعدل عدد النباتات في اللوح التجريبي. يمكن تقدير تأثير زيادة عدد النباتات في اللوح التجريبي بجعل $\boldsymbol{\sigma^2 w}$ ثابتة وتغيير قيمة n، مثال ذلك عندما افترضنا ان قيمة $\boldsymbol{\sigma^2 w}$ =700.

n	1	2	3	4	5	10	20	30	40	50	60	100
$\sqrt{\boldsymbol{\sigma^2 w}}$ /n	26.5	18.7	15.3	13.2	11.8	8.4	5.9	4.8	4.2	3.7	3.4	2.6

ان مقدار اضافة اي نبات في اللوح التجريبي سيقل بزيادة قيمة n. *فالفرق بين نبات واحد و10* نباتات في اللوح في المثال المعروض انفاً هو 18.1 =8.4−26.5 اي 18 وحدة بينما الفرق بين 60 و 100 كان 0.8 وحدة. وعليه، فان مربي النبات هو الذي يحدد عدد النباتات اللتي يفترض ان تنمو في اللوح التجريبي لأجل قياس الصفة التي يريد تقييمها.

التباين بين الالواح التجريبية (σ^2) Plot to Plot Variation

يرتبط تقدير التباين بين الالواح التجريبية، والذي يرمز له (σ^2) بالفروق البيئية من لوح تجريبي الى اخر. يؤثر كبر حجم للتباين بين الالواح التجريبية في تماثل الالواح ضمن المكرر الواحد في التجارب الحقلية، وتزداد قيمة التباين بين الالواح بزيادة مساحة اللوح او المكرر نتيجة عدم تماثل التربة. يتم خفض *قيمة* (σ^2) بتقليل عدد الالواح في المكرر الواحد وتقليل مساحة اللوح التجريبي.

اما بالنسبة لأنتخاب النباتات الفردية، لا يعد التباين بين الالواح عاملا مهماً بدرجة كبيرة اذا ما كانت نباتات اللوح الواحد مزروعة بخطوط منتظمة ولا يوجد فقد فيما بينها. مثال ذلك: استخدام طريقة العرنوص – سطر المحورة لأنتخاب نباتات فردية من خطوط العوائل نصف الاخوية المتفوقة. ان معادلة التحصيل الوراثي المتوقع لأنتخاب نباتات داخل اللوح التجريبي الواحد لا تتضمن في مفردات المقام اي قيمة للانحراف المعياري σ بين الالواح التجريبية، كون

الانتخاب للنباتات داخل اللوح الواحد وليس بين الالواح (الجدول، 12–2). اما بالنسبة لطريقة الانتخاب التكراري، فلا يظهر التباين بين الالواح في مقام المعادلة عند تقسيم المجتمع النباتي الى قطاعات وعلى شكل شبكة منتظمة الخطوط والابعاد لأجل الانتخاب (الجدول 12–2).

الخطأ التجريبي (σe^2) Experimental error

ان السعي لتقليل قيم $\sigma^2 u$ و $\sigma^2 wg$ و σ^2 يؤدي الى تقليل قيمة الخطأ التجريبي $\sigma^2 e$. يتوضح ذلك من المعادلة:

$$\sigma^2 e = \sigma^2 u + \sigma^2 wg / n \div \sigma^2$$

يتبين بان مقدار الخطأ التجريبي يتأثر هو الاخر بعدد المكررات (r) والظروف البيئية المحيطة بالتجربة (t)، إذ يعبر عن ذلك بمقدار تباين الخطأ التجريبي مقسوماً على حاصل ضرب قيم ($/tr\sigma^2$).

تداخل الوراثة – البيئة Genotype – Environment Interaction

ما يعنيه تداخل الوراثه مع البيئه هو اختلاف اداء بعض التراكيب الوراثية او ربما معظمها عند اختلاف بيئة الزراعة من موقع الى اخر، فقد يتغير أداء بعض التراكيب الوراثية في إعطاء نتائج لبيئه معينة مع اداؤها عند زراعتها في بيئة اخرى، اي اختلاف الاستجابة. بمعنى اخر، هو تغير اداء وسلوك التراكيب الوراثية عند زراعتها في بيئات مختلفة، مما يحدد كفاءة انتخاب التراكيب الوراثية المتفوقة للوصول الى توليفات جيدة من جهة، ويقل التحصيل الوراثي السنوي من جهة اخرى. سيتم التطرق الى تداخل الوراثة– البيئة بشيء من التفصيل لاحقاً.

يفهم من ذلك، امكانية تقليل تأثير التداخل الوراثي– البيئي بتقييم السلالات او العوائل النباتية في عدة بيئات، وهو ما يعبر عنه رياضياً $\sigma^2 ge/t$. يجب على مربي النبات اختيار العلاقة بين عدد المكررات وعدد البيئات التي تعطيه افضل تحصيل وراثي واقل كلفة.

يمكن تقدير تأثير فرق عدد المكررات وعدد البيئات من التعبير الرياضي $\frac{\sigma^2 e}{tr} + \frac{\sigma^2 ge}{t}$ فزيادة عدد البيئات له الاثر الاكبر من زيادة عدد المكررات كون المتغير (t) في مقام كلا التباينين $\sigma^2 e$ و $ge\sigma^2$. فاذا كان عدد الالواح المزروعة ثابتاً، فان الكلفة ليست عاملاً مهماً، وتبقى الاهمية لتباين تداخل الوراثة مع البيئه $\sigma^2 ge$. يمكن تحقيق اعلى تحصيل وراثي بزراعة

مكرر واحد في عدة بيئات، ولكن من الناحية العملية والتطبيقية، يعد ذلك غير ممكناً، بل مستحيلاً بسبب ان تكلفة استخدام عدة بيئات بديهيا هو اكبر من تكلفة عدة مكررات في بيئه واحدة. سيقلل كل مكرر او بيئه اضافية مستخدمة مقدار التباين المظهري، وهو ما يمثل نفس مبدأ عدد النباتات لتقليل مقدار $\sigma^2 w$.

الانتخاب غير المباشر Indirect Selection

تزداد كفاءة تحسين الاصناف النباتية عندما يعرف مربي النبات اي من الاباء تعطي ذرية متفوقة قبل اجراء التهجين والحصول على الصفة التي يراد تحقيق تقدم انتخابي غير مباشر فيها، فيكون كفوءاً في تحسين الحاصل او اي صفة مرغوبة اخرى. وعليه، نجد ان برامج التربية التي تهتم بتطوير الاصناف النباتية وتحسين الحاصل (القدرة الانتاجية) تأخذ بنظر الاعتبار اي من الصفات التي يمكن ان يعول على انتخابها والتي ترتبط ايجابياً وبقوة مع الحاصل، اي يعد انتخاباً لتحسين الحاصل بصورة غير مباشرة (Crouch واخرون، 2009). ان استخدام مثل هذه الصفات لأنتخاب الاباء ومعرفة الانعزالات الوراثية التي تحمل الصفات المرغوبة وبافضل اداء، مثل الانتخاب لمساحة او حجم الورقة وزاويتها او ارتفاع النبات او عدد الفروع المثمرة في النبات او طول فترة الامتلاء او تعمق ومساحة الجذور او معدل البناء الضوئي او كمية النتح.

للصفة الكمية، مثل صفة الحاصل، والتي تعد ذروة تقدم النبات منذ إنبات البذرة او بداية النمو الخضري والعمليات الفسيولوجية والحيوية الاخرى وحتى النضج الفسيولوجي لها تأثيراً مباشراً وغير مباشراً على الحاصل النهائي. لذا، فمن المؤكد ان الانتخاب على اساس التباين والاختلاف بين التراكيب الوراثية للصفات الفسيولوجية المختلفة سيخدم الانتخاب لتحسين حاصل البذور (Reynolds واخرون، 2012 وPask واخرون، 2012). تبقى مسألة تكامل برامج التربية التقليديه مع ادوات وستراتيجيات البيولوجيا الجزيئية وفسيولوجيا النبات والتقنات الحيويه الاخرى مهمة وضرورية، بل واجبه للارتقاء بالقدرة الانتاجيه، اذ ان التحصيل الوراثي المتحقق في العقود الثلاثه الاخيرة لا يواكب الحاجه الفعليه التي تفرضها الزيادة السكانية الهائلة (Slafer و Araus، 2007).

يذكر Falconer (1981) ان اساس الانتخاب انما يعود الى ما يسمى "الصفة الاولية primary character"، وان الصفات التي تؤثر في الصفة الاولية تسمى " الصفات الثانوية secondary character" ومثال ذلك اذا ما اعتبرنا الصفة الاولية هي الحاصل، فان معدل البناء الضوئي ودرجة حرارة الكساء الخضري canapy temperature وطول فترة الامتلاء وتعمق الجذور ....الخ هي الصفات الثانوية (Reynolds واخرون، 2012 وPask واخرون، 2012).

لخص *Falconer* قيمة الانتخاب غير المباشر للصفات الثانوية التي تتوارث كمياً بالمعادلة $CR_x/R_x = rA\ (I_y\ h_y/\ I_x\ h_x)$ عندما تمثل:

CR_x كمية التحسين الوراثي في الصفة الاولية والذي يمكن الحصول عليه بالانتخاب غير المباشر للصفة الثانوية.

R_x كمية التحسين الوراثي في الصفة الاولية والذي يمكن الحصول عليه بالانتخاب المباشر للصفة الاولية.

rA الارتباط الوراثي بين الصفة الاولية x والصفة الثانوية y.

I_y شدة الانتخاب للصفة الثانوية

I_x شدة الانتخاب للصفة الاولية

h_y الجذر التربيعي للتوريث بالمفهوم الضيق للصفة الثانوية.

h_x الجذر التربيعي للتوريث بالمفهوم الضيق للصفة الاولية.

يتضح من المعادلة اعلاه العوامل التي لها اكبر الاثر في الانتخاب غير المباشر للصفات الفسيولوجية والمظهرية لتحسين الصفه او الصفات التي لها اهمية اقتصادية.

الارتباط الوراثي بين الصفات *Genetic correlation between characters*

ليس للانتخاب للصفات المظهرية او الفسيولوجية اي قيمة اذا كان اداء الصفة غير مرتبط مع اداء الصفة الرئيسة. يتطلب تحديد قيمة الارتباط الوراثي بين الصفات تقييماً كافياً للمادة الوراثية الملائمة من خلال البيئات المختلفة. استخدمت بعض الدراسات التي تهتم بالصفات الكمية او النوعية اشباه السلالات isolines كتلك السلالات التي تكون متماثلة الجينات، باستثناء الجينات التي تسيطر على الصفة المطلوب دراستها (Qualest واخرون، 1965). وبذا، أصبح بالامكان إستحداث التغايرات الوراثية داخل الصنف الواحد، بالعوامل الفيزيائية او

الكيميائيه. ومثال ذلك ما قام به Maluszynski واخرون (2009) وPendleton واخرون (1968) بمعالجة زاوية الورقة لنباتات الذرة الصفراء وتحقيق العلاقة المطلوبة مع حاصل الحبوب، باستخدام العوامل الفيزيائية.

قد يعطي الارتباط المظهري من بعض التجارب الحقلية فكرة اولية ومؤشراً جيداً عن طبيعة العلاقة بين الصفات، فمعرفة وايجاد الارتباط الوراثي يتطلب استخدام تراكيب وراثية منتخبة عشوائياً، ويتم الحصول عليها من انعزال المجتمعات النباتية لغرض الحصول على التباين الضروري وتقدير التباين المشترك.

شدة الانتخاب Selection intensity

تعَرف شدة الانتخاب بانها معدل عدد التراكيب الوراثية المنتخبه الى عدد التراكيب الوراثية الكليه قيد الدراسة والاختبار. اكبر الأثر لعدد التراكيب الوراثية التي يمكن ان تقيم الصفة الثانوية بالمقارنة مع الصفة الاولية في كفاءة الانتخاب غير المباشر، فالصفة الثانوية تكون اكثر تكلفة وصعوبة في القياس عما هو عليه للصفة الرئيسة التي تكون اقل صعوبة وتكلفة، لكيما تكون مفيدة اكثر مما لو تم زيادة عدد التراكيب الوراثية قيد التقييم.

توريث الصفة Character heritability

تكون كفاءة الانتخاب غير المباشر أعلى ما يمكن عندما تكون درجة توريث الصفة الثانوية التي يتم عليها الانتخاب اكبر من درجة توريث الصفة الرئيسة. ربما يترافق التوريث العالي مع زيادة مدى التباين الوراثي الاضافي و أقل تباين بيئي وادنى معدل للتداخل الوراثي – البيئي، أي ادنى تباين وراثي غير اضافي.

تعتمد كفاءة الانتخاب على الجذر التربيعي لقيم التوريث، ويجب ان تكون درجة توريث الصفة الثانوية اكبر من مثيلتها للصفة الرئيسة، وذلك لزيادة معدل الصفة بشكل فعلي. اذا كان توريث الصفة الثانوية 0.9 وتوريث الصفة الرئيسة 0.45 اي ان توريث الصفة الثانوية ضعف توريث الصفة الرئيسة، فيكون الجذر التربيعي لهذا التوريث مساوياً 1.4.

التربية باستخدام الانموذج النباتي Ideotype Breeding

يعتقد ان لكل نوع نباتي انموذج خاص به وفقاً للصفات الفسيولوجوية والمظهرية المثلى له. شاعت تسمية الانموذج النباتي بالايديوتايب Ideotype. وضع Rasmusson و Gengenbach (1983) قائمة بالصفات النباتية التي لها قيمة علمية عالية في برامج التربية للانموذج النباتي (الجدول، 12-11). يعد تطور هذا النوع من برامج التربية في انواع المحاصيل ذو قيمة علمية عالية، إذ وضعت علم تربية النبات على عتبة معرفة علمية جديدة في مجالات فسيولوجيا النبات والحساسيه للاضاءه وجينات التقزم (Rajaram و *van* Ginkel، 1996)، ولحقتها التطورات المواكبة في التكنولوجيا الحيوية والهندسة الوراثية، فدخلت حيز التطبيق في السنوات الاخيرة لتعطي زخماً جديداً للارتقاء بالقدرة الانتاجية للمحاصيل المختلفة (Pask واخرون، 2012 وReynolds واخرون، 2012 و Niane واخرون، 1999).

الجدول (12-11) صفات النبات في الانموذج النباتي للحنطة والشعير والشوفان والرز.

صفات الورقة	صفات الساق	صفات الازهار
حجم الورقة	عدد السيقان (الاشطاء)	طول السفا
زاوية الورقة	السيقان الباقية (مستمرة النمو)	عدد السفا
عدد الاوراق	قطر السيقان	عدد الحبوب
بقاء الورقة خضراء	عدد السنابل	وزن الحبوب
سمك الورقة	الحزم الوعائية	دليل الحصاد
الوزن النوعي للورقة		
عدد الثغور		
صفات اضافية		
نوع الكساء الخضري	صفات الجذور	الصفات الاخرى
ارتفاع (طول) النبات	حجم الجذور	الاستجابةللفترة الضوئيه
معامل(دليل) الحصاد	عمق الجذور	طول مراحل النمو
زاوية السنبلة او		كفاءة التمثيل الغذائي

العرنوص		
ارتفاع (طول) النبات	تمدد الجذور	المقاومه للمسبب المرضي

أهم المراجع

Crouch, J. H.;T. S.; Dreisigacker, S.; Wu, H. and Braun, H. J. 2009. Improved discovery and utilization of new traits for breeding. In Dixon,, P. J.; Braun, H. J.; Kosina, P. and Crauch, J. (eds.). Wheat facts and futures. Mexico, D. F.: CIMMYT.

Eberhart, S. A. 1972. Techniques and methods for more efficient population improvement in sorghum. PP. 196-213. In N.G. P. Rao and L. R. House (eds.), sorghum in seventies. Oxford andIBH Publishing, New Delhi.

Empig, L. T.; C. O. Gardner and W. A. Compton. 1972. Theoretical gains for different population improvement procedures. Nebr. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ. 26 (revised).

Falconer, D. S. 1981. Interoduction to Quantitative Genetics. Longman, New York.

Fehr, W. R. 1976. description and evaluation of possible new breeding methods for soybean. Pp. 268-272. In L. D. Hill (ed.), World Soybean Research. Interstate Printers & Publishers. Danville, IH.

Fehr, W. R. 1978. Breeding. Pp. 117-155. In F. G. Norman (ed.). Soybean Physiology, Agronomy and Utilization. Academic Press, New York.

Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development. Vol. 1, Theory and Technique. Pp. 536. Macmillan Pub. Co., New York

Lush, J. I. 1945. Animal Breeding Plans. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.

Maluszynski, M.; I. Szarejko, C. R. Bhatia, K. Nichterlein and P. J. L. Lagoda. (2009). Methodologies for Generating Variability. Part 4: Mutation Techniques. In Plant Breeding and Farmer Participation. (eds., Ceccarelli; S. , E. P. Guimarães and E. Weltzien). FAO, Rome. PP159-194.

Niane, A. A.; Madarati, A. W.; Abbas, A. and Turner, M. 1999. Manual of orphological variety description for wheat and barley with examples from Syria. ICARDA, Aleppo, Syria. Viii+106pp. En/Ae.

Pask, A.; Pietragalia; D. Mullan and M. Reynolds. 2012. Physiological Breeding II: A field Guode to wheat phynotyping. Mexico, D.F. CIMMYT.

Penleton, J. W.; G. E. Smith; S. W. Winter and T. J. Johnston. 1968. Field investigation of the relationships of leaf angle in corn (Zea mays L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron. J. 60:422-424.

Qualset, C. O.; C. W. Schaller and J. C. Williams. 1965. Performance of isogenic lines of barly as influenced by awn length, lenkage blocks and environment. Crop Sci. 5:489-494.

Rajaram, S. and van Ginkel, M. 1996. Yield potentialdebate: germplasm vs. methodology, or both. In Reynolds, M.P., S. Rajaram, and A. McNab, eds.1996. increasing yield potential in wheat: Breaking the barriers. Mexico, D.F.:CIMMYT.

- Rasmusson, D. C. and B. G. Gengenbach.1983 breeding for .physiological traits. Pp. 231-254. In D. Wood (ed.), Crop Breeding. American Society of agronomy, Madison, Wis.

- Reynolds, M P.;Pask, A. and Mullan, D. 2012. Physiological Breeding I: Interdisciplinary approaches to improve crop adaptation. Mexico, D.F. CIMMYT.

- Slafer, G. A. and Araus, J. L. 2007. physiological traits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In Spiertz, J.H. J., Struik, P. C. and van Laar, H. H. (eds.), Scale and complexity in plant systems research: Gene- Plant- Crop relations. 147-156.

- Spraque, G. F. and A. Eberpraque (ed.). 1987. Corn and Corn Improvement. American Society of Agronomy, Madison, Wis.

- weyhrich, R. A.; A. R. Hallauer. 1998. Responses to seven methods of recurrent selection in the BS11 aize population. Crop sci. 38:308-321.

الفصل الثالث عشر

معرفة انعزالات المجتمع النباتي
Forming of Segregating Population

من المعرفة المسبقة في تربية وتحسين النبات، تبين للمختصين بأن اكبر الانعزالات الوراثية تحدث في المجتمعات النباتية مفتوحة التلقيح أو المجتمعات النباتية التي يحدث بها التلقيح بصورة طبيعية ومجتمعات الجيل الانعزالي الثاني. من الضروري اطلاع القارىء على انواع المجتمعات النباتيه الشائعه والمتداولة، والتي يسعى مربي النبات لتوليفها بما يخدم اهداف برنامج التربية.

اولاً: الأصناف الطبيعية أو الأصناف مفتوحة التلقيح
Natural Population or Open PollinatedCultivars

ان المجتمعات النباتية المستخدمة في استنباط وتطوير السلالات النقية لمحاصيل خلطية التلقيح، هي المجتمعات النباتية مفتوحة التلقيح التي يقوم المزارع بانتخاب بذورها من المجتمع النباتي ذات التلقيح الطبيعي natural population. تعد بعض المجتمعات النباتية مصدراً مهماً وضرورياً لوجود التباين (التغاير) الوراثي في الموطن الأصلي أو في البلدان الأخرى التي تمتلك نفس الظروف البيئية أو تشابهها، بحيث يمكن الاستفادة منها في مثل هذه البرامج. وجد يوسف (1999) عند التهجين بين 10 اصناف (هجن اجنبية) مع الصنف المحلي لذرة الفشار "شامية بابل" بان المجتمع النباتي الجديد ذي قاعدة وراثية واسعة، حيث يمثل 50% من التركيب الوراثي له الصنف المحلي شامية بابل والـ 50% الأخرى جاءت من الأصناف الهجينة العشرة بواقع 5% لكل صنف هجين، اعطى التباعد الجغرافي من حيث المنشأ توليفات وراثية جديدة عند اجراء الانتخاب، وترك المجتمع النباتي للتلقيح المفتوح بين النباتات المنتخبة في الأجيال اللاحقة مما ادى الى تحسين حاصل الحبوب للصنف الجديد من جهة وتحسين نوعية الحبوب من حيث حجم الانفلاق والنكهة والطراوة ولون الحبوب بعد التفليق popping قياساً بالصنف المحلي (الأصل). وهذا ما اكدته نتائج Misevic (1989) في تحديد السلالات النقية التي تعطي افضل الهجن في الذرة الصفراء.

ثانياً: الانتخاب الكاميتي (انتخاب الأمشاج) Gamete Selection

تتضمن طريقة واسلوب الاستفادة من مجتمعات مفتوحة التلقيح للحصول على المجتمعات الانعزالية عدداً كبيراً من النباتات ذات الصفات المرغوبة والجيدة إذ أشار Stadler (1945)، الى ان النباتات المتفوقة في مجتمع مفتوح التلقيح تنتج من اتحاد امشاج الأب المتفوق مع كاميتات الأم، واحتمال ان يكون كلا الكاميتين (المشجين) متفوقان في صفاتهما بحيث يتحدان ليكونا نبات متفوق يكون تكراره بالضبط مربع تكرار هذه الكاميتات. لتوضيح ذلك نفترض ان لدينا 10% من الأمشاج متفوقة، فيكون $(0.10)^2$ أي 1% من الزايكوتات (النباتات فيما بعد) سوف تكون متفوقة في صفاتها. في المجتمع النباتي الذي يكون فيه تكرار النباتات المتفوقة واطئاً، يتم انتخاب الكاميتات بدلاً من انتخاب الزايكوت (النباتات) لأجل زيادة احتمال إيجاد جينيات مفيدة وجيدة. تستخدم عينة من كاميتات المجتمع النباتي في طريقة انتخاب الكاميتات من خلال تهجين كاميتات هذا المجتمع مع سلالة نقية جيدة. يمكن معرفة النباتات المتفوقة الناتجة من التهجين بتقييم التلقيح الاختباري testcross evaluation وان اجراء التلقيح الذاتي لذرية هذه النباتات المتفوقة والحصول على البذور يمثل نواة المجتمع النباتي الذي يمكن من خلاله تطوير السلالات النقية، وكما توضيحه بطريقة العمل التالية:

الموسم الأول:

يتم تهجين العديد من نباتات المجتمع الانعزالي مع سلالة نقية بحيث ان بذور الجيل الأول الناتجة تمثل حصيلة اجراء التزاوج لكاميتات مختلفة من المجتمع الانعزالي مع كاميتات السلالة النقية. ومع افتراض ان كاميتات السلالة النقية ذات تأثير متساوي، فان التراكيب الوراثية لبذور الجيل الأول F1 سوف تختلف فقط من جهة كاميتات المجتمع الانعزالي.

الموسم الثاني:

تزرع البذور الهجينة (حاصل تهجين المجتمع الانعزالي والسلالة النقية) ويتم اجراء التلقيح الذاتي من جهة والتهجين مع فاحص مناسب من جهة اخرى. تخزن في نهاية الموسم بذور التلقيح الذاتي الناتجة من نباتات F1 لغرض استخدامها في الموسم الرابع أما بذور التلقيح الاختباري (القمي)، فتزرع في الموسم اللاحق (الثالث) وفق تجربة تقييم بعدة مكررات، كما

تلقح نباتات السلالة النقية بحبوب لقاح نباتات الفاحص لغرض استخدامها كبذور مقارنة في تجربة الموسم الثالث.

الموسم الثالث:

تجرى تجربة تقييم تتضمن ذرية التلقيح الاختباري التي تم الحصول عليها من الموسم السابق، كما تتضمن البذور الهجينية الناتجة من تضريب السلالة النقية مع الفاحص، وفي نهاية الموسم تنتخب النباتات التي تعطي اداء متفوقاً على بذور المقارنة "السلالة مع الفاحص".

الموسم الرابع:

تزرع بذور التلقيح الذاتي المتحصل عليها في الموسم النباتي للنباتات المتفوقة في الموسم الثاني لتمثل مجتمع نباتات الجيل الثاني ويتم تحسين السلالة النقية التي استخدمت في هذا البرنامج بنفس الطريقة.

تتضمن الجبل (الموارد) الوراثية التي يجري عليها الانتخاب الكاميتي كل من المجتمعات الانعزالية والسلالات النقية والفاحص الذي يتم استخدامه. تعد السلالات النقية الأكثر اهمية في هذه الجيل لأنها تشترك بنصف الأليلات في المجتمع النباتي الذي يراد تحسينه بطريقة انتخاب الكاميتات. ان انتخاب الفاحص للانتخاب الكاميتي نفس الاعتبارات التي تتخذ في تقييم ذرية التلقيح القمي "الاختباري".

ان فائدة استخدام الانتخاب الكاميتي هي ان مجتمع الجيل الثاني المتكون من تهجين المجتمع × السلالة النقية يعطي عدداً اكبر من النباتات ذات الصفات المرغوبة وبالتالي الحصول على اكبر عدد ممكن من السلالات النقية بعد الاستمرار في برنامج التربية الداخلية لهذا المجتمع. أما مساوئ هذه الطريقة فهي محدودية التغاير الوراثي الناتج في السلالات النقية الجديدة، وذلك لكون ان نصف كاميتات هذه السلالات يعود الى السلالة النقية المستخدمة اصلاً في برنامج الانتخاب الكاميتي.

ثالثاً: التهجين بين السلالات النقية Crosses between inbred lines

تستخدم السلالات النقية في الحصول على الهجن الفردية (سلالة نقية × سلالة نقية) والزوجية (هجين فردي × هجين فردي) والثلاثية (سلالة نقية × هجين فردي)، وفي التضريب الرجعي وفي الهجن المتعددة (المعقدة) Complex Crosses، كما تستخدم السلالات النقية في انتاج الأصناف التركيبية التي يمكن الاستفادة منها في الانتاج التجاري أو في انتاج سلالات نقية جديدة.

هناك عدة اعتبارات في انتخاب الآباء لأي مجتمع نباتي، ومن هذه الاعتبارات هو الاختلاف الوراثي بين التراكيب الوراثية المستخدمة وتداخلات الوراثة × السايتوبلازم لإنتاج بذور الهجن. لابد من توضيح هاتين المسألتين تفصيلياً.

الاختلاف الوراثي بين التراكيب الوراثية

الذي يحدد اداء الصنف الهجين هو كمية التهجن heterosis بين أبوين، اذ يزداد التهجن بزيادة الاختلاف الوراثي بين هذين الأبوين. يسعى احياناً مربي الأصناف الهجينة الى الحصول والحفاظ على جبلتين وراثيتين تعطيان اعلى تهجن بينهما. لاحظ مربي الذرة الصفراء مثلاً في الولايات المتحدة الأمريكية، بان الحصول على تهجن عال يتم عند تهجين أب من جبلة وراثية من ولاية أيوا Iowa ذات ساق صلب Stiff stalk مع أب آخر من لانكستر Lancaster، وعللوا ذلك بالاختلاف الوراثي بين الأبوين. قد يحدث الاختلاف الوراثي بين الجبل الوراثية (الاساس الوراثي) نتيجة التباعد الجغرافي، أي العزل المكاني وعدم النقل والخلط بين الجبل الوراثية المختلفة بالاضافة الى احتمال اختلاف الاصل (المنشأ origin) الذي انحدرت منه هذه الجبل الوراثية.

العلاقة بين الوراثة – السايتوبلازم

يتطلب انتاج اصناف الهجن باستخدام العقم الذكري الوراثي السايتوبلازمي سلالات ذات مواصفات محددة، بحيث تمتلك جينات تجديد الخصوبة، تسمى هذه السلالات R–lines، حيث تهجن مع سلالات عقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً من دون وجود جينات تجديد الخصوبة وتسمى هذه السلالات A–lines، اما السلالات غير العقيمه ذكرياً سايتوبلازمياً تسمى B–

lines، وهي السلالات التي تنتج وتكثر بطريق التلقيح الذاتي. تم تطوير سلالات نقية من مجتمعات تربية حاوية على جينات تجديد الخصوبة R-lines لكي تستخدم كآباء واهبة لحبوب اللقاح لانتاج بذور الهجن. يساعد اجراء مثل هذه الأعمال بشكل منفصل ومتباعد، لكلا الحالتين، في تقييم الاختلاف الوراثي بين التركيبين الوراثيين المستخدمين في انتاج بذور الهجن. نظراً لأهمية هذا الموضوع لدى مربي النبات عموماً ومربي المحاصيل خلطية التلقيح كالذرة الصفراء وزهرة الشمس من جهة ولغرض ازالة الغموض والالتباس الحاصل لدى الكثيرين، فاننا سنفرد له في ادناه تفصيلاً دقيقاً وسندعم ذلك بمثال في محصول زهرة الشمس.

خطوات انتاج الهجين باستخدام العقم الذكري السايتوبلازمي

على فرض ان برنامج تربية السلالات النقية قد افرز لنا السلالتين B و S اللتان تستخدمان كأم وأب على التوالي طبقاً للقابلية على التوافق "التآلف" بينهما لذا فان المطلوب هنا هو:

أ. ادخال ظاهرة العقم الذكري الى نباتات السلالة النقية المستخدمة كأم + (B)

وذلك بجعلها أب واهب لحبوب اللقاح للنباتات العقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً والتي ستمثل الأم + في هذا التهجين. تكون جميع نباتات الجيل الأول F1 عقيمة الذكر سايتوبلازمياً وهي بنفس الوقت حاوية على 50% من كل جينات النواة لكلا الأبوين، يجرى التهجين الرجعي مع نباتات السلالة B كأب وبذلك يتم الحصول على بذور تمثل 98.45% جينات السلالة B ولكنها عقيمة الذكر سايتوبلازمياً (الشكل، 13-1) حيث تسمى باسم السلالة A (A-line) والتي سيبدأ استخدامها كبذور للزراعة تمثل نباتاتها السلالة الأم في انتاج بذور الهجين دون الحاجة الى ازالة الاعضاء الذكرية.

ب. الحفاظ على السلالة A

يتم الحفاظ على السلالة A العقيمة ذكرياً بتلقيحها مع السلالة B، والتي تماثلها في التركيب الوراثي ما عدا انها خصبة.

A-line × B-line

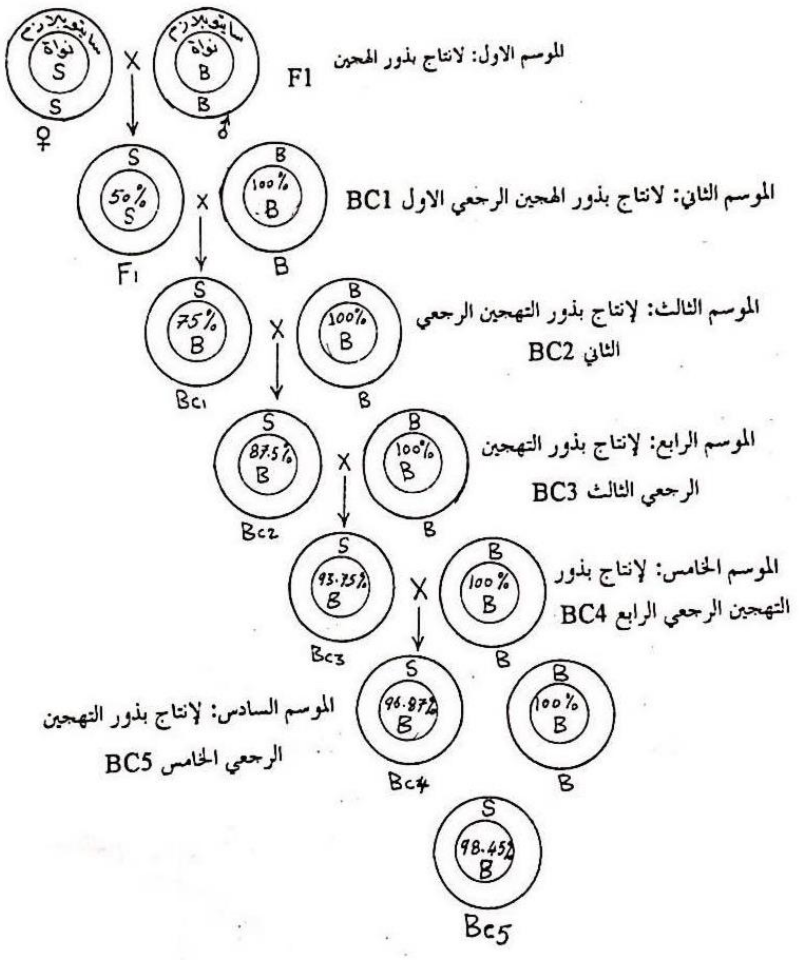
سلالة نقية خصبه × سلالة نقية عقيمه

↓

ادامة انتاج السلالة النقية A-line

ت. انتاج الهجن باستخدام ظاهرة العقم الذكري السايتوبلازمي

يتصف النبات الذي يمتلك صفة العقم الذكري السايتوبلازمي بان ازهاره تكون خالية من المتوك وانها وان وجدت فهي خالية من حبوب اللقاح الفعالة. يتم توارث السايتوبلازم جيلاً بعد آخر من النبات الأم حيث ان النبات الأنثوي عند الاخصاب يعطي الگاميت الانثوي وجميع السايتوبلازم بينما يشارك النبات المستخدم كأب واهب لحبوب اللقاح بالگاميت الذكري بدون سايتوبلازم. عند الحديث عن العقم الذكري السايتوبلازمي، فانما يقصد بذلك السايتوبلازم العقيم الذي يرمز له بالحرف S وهو الحرف الأول من كلمة Sterility. يتأثر هذا السايتوبلازم بالجينات الموجودة على الكروموسوم أي يمكن تحوير فعالية هذا النوع من العقم بالجينات المجددة (المعيده) للخصوبة Fertility restoring genes والتي يرمز لها Rf. أي ان جينات Rf تلغي عمل السايتوبلازم العقيم وبذلك يكون النبات حاملاً لحبوب اللقاح الخصبة. ذكر Gundaev عام 1966 ان اكتشاف العقم الذكري السايتوبلازمي في نبات زهرة الشمس في روسيا كان عام 1958 وفي المانيا عام 1962. اوضح Leclereg عام 1966 بان العقم الذكري السايتوبلازمي نتج من التهجين بين نوعين من زهـرة الشمس هي *Helianthus petiolari* و *Helianthus annuus*، اما جينـات تجـديد أو اعادة الخصوبة في زهرة الشمس فقد اكتشفها Enns وجماعته (1970) وKinman (1970) و Leclereg (1961) و Vranceanu و Stoenescu (1971). يعد مصدر العقم الذكري السايتوبلازمي الذي اكتشفه Leclereg (1969) الأفضل في الوقت الحاضر، ويستعمل بشكل واسع في برامج انتاج بذور الهجن، كما ان مصدر جينات تجديد الخصوبة هو ذلك الذي يعود الى السلالة البرية Kinnanus t 66006-2.



الشكل (13-1) خطوات عملية التهجين الرجعي لنقل صفة عقيم الذكر السايتوبلازمي الى السلالة >

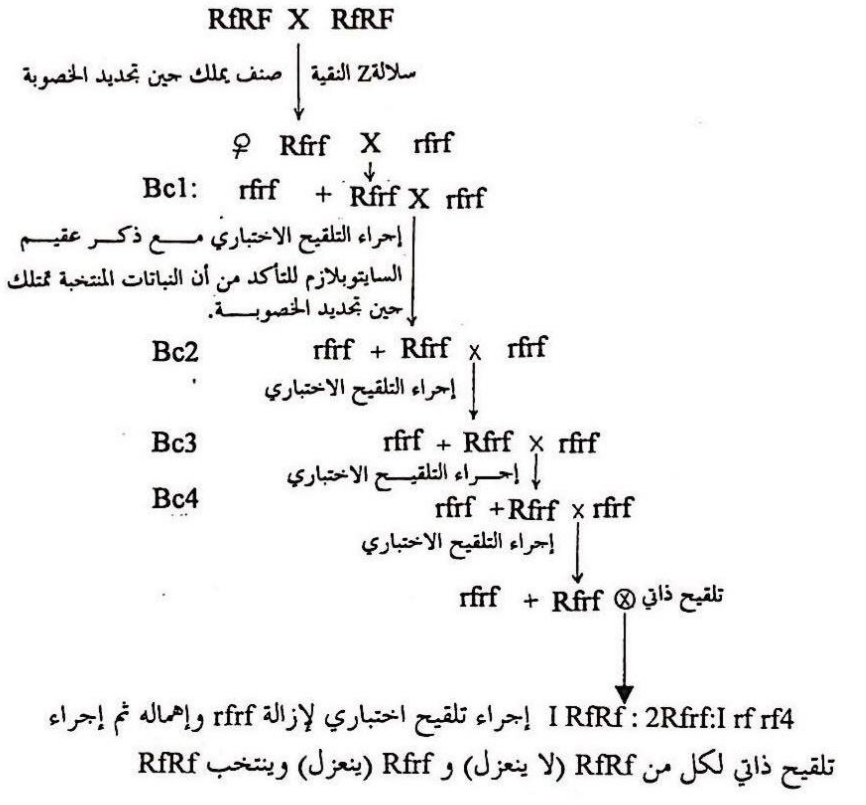
ث. إدخال جين تجديد الخصوبة

ان إدخال جين تحديد الخصوبة (Rf) الى السلالة المستخدمة كأب (Z) يتم باحدى الطريقتين في أدناه:

1. طريقة التهجين الرجعي

بتلقيح السلالة rfrf كأب مع صنف حامل لجين تجديد الخصوبة كأم RfRf. تحمل نباتات الجيل الأول جميعاً جين تجديد الخصوبة، ويتم بعدها تلقيح نباتات الجيل الأول F1 مع

الأب الرجعي Z لخمسة – سبعة أجيال. يجري التلقيح الاختباري مع صنف (سلاله) عقيمة الذكر سايتوبلازمياً في كل جيل من اجيال التلقيح الرجعي وذلك للتأكد من ان النباتات المنتخبة تحمل جين تجديد الخصوبة أو لا تحمله وكما يوضحها الشكل (13–2). ان نباتات الجيل الناتج من كل تلقيح اختباري تكون خصبه (اذا كانت النباتات المنتخبة تحمل الجينات المجددة للخصوبة). يستنتج مما ذكر اعلاه بان هذا الاسلوب يمثل جهداً مضاعفاً وعملاً متعباً ويحتاج الى زمن طويل.

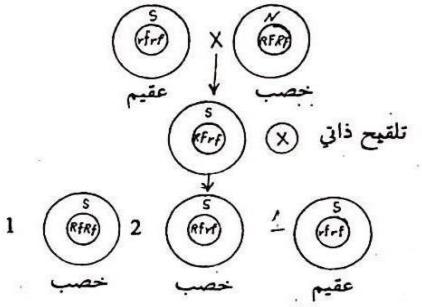


شكل (13–2) خطوات عملية التلقيح الرجعي لنقل جين تجديد الخصوبة

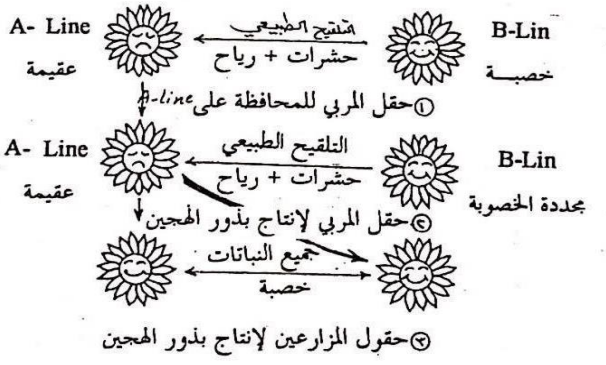
2. استخدام العقم الذكري السايتوبلازمي

نقل صفة العقم الذكري السايتوبلازمي الى بعض نباتات السلالة Z بطريقة التهجين الرجعي كما ذكرنا سابقاً عند نقل صفة العقم الذكري السايتوبلازمي الى بعض نباتات السلالة B فينتج عنها السلالة Z العقيمة.

تلقيح صنف يملك جين تجديد الخصوبة كأب RfRf مع السلالة Z العقيمة الذكر السايتوبلازمي كأم، وباستمرار التلقيح الذاتي يمكن انتخاب نباتات اصيلة تمتلك جين تجديد الخصوبة RfRf. عند اجراء التلقيح الذاتي يمكن انتخاب نباتات اصيلة لجين تجديد أي اعادة الخصوبة RfRf.



شكل (13–3) خطوات عملية نقل جين تجديد الخصوبة باستخدام العقم الذكري السايتوبلازمي.



شكل (13–4) إنتاج الهجن التجارية باستخدام العقم الذكري السايتوبلازمي.

انتاج بذور الهجن

لإنتاج بذور الهجين، يتم اجراء التهجين بين السلالة R–Line والسلالة A–Line وعند زراعة البذور الهجينة في الموسم اللاحق في حقول المزارعين، فإن جميع النباتات تكون خصبة (الاشكال 13 –1 – 13 –4).

الاعتبارات المهمة لاستخدام العقم الذكري الوراثي- السايتوبلازمي Special Consideration with Cytoplasmic-Genetic Male Sterility

عند استخدام العقم الذكري الوراثي-السايتوبلازمي في انتاج بذور الهجن، فان الطرق والأساليب المستخدمة في تطوير السلالات النقية لاستخدامها كآباء ذكرية قد تختلف عن تلك الطرق والاساليب المستخدمة في تحسين الآباء الأنثوية. لتوضيح ذلك لابد من دراسة كل أب وعملية انتاجه بشيء من التفصيل.

أ. الآباء الذكرية Male Parents

يجب ان تكون الآباء الذكرية المستخدمة في انتاج بذور الهجن خصبة ذكرياً وبالنسبة لأنواع المحاصيل التي تستخدم فيها البذور لأغراض الانتاج التجاري، فان الأب الذكري يجب ان يمتلك ايضاً الجينات التي تعطي صفة الخصوبة الذكرية. عند انتاج الهجن الخصبة ذكرياً، فان مثل هذه الآباء تسمى آباء مجددة (معيدة) للخصوبة R-Line وإن الجينات النووية المتغلبة Dominant nuclear genes المعبرة عن خصوبة الهجن الداخلة فيها تعرف باسم جينات تجديد الخصوبة Fertility restorer genes. ان السلالة النقية التي تعرف باسم R-Line أي الحاملة لجينات الخصوبة يجب ان تقيم من حيث قابليتها على انتاج هجن خصبة ذكرياً، حيث تعرف هذه القابلية باسم القابلية على التجديد restoring ability مثلما تعرف قابليتها التآلفية. يتم كل من اختباري قابلية تجديد الخصوبة وقابلية التآلف بتهجين السلالة الأبوية من نوع R مع فاحص عقيم ذكرياً، حيث تجدد الخصوبة، يحدد حاصل الهجين الاختباري قابلية التآلف. يمكن تقييم كل من قابلية التآلف وقابلية تجديد الخصوبة في أي مستوى من مستويات التربية الداخلية.

ب. الآباء الأنثوية Female Parents

ان الآباء الانثوية التي يسبب سايتوبلازمها عقم حبوب اللقاح وبأليلات منتخبة لا تجدد الخصوبة، بحيث لا تكون قادرة على التغلب على فعل السايتوبلازم (A-Line)، أي ان السلالة من نوع A لا تستطيع ان تعيد انتاج نفسها أما السلالة ذات التركيب الوراثي الذي يحمل سايتوبلازم اعتيادي وبدون جينات الخصوبة (السلالة B أو O) يجب ان يتم تحسينها أولاً وبشكل متزامن مع السلالة من نوع A .

يسعى مربي النبات الى الحصول على نباتات ذات سايتوبلازم اعتباري وغير حامل لجينات عدم تجديد الخصوبة من مجتمعه الانعزالي، فالمجتمع الذي يهدف المربي الحصول عليه هو سلالة نقية، ثم يعمل على معرفة قابلية التآلف للسلالات المتوفرة لديه، ومن ثم يحصر اهتمامه بسلالات A و B المتفوقة لتطويرها وتحسينها. في نبات مثل الذرة الصفراء او زهرة الشمس (Yousif و Hussain، 2017) والتي يمكن انتاج بذور الهجن فيها بشكل عملي وسريع من تفكيك الهجن والحصول على السلالات النقية بالتلقيح الذاتي Selfing. لابد من معرفة قابلية التآلف لسلالات B الخصبة ذكرياً بالتهجين مع سلاله اخرى، فيحصل مربي النبات على عدد من سلالات B تفيد في انتاج الهجن التجارية، بعد انتاج سلالات نظيره لها وعقيمه ذكرياً سايتوبلازمياً من نوع A بالتضريب الرجعي. يبقى هذا الاختيار غير عملياً خصوصاً بالنسبة للمحاصيل التي تكون فيها كمية بذور الهجين الاختباري المطلوبة لتقييم قابلية التآلف في غير متناول يد المربي لصعوبة أو عدم امكانية انتاجها بطريقة التهجين اليدوي (الاصطناعي)، كما في الزهرة الشمس، حيث الازهار من نوع احادية المسكن وخنثية Hermophrodite يوسف واخرون، 1992).

بالنسبة للأنواع النباتية التي يكون فيها انتاج بذور الهجين الاختباري مستحيلاً من خلال التهجين الاصطناعي، يجب ان يتم تحويل السلالات من نوع B ولو جزئياً، على الاقل، الى حالة العقم الذكري (كسلالات B) باعتبارها نسخة مطابقة للحصول على الهجين الاختباري A X R، أو يجب ان يتم الحصول على العقم الذكري باستحداثه اصطناعياً في سلالات B باستخدام العوامل الكيميائية أو الفيزيائية لإنتاج بذور الهجين الاختباري R XB (يوسف واخرون، 1992 و Yousif واخرون، 1992). استخدم الاسلوب التالي الذي سيوضح في ادناه من قبل: Fred Miller في محطة كلية A & M التابعه لجامعة تكساس لتطوير سلالات A و B للذرة، حول كيفية استخدام الهجن الاختبارية والتهجينات الرجعية كآباء انثوية حاملة لجينات العقم الذكري السايتوبلازمي.

الموسم الأول:

تزرع نباتات F_2 تحت ظروف الاصابة المرضية، ويتم انتخاب النباتات الحاملة للصفات المرغوبة، يتم اجراء التلقيح الذاتي على الرغم من محدودية حدوث التلقيح الخلطي.

الموسم الثاني:

تزرع الذرية F_3 من النباتات المنتخبة في الموسم الأول بشكل متجاور مع الأب الذي يحمل جينات العقم الذكري السايتوبلازمي وتنتخب سلالات $F_{2:3}$ المرغوبة. يتم تهجين هذه النباتات المنتخبة بشكل فردي لكل نبات مع الأب ذو العقم الذكري السايتوبلازمي. تحصد كل من بذور التلقيح الذاتي للجيل الرابع والبذور الهجينة في الجيل الأول المأخوذة من كل نبات من نباتات الجيل الثالث وتنظف بذورها لاستخدامها في الموسم الثالث.

الموسم الثالث:

تزرع بذور التلقيح الذاتي الرابع F_4 و بذور الهجين الحامل لجينات العقم الذكري السايتوبلازمي$Cms-F_1$ تزرع بشكل متجاور وبسطور متقاربة لاجل:

أ. اجراء التهجين لثلاثة نباتات من F_4 من كل سطر منتخب مع $Cms-F_1$ للحصول على بذور F_1 و Bc، أما بذور التلقيح الذاتي F_5 التي يتم الحصول عليها في هذا الموسم أيضاَ وبذور F_1 و Bc فإنها تحصد بشكل منفرد لكل نبات لاستمرار عملية التربية الداخلية والانتخاب والتضريب الرجعي في الموسم الرابع.

ب. يهجن اثنين من نباتات $-F_1Cms$ و Bc مع نباتات السلالة R التي تمثل الفاحص، وتختلف عن تلك المستخدمة في الموسم الثالث (سلالة اخرى). تستخدم بذور التهجين الاختياري في تقييم السلالة من حيث قابليتها العامة على التآلف في الموسم الخامس.

ج. يتم عزل (تكييس) خمسة نباتات من Bc_1F_1 لتقييم حالة الإخصاب الذاتي.

د. تقيَم الهجن الاختبارية الناتجة من تضريب $F_1 \times R$ لصفة الحاصل والصفات المهمة الأخرى في تجربة بمكررات، وتهمل السلالات التي يكون اداؤها ضعيفاً، وتهمل معها بذور التضريب الرجعي والتلقيح الذاتي التي تم تحضيرها في الموسم الرابع. تعاد نفس العمليات المستخدمة في الموسم الرابع بصورة مستمرة حتى الوصول الى Bc_5، وفي كل موسم يكون هناك فاحص مختلف من نوع السلالة R لتقييم قابلية التآلف العامة. يطلق أي أب أنثوي متفوق (بذور Bc_5 للسلالة A وبذور F_9 المتطابقة مع سلالة B) للاستخدام التجاري لإنتاج بذور الهجن.

رابعاً: الحصول على المجتمعات النباتية من الانتخاب التكراري

Population derived by recurrent selection

يمكن الاستفادة من المجتمعات النباتية التي يتم تحسينها باستخدام الانتخاب التكراري لأستنباط سلالات نقية منها، إذ يتم تقييم السلالات النقية كجزء من برنامج الانتخاب التكراري، لكيما تستخدم كآباء في تكوين المجتمع النباتي الجديد، بالاضافة الى امكانية استثمار السلالات النقية في انتاج بذور الهجن.

الجدول (13-1): متوسطات حاصل البذور ومكواته وبعض صفات النمو للهجن التجريبيه من زهرة الشمس المزروعة في محطة تجارب الاسحاقي في الموسم الربيعي 2009.

الهجين التجريبي	عدد الايام للتزهير	قطر القرص الزهري (سم)	ارتفاع النبات (سم)	عدد بذور القرص	% للخصوبه	% للتجزئه	100وزن بذرة (غم)	حاصل البذور (كغ/ هكتار)
Alister x Trenor	72	21.2	185	1300	97.5	74.2	7.2	2087
Alister x Stiasol	65	22.6	154.3	1294	96.3	71	8.0	2093
Alister xcalb	75	23	159	1171	97.5	66.9	8.4	2087
Alister x Volky	72	20.9	168.7	951	97.1	72.2	7.4	1673
Alister x Stiasol2	72	22.3	164.3	1049	93.1	78	7.7	2267
Alister x F6	70	21.8	171.7	1242	98.5	74	7.5	2225
Alister x Mecado	72	21.7	175.7	1268	96.5	75.2	6.6	2112
Alister x L.G.56.80	72	22	148.7	1522	90.7	76.2	7.2	2128
Alister X F5 (Ishaqi 1)	70	21.3	169.7	1492	98.2	75.6	6.8	2153
Alister xClorias	72	22.9	164.3	1426	91.4	64.5	8.4	2210
Alister x Vyp.70	72	22.3	177.3	1317	96.5	70.9	7	1668

1383	7.0	74.6	88	952	170.7	23.3	75	Alister x Trenor2
2250	8.0	71.3	95.3	1120	154.3	24	72	Alister xL.G56.60
2098	6.6	75..0	97.2	1307	176.7	21.6	72	Alister x Alister
1808	7.3	74.2	95.8	1300	195	22.1	75	Emboutor x Trenor
1622	8.3	73.2	94.7	1179	187.3	21.3	75	Emb . x Stiasol
1518	6.8	75.8	89.9	1477	187.3	21.7	75	Emb . x Calb
2398	7.0	74.4	95	1056	168	22	70	Emb . xVolky
1628	7.6	74	94	1276	170	20.2	72	Emb . x Stiasol
1778	6.7	82.9	98.3	1180	167	22.5	75	Emb . x F6
1827	7.7	76	94.3	1172	147.3	22.3	72	Emb. xMecado (Ishaqi 2)
2315	7.4	75.7	83.7	1525	173.3	24.2	70	Emb. x L.G56.60
2202	6.5	73.3	98.1	1098	198.3	26.3	75	Emb . x F5
2470	7.8	71.5	97.1	1085	167	25.2	72	Emb . x Vyp.70
2053	7.3	73.6	96.4	1304	183	23.5	73	Emb . x Trenor 2
1703	7.7	73.1	98.0	944	146.3	21.9	60	Emb X L.G56.60
2035	7.3	72.0	83.0	1051	186.7	20.9	58.5	Emb . x Alister
1442	7.5	73.7	98.9	1015	172.2	22.6	62.3	Euroflou x Trenor
1318	7.8	72.8	98.9	1133	159.8	20.8	62.5	Eur. X Clab
1628	6.8	74.4	98.8	1086	148.5	21.3	60	Eur. X Volky
1523	6.8	74.6	96.6	936	166.3	21.1	62.5	Eur. x Stiasol
2126	5.4	68.3	94.2	1305	182.3	21.6	79	Eur. x F6

1417	6.3	76.8	94.7	1006	150.8	21.1	63.5	Eur. x Mecado
1770	7.5	76.6	99.3	997	138	20.5	59.5	Eur .X L.G.56.80
2228	7.0	71.9	98.9	1344	174.3	21.9	77	Eur. X F5
1647	7.3	75.6	97.8	1334	165	21.4	60	Eur. X Clorias
1910	6.2	70.5	98.6	1079	152.3	21.8	60	Eur. x Trenor
1391	6.6	74.0	92.0	890	160.2	20.5	61	Eur. X Alister
1808	7.1	77.8	92.7	967	148	21.2	62.5	Coban
1683	6.6	73	98.9	1267	151.8	21	62.5	Flamme
1782	7.21	74.39	95.5	1110.7	160.65	21.71	61.66	Mean
17.52	11.1	6.32	6.92	30.63	8.21	7	10	CV%
	1.34	1.354						LSD (P< 0.05)
1.96			2.54	133.51	22.6	2.64	1.96	LSD (P< 0.01)

المصدر : Yousif و Hussain، 2017

التربية الداخلية للمجتمع النباتي Inbreeding of the population

يمكن الحصول على السلالات النقية المستخدمة في انتاج بذور الهجن باجراء التلقيح الذاتي Selfing أو تزاوج النباتات الأخوية Sib-mating. ان التلقيح الذاتي هو الأكثر استخداماً للوصول الى حالة التماثل الوراثي بسرعة أكبر (تقليل عدد الأجيال واختصار الزمن) مما لو استخدم تزاوج الاخوة الذي لايعطي نفس التماثل الوراثي بنفس القدر من اجيال التلقيح الذاتي.

أولاً: كمية التربية الداخلية Amount of inbreeding

يجب على مربي النبات ان يضع عدد من الاعتبارات في برنامجه للحصول على السلالات النقية. ان أحد اهم هذه الاعتبارات هو كمية التربية الداخلية التي يجريها، قبل ان تصل السلالة الى التماثل الوراثي الكافي، وعلى الخصوص في الأنواع النباتيه خلطية التلقيح، وذلك لتأثيرها في قــوة الأب Vigor of Parent وقابلية الحفاظ على وحدته الوراثية genetic integrity وبالتالي سهولة ادارتها حقلياً لإنتاج البذور. تتناسب قوة السلالة النقية في الأنواع خلطية التلقيح

عكسياً مع كمية التربية الداخلية. يقصد بقوة السلالة، قدرتها في انتاج البذور عندما تكون أم أو قدرتها في إنتاج حبوب اللقاح عندما تكون أب للاغراض الاقتصادية لإنتاج البذور، وعلى الخصوص للهجن الفردية. من المفيد استخدام كمية محددة من التربية الداخلية لأجل تطوير الآباء المستخدمة في انتاج الهجن التجارية. تشير بعض المصادر العلمية الى قلة تأثير التربية الداخلية في قوة النبات مثل زهرة الشمس، علماً ان هذا المحصول مصنف ضمن قائمة المحاصيل خلطية التلقيح، بينما تشير مصادر اخرى الى التأثير الواسع للتربية الداخلية في حاصل الحبوب والزيت لهذا المحصول، والتي تتراوح بين صفر وحتى 100% (Tubcrossa، 1983).

ان مساوئ التربية الداخلية لأكثر من عدد محدد من الأجيال تكمن في صعوبة الحفاظ على الوحدة الوراثة للسلالة النقية للأجيال المتعددة في انتاج البذور. فالسلالة النقية تشتق من نباتات في الأجيال الأولية من التربية الداخلية والتي هي اكثر ما تكون غير متماثلة وراثياً عما هو عليه في اشتقاق السلالات من نباتات نقية وراثياً. قد تكون السلالة متماثلة بما فيه الكفاية مظهرياً، بينما تكون متغايرة وراثياً في صفاتها الكمية. عند زراعة السلالة النقية الأبوية لإنتاج البذور في بيئات مختلفة ولعدد من السنوات، فإن الانتخاب الطبيعي يمكن ان يغير تركيبها الوراثي، وبالنتيجة، قد تصبح صفات أحد الآباء مختلفة عند زراعته لعدة سنوات في موقعين مختلفين مثلاً.

ثانياً: طرائق التربية الداخلية Methods of inbreeding

وتتضمن ما يأتي للحصول على السلالات النقية:

طريقة النسب Pedigree method

الطريقة البلكية "التجميعية" Bulk method

سلالة البذرة الواحدةSingle- seed descent

الاختبارات الأولية للأجيال early-generation testing

يتأثر اختيار الطريقة أو اجراء تولفية من الطرق بالبيئة المتاحة للمربي. يمكن اختبار العلاقة بين طرق التربية والظروف البيئية المتاحة في برنامج تربية الهجن التي يراد زراعتها في ظروف مناخية حارة. في مثل هكذا حالات، يشيع استخدام مشاتل خارج حدود موسم الزراعة

من قبل مربي النبات في الظروف المناخية الجافة وذلك لتقليل الفترة اللازمة لتطوير سلالة نقية أو عدد من السلالات. قد تعطي النباتات المزروعة في مثل هذه المشاتل صفات تختلف مما لو زرعت في موقع تطبعها الاعتيادي.

قد تستخدم مشاتل الزراعة في غير الموسم الزراعي لإنتاج بذور التلقيح الاختباري التي تستخدم في تجارب التقييم. تفيد طريقة زراعة سلالة البذرة الواحدة في مثل هذه المشاتل، لكونها طريقة سريعة للحصول على السلالات النقية. من الضروري الاشارة الى ان المزج بين طرق التربية الداخلية المشار اليها ربما يقدم استراتيجية ملائمة عند وجود ظروف بيئية معروفة بحيث يمكن استخدامها لأجل التربية الداخلية.

ثالثاً: تقييم قابلية التآلف Evaluation of Combining ability

هناك نوعين من قابلية التآلف، هما: قابلية التآلف العامة و قابلية التآلف الخاصة general and specific combining ability. فيما يأتي توضيحاً لكل منهما.

1- قابلية التآلف العامة General Combining Ability

يكون الهدف الأساسي في برامج تطوير وتحسين اصناف الهجن، ايجاد سلالة أو عدة سلالات جديدة بحيث تكون نتيجة تهجينها مع سلالات نقية (آباء) اخرى الحصول على هجن ذات اداء متفوق للصفة أو مجموعة الصفات المرغوبة. من الافضل ان يتم اختبار مصادر وراثية جديدة، مباشرة بتهجين كل سلالة نقية جديدة مع سلسلة من السلالات الأخرى المتوفرة لدى مربي النبات للحصول على توليفات وراثية تكون صالحة لإنتاج أصناف الهجن، و لا يكون هذا بطبيعة الحال عملياً بالنسبة لمربي النبات وذلك لكثرة عدد التوليفات الوراثية التي تمثل هجناً فردية تحت مفهوم الاختبار. لتقريب الصورة لدى القارئ، اذا كان عدد الهجن الفردية الناتجة من تزاوج عدد n من الآباء وفق المعادلة $\frac{n(n-1)}{2}$ ، فإنه لتقييم 1000 سلالة نقية بكافة الاحتمالات الممكنة من التوافيق، يكون عدد الهجن الفردية التي يجب الحصول عليها مساوياً لـ500 499 هجين. ان هذا العدد بالتأكيد غير وارد منطقياً وعملياً لكي يتم اختباره في أي برنامج من برامج التربية. من هنا كان لابد من توفر طريقة اخرى لتقييم واختبار السلالات النقية، بحيث يستطيع مربي النباتات ان يحدد السلالات النقية ذات القدرة الوراثية العالية المفيدة في انتاج بذور الهجن.

ان الخطوة الأولى في تقييم قدرة السلالات النقية الجديدة هي تهجينها مع أب معروف ومن ثم مقارنة اداء الهجن الناتجة. يسمى الأب المستخدم في التهجين مع كافة السلالات باسم الفاحص "الكشاف" tester، بينما تسمى البذور الهجينة الناتجة، بذور التلقيح الاختباري أو بذور الهجن القمية. ولما كان الفاحص المستخدم في عملية التهجين مع السلالات النقية المتوفرة لدى مربي النبات يمثل أحد الأبوين، فان الفرق في الأداء بين جميع الهجن القمية الناتجة يعني اختلاف قدرة هذه السلالات على التآلف مع غيرها من الآباء، حيث ان قابلية التآلف العامة تمثل متوسط اداء السلالة في سلسلة من التهجينات مع آباء اخرى بينما تعني قابلية التآلف الخاصة معدل اداء سلالة معينة عند تهجينها مع آب اخر معروف. مثال على ذلك عند تهجين السلالة P1 مع الآباء P2 و P3 و P4 فإن متوسط أداء الهجن الناتجة P1 × P2 و P1 × P3 و P1 × P4 سيوضح قابلية التآلف العامة للسلالة P1 بينما تتم معرفة قابلية التآلف الخاصة من معرفة اداء السلالة P1 الجيد مع أي من الآباء المستخدمة الأخرى. غالباً ما تكون النواحي المستخدمة في تحديد قابلية التآلف العامة في برنامج تطوير الهجن اصنافاً مختلفة وراثياً أو مجتمعات نباتية أو هجن ذات اساس وراثي واسع إلا ان ذلك لا يعني عدم استخدام السلالات النقية في تقييم قابلية التآلف العامة.

ان الفواحص الأكثر شيوعاً واستخداماً في الوقت الحاضر لتقييم قابلية التآلف للسلالة هي السلالات النقية التي يتم تهجينها مع السلالات قيد الاختبار لإنتاج الهجن التجارية. بالنسبة للانواع التي يتم فيها انتاج بذور الهجن الفردية يتم اختيار سلالة نقية مستخدمة في انتاج بذور الهجن لتمثل الفاحص للسلالات النقية المختبرة. ان اصناف الهجن الثلاثية three-way hybrids الشائعة الاستخدام في قصب السكر مثلاً تستخدم الهجن الفردية كفاحص لتقييم قابلية التآلف العامة، وبالتالي انتاج الأصناف التجارية. تجدر الاشارة اليه، ان استخدام السلالة النقية كفاحص يفيد في تقييم كل من قابلية التآلف العامة والخاصة، وبالتالي اختصار الوقت المطلوب لتقييم وانتاج اصناف الهجن بدلاً من القيام باجراء تقييمين الأول لقابيلة التآلف العامة والثاني لقابلية التآلف الخاصة. يكون مربي النبات ملزماً باجراء كلا التقييمين خصوصاً عندما يعمل على استنباط عدد كبير من السلالات النقية قد تتجاوز المئات. وعليه، لابد من اجراء تقييم مبكر لإداء هذه السلالات في اجيال التلقيح الذاتي المبكرة ليتسنى له حصر عمله بعدد قليل منها وبالتالي، اجراء التقييم لقابلية التآلف الخاصة بالتهجين بكافة الاحتمالات لجميع

السلالات diallel cross وبأشكاله المختلفة التي سيرد ذكرها في فصل آخر. يكون تنفيذ مثل هذه الاختبارات صعباً في بعض انواع المحاصيل مثل زهرة الشمس Sunflower الذي يمتلك ازهاراً خنثية hermaphrodite (الجبوري وآخرون، 1991 والراوي، 1992 ويوسف وآخرون، 1992).

ان استخدام سلالة نقية واحدة أو اثنتين للتقييم الأول (قابلية التآلف العامة) يختلف بحسب رغبة المربي حيث ان عدد الهجن القمية الاختبارية سوف يزداد بزيادة عدد الفواحص، ويكون متوسط عدد الهجن القمية حاصل ضرب عدد السلالات النقية التي يراد اختبارها × عدد السلالات النقية المستخدمة كفاحص، فمثلاً لاختبار 1000 سلالة نقية باستخدام فاحصين يمثلان سلالاتين نقيتين ينتج لدينا 2000 هجين قمي عند تثبيت المصادر الوراثية للاختبار. يجب على المربي ان يختار بين تقييم اكثر عدد ممكن من السلالات وبدقة أقل عند استخدام فاحص واحد أو بين عدد اقل من السلالات النقية وبدقة اكبر باستخدام فاحصين أو اكثر.

تقيَم السلالات التي تبدي اداءاً جيداً في التقييم الأولي لدى المربي، في اختبار اكثر شمولاً ودقة، باستخدام اكبر عدد ممكن من الفواحص، أي بمعنى تقييمها بتوليفات هجن محددة، وفي كل سنة من سنوات التقييم يتناقص عدد السلالات النقية وتزداد الثقة بنتائج الأختبار للسلالات المتبقية.

2- قابلية التآلف الخاصة Specific Combining Ability

ان الهدف من اختبار قابلية التآلف الخاصة هو تقييم اداء السلالات كآباء لأصناف الهجن التي تستخدم للأغراض التجارية. ان استخدام فواحص ذات اساس وراثي واسع broad genetic base لتحديد قابلية التآلف العامة يعني عدم ملاحظة أي من توليفات السلالة × الفاحص ذات قدرة على انتاج أي هجين تجاري. لذا يبدو ان هناك اختلافاً واضحاً بين اختبارات قابلية التآلف العامة والخاصة. ان التمييز بين هذين الاختبارين ليس واضحاً بصورة جلية عندما يكون الفاحص المستخدم في الاختبار "التقييم" الأولي للسلالة الجديدة سلالة نقية مرغوبة أو هجين فردي ذو صفات مرغوبة.

3- التنبؤ بأداء الهجن الثلاثية والزوجية

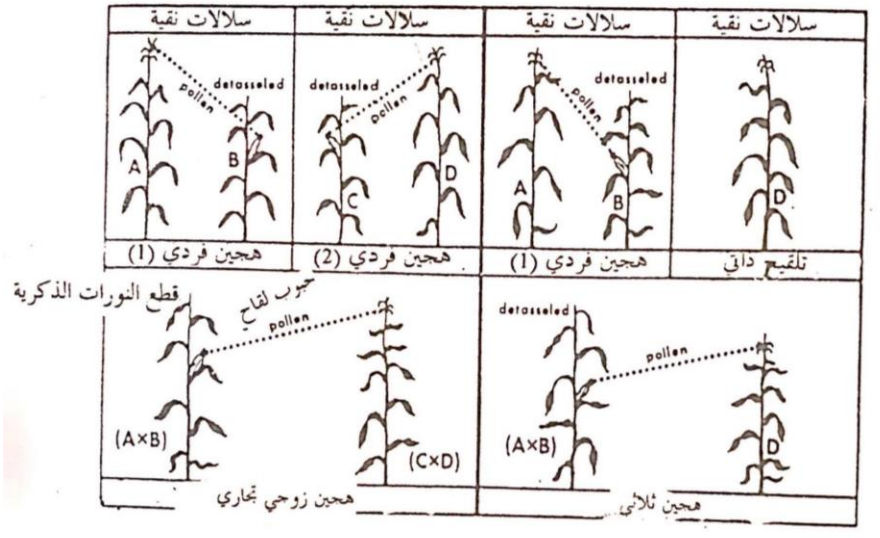
Prediction of three-way and double-cross hybrids performance

يتقيد تقييم مجموعة من السلالات النقية لإنتاج الهجن الثلاثية أو الزوجية بعدد توليفات الهجن الممكنة، ان معادلة تحديد الهجن الممكنة بين مجموعة من السلالات "الآباء" التي نرمز لها بالحرف n هي:

عدد الهجن الفردية= $\frac{n(n-1)}{2}$ ..... (1)

عدد الهجن الثلاثية= $\frac{n(n-1)(n-2)}{2}$ ..... (2)

عدد الهجن الزوجية= $\frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{8}$.....(3)



لو كان لدينا 20 سلالة نقية، فهذا يعني امكانية الحصول على 190 هجين فردي و 3420 هجين ثلاثي و 14535 هجين زوجي. يتبين من هذه الأرقام العدد كبيراً جداً بالنسبة للهجن الثلاثية أو الزوجية، إذا ما اريد تقييمها، لذا فإن عدد السلالات المتوفرة لدى مربي النبات يجب ان يقلل الى الحالة التي توفر امكانية تقييم الهجن الناتجة فيها عملياً.

وضع العالم Jenkins (1943) طريقة يمكن من خلالها التنبؤ بأداء الهجن الزوجية التي تستخدم بكثرة من معرفة اداء الهجن الفردية التي تدخل في انتاج هذه الهجن الزوجية وبكافة احتمالاتها الممكنة. سمي هذا الاسلوب الذي استخدمه Jenkins بالطريقة (ب)، حيث يعني الحرف ب أحد اربعة طرق لحساب وتقييم اداء السلالات. تنص معادلة Jenkins هذه على ان اداء الهجين الزوجي (P1×P2) × (P3 × P4) يمكن التنبؤ به بالمعادله:

$$(P1 \times P2) \times (P3 \times P4) = {}^{1}/_{4}\ [(P1 \times P3) + (P1 \times P4) + (P2 \times P3) + (P2 \times P4)]$$

عندما تكون الهجن الفردية P1×P3 و P1×P4 و P2×P3 و P2×P4 أربعة من أصل ستة احتمالات للهجن الفردية الممكنة من توليف اربعة سلالات نقية مع بعضها بكافة الاحتمالات. يعني ذلك ان كل من الهجينين الفرديين الأبوين الداخلين في انتاج الهجين الزوجي لا يدخلان في حساب التنبؤ باداء الهجين الزوجي لسلسلة من التوليفات الممكنة التي تدخل فيها آباء الهجين الفردي (السلالات النقية الداخلة في تركيب الهجين الزوجي).

يمكن تبسيط مبدأ حساب متوسط أداء غير الآباء للهجن الفردية لأجل التنبؤ باداء الهجن ازوجية لتقييم التنبؤ باداء الهجن الثلاثية ولنأخذ مثلاً:

الهجين الثلاثي $[(P1 \times P2) \times P3]$ وكما يأتي:

$$[(P1 \times P2) \times P3)] = 1/2[(P1 \times P3) + (P2 \times P3)]$$

لتوضيح استخدام المعادلتين، نفترض ان لدينا 4 سلالات نقية هي A و B و C و D ، وان اداء هجنها الفردية بكافة الاحتمالات محسوباً على اساس الحاصل (طن/هكتار) كما يأتي:

A×B= 8.8 و B×C=9.2 و A×C= 8.9 و B×D=8.0 و A×D= و C×D=8.1 و8.4

إن الاداء المتوقع للهجين الزوجي(A×C)×(B×D) هو:

$$=1/4\ [(A \times B) + (A \times D) + (B \times C) + (B \times D)]ABCD$$

$$= 1/4\ [8.8 + 8.4 + 9.2 + 8.1]$$

$$= 8.6$$

أما التنبؤ باداء الهجين الثلاثي

$$[(A \times D) \times C = 1/2\ [(A \times C) + (A \times D) + (C \times D)]$$

$$= 1/2\ (8.9 + 8.1) = 8.5$$

بعد معرفة توليفات الهجن الثلاثية والزوجية التي تعطي أعلى أداء وفق معادلة التنبؤ، فانه يجب تقييم هذه الهجن بتجربة حقلية لتحديد أي منها يكون متفوقاً في ادائه بصورة فعلية. إن معادلات التنبؤ التي اشير اليها هنا لا يراد منها في الحقيقة الغاء الحاجة الى التقييم الحقلي لهذه الهجن، ولكنها تفيد في تقليل عدد التوليفات الممكنة قيد الاختبار.

4- تحسين السلالات النقية بالتضريب الرجعي

Improvement of Inbred Lines by Backcrossing

يستخدم التضريب الرجعي بكثرة في تحويل سلالات B الى سلالات A وكذلك لتحسين السلالة النقية بنقل الجينات المرغوبة للصفات النوعية. معروفاً على ان الاستخدام الاستثنائي للتهجين الرجعي انه تحسين تجميعي improvement convergent. يستخدم التحسين التجميعي كطريقة تربية لتحسين اداء السلالات النقية التي تستخدم كآباء لأصناف الهجن. تنفرد الطريقة في كونها تستخدم السلالتين النقيتين اللتان تمثلان آباء الهجين الفردي على انها آباء واهبة لبعضها في برنامج التهجين الرجعي والانتخاب. كان من الصعب، خلال السنوات الأولى من انتاج بذور هجن الذرة الصفراء، الحصول على سلالات نقية ذات انتاجية كافية، وللتغلب على هذه المشكلة قام Richey (1927) باقتراح استخدام التحسين التجميعي على انه طريقة لتحسين آباء السلالات النقية من دون خفض اداء الهجين.

ان الاسلوب الذي سنوضحه هنا بافتراض وجود اربع سلالات لاستخدامها في انتاج الهجين الزوجي $(P_2 \times P_1)$ $(P_4 \times P_3)$ بواسطة التحسين التجميعي، إذ تمثل كل من P_1 و P_2

الآباء الواهبة لبعضها والسلالتين P_3 و P_4 تكون آباء واهبة متبادلة reciprocal donor parents. على الرغم من ان المثال التالي سيستخدم في تحسين السلالة النقية P_1 فقط، فإنه يمكن تحسين السلالات الاربع في اربعة برامج للتهجين الرجعي وبوقت واحد.

الموسم الأول: تهجين نباتات $P_1 \times P_2$ للحصول على بذور الجيل الأول (F_1).

الموسم الثاني: تهجين نباتات الجيل الأول رجعياً مع P_1 للحصول على BC_1F_1.

الموسم الثالث: تزرع بذور BC_1F_1 وتلقح نباتاتها ذاتياً، وتحصد بذور النباتات ذات المواصفات الزراعية وبصورة مستقلة لكل نبات.

الموسم الرابع: تزرع ذريات نباتاتBC_1F_1 في سطور منفصلة وان النباتات ذات الصفات المرغوبة الأكثر في السطور الاكثر تفضيلاً تهجن رجعياً مع نباتات السلالة B_1 للحصول على بذور BC_2F_1 (أي بمعنى ان يتم الانتخاب للخطوط ضمن المجتمع النباتي ككل وانتخاب آخر ضمن الخط الواحد). يتم حصادها وتحفظ البذور من كل نبات بصورة منفصلة.

الموسم الخامس: تزرع ذريات BC_2F_1 المتحصل عليها من نباتات BC_1F_1 في سطور منفصلة، وتهجن النباتات الأفضل في صفاتها المرغوبة ضمن السطور الأفضل رجعياً مع نباتات السلالة B_1 للحصول على بذور BC_3F_1. يتم حفظ بذور BC_3F_1 المتحصل عليها من نباتات BC_2F_1 بصورة منفصلة لكل نبات (لغرض التوضيح سوف نكتفي بثلاثة تهجينات رجعية فقط).

الموسم السادس: تزرع ذريةBC_3F_1 في سطور منفصلة، ويتم بنفس الطريقة الانتخاب كما في الموسم السابق للنباتات الأفضل في السطور الأفضل، حيث نلقح هذه النباتات ذاتياً، ويتم في نهاية الموسم حصاد البذور من كل نبات منتخب من نباتات BC_3F_1 بصورة منفصلة.

الموسم السابع: تزرع بذور التلقيح الذاتي المتحصل عليها في الموسم السابق والتي تمثل BC_3F_2 في سطور منفصلة، وتنتخب النباتات الأفضل منها لتلقح ذاتياً أيضاً، وتحصد البذور الناتجة من كل نبات في نهاية الموسم بشكل منفصل.

الموسم الثامن: تزرع ذريات BC_3F_3 المتحصل عليها من نباتات BC_3F_2 والتي تسمى ايضاً سلالات $BC_3F_2{:}F_3$، في سطور منفصلة وتلقح النباتات ذات الصفات المرغوبة (انتخاب) ذاتياً وتهجن بنفس الوقت مع الأب الثاني(B_2) والذي يمثل السلالة النقية الثانية B_2

للحصول على بذور $B_1 \times B_2$. ان بذور B_1 هي البذور المحسنة من B_2 التي تم تحويلها بالتضريب الرجعي مع الأب B_1، كما يتم انتاج الهجين الفردي $B_1 \times B_2$ في هذا الموسم.

الموسم التاسع: ان الهجين $B_1 \times B_2$ الذي استخدمت فيه سلالات مختلفة مشتقة من BC_3F_2 تقارن مع الهجين الفردي الأصلي $B_1 \times B_2$ وبعد المقارنة تؤخذ بذور السلالات التي تتوقف على أو تساوي في انتاجها الهجين الفردي الأصلي لتحل محل الأب B_1 لتستخدم في انتاج بذور الهجين الفردي أو غيرها.

يأتي التأكيد على التحسين التجميعي من خلال الانتخاب للجينات المتغلبة وذلك لأن التعبير عنها بعد كل جيل من أجيال التضريب الرجعي يكون واضحاً، اما الانتخاب للآليلات المنتخبة فانه يتطلب اختبار الذرية لمعرفة التراكيب الوراثية المرغوبة.

يمكن اجراء عدة تغييرات في هذا الاسلوب، منها التحكم بعدد اجيال التضريب بجعلها أقل أو أكثر من ثلاثة اجيال كذلك الانتخاب لتحسين الأداء في الصفات الزراعية والتماثل بين النباتات من خلال التحكم بعدد اجيال التلقيح الذاتي وجعلها اكثر من جيلين.

أهم المراجـــع

الراوي، خاشع محمود. 1992. طرق تربية وتحسين عباد الشمس، ورقة عمل المنظمة العربية للتنمية الزراعية المقدمة الى الندوة العربية الأولى حول البحث العلمي والتقني ودوره في انتاج وتحسين المحاصيل الزيتية مع التركيز على عباد الشمس، بغداد 15-16/ تشرين الثاني (نوفمبر) 1992، العراق.

الساهوكي، مدحت مجيد وحميد جلوب علي ومحمد غفار احمد. 1983. تربية وتحسين النبات، كلية الزراعة جامعة بغداد، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، مديرية مطابع جامعة الموصل 484 صفحة.

العذاري عدنان حسن. 1992. تربية المحاصيل الحقلية. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.

يوسف، ضياء بطرس. 1999 . تربية الذرة الفشار (الشامية) بالتهجين والانتخاب مجلة البحوث الزراعية العربية 3 (2) 176 – 189 .

- يوسف، ضياء بطرس وعبد الجاسم محيسن الجبوري ووجيه مزعل الراوي، 1992. تاثير حامض الجبرلين على خصوبة ازهار زهرة الشمس. المؤتمر العلمي الثامن لنقابة المهندسين الزراعيين للفترة 16-18 /تشرين الثاني 1992. بغداد، العراق.

- يوسف، ضياء بطرس، ونوئيل فرنسو جبو ورعد محمود سلمان. 1994. تدجين الأصول الأجنبية بالتربية والتهجين مع الأصول المحلية للذرة الصفراء الشامية تقرير داخلي، قسم النبات، مركز البحوث الزراعية والبايولوجية، دائرة الأبحاث العلمية، ص. ب. 765-بغداد.

- Enchva, J.; G. Georgiev; N. Nenova; D. Valkova; G. Georgiev; P. Peevska and V. Encheva. 2014. Application of classical methods of sunflower breeding program in Dobroudja Agricultural Institute General – Toshevo. 1 OzylSayi-1, 673-681.
https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/13310/160801

- Enns, H. D.; G. Dorell; J. A. Hoes; and W. O. Chubb. 1970. Sunflower research, A progress report. proc. 4th Int. Sunflower conf. 162-167. 23-25 june, 1970, Memphis, Tennessee.

- Fehr,W. R. 1987 "Principles of cultirar development" Vol.1,Theory and Technique, Macmillan.

- Gundacv, A. T. 1966. Prospects of selection in sunflower for heterosis. Sb. Rab. Mab MabMaslichn. Kult. 3.15-21.Transl. Indian. Natl. Sci. Documentation Center, New Delhi, 1969.

- Jenkins, M. T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. J.A. Soc. Agron. 26: 199-204.

- Kinman, M. L. 1970.New developments in the USDA and state experiment station of sunflower breeding programs. P. 181-183. In proc. 4thInt Sunflower conf.,Memphis, Tennesse.

- Leclercq, P. 1966 UneSterilte male utilisabe pour la production dihybrdes simple de tourneso. Ann. Amelior.Plant 16:135-144. Publ.Co.,NY,USA.PP.536.

- Leclercq, P. 1969 Unesterilitecytoplasmique chez le tournesol. Ann. Amelior. Plant 19:99-106.

- Leclercq, P. 1961 La Sterilite male Xytoplasmique du tournesol. I. Premieres etudes sur las res-auration de la fertilite. Ann. Amelior. Plant. 21:45-54.

- Misevic, D. 1989.Identification of inbred lines as asource new alleles. Crop Science 29(5)1120-1125.

- Richey, F. D. 1927. The convergent improvement of selfed lines of Corn. Am. Nat. 61:430-449.

- Stadler, L. J. 1945. Gamete selection in corn breeding Maize Genet. Coop. Newslcttcr. 19:33-40.

-Tuberosa, R. 1983. Inbreeding effects in a population of sunflower (*Heliannthus annuus* L.)-Genet. Agric. 37:411-420.

-Vranceanu, V. A. and F.S. Stoenescu. 1971. Pollen Fertility restorer gene from cultivated sunflower Helianthus annuus L. for improvement of elite maize single crosses. Crop Sci. 29:1120-1125.

- Yousif, D. P; A.A. M. AL-Jibouri; and W.M AL-Rawi: 1992. Estimates of general combining abilty in sun flower inbred and mutant .J. Islamic acad. Sci. 5: 305-308.

-Yousif, D. P. and A. Hussain. 2017. Developing Local F1 Hybrids of Sunflower by Extracting the Parental Lines of Introduced Commercial Exotic Hybrids. Agri Res & Tech: Open Access J. 5(2): 555658. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.04.555658 008

الفصل الرابع عشر

العقم في النبات Sterility in Plant

يقصد بالعقم بالمفهوم العام، بانه حالة عدم القدرة على التكاثر والانتاج وفي النبات، فالعقم النباتي حالة يكون فيها عدم تكوين البذور راجعاً الى عدة أسباب قد تكون غير وراثية متعلقة ببيئة وفسيولوجيا النبات أو وراثية مرتبطة بالتركيب الوراثي للنبات. على الرغم من ان ظاهرة العقم النباتي قد اصبحت حالة مألوفة وكثيرة الحدوث في نباتات المحاصيل والفاكهة، إلا ان الأسباب او التفسيرات الموضوعة لذلك لازالت غير مكتملة، فحالات العقم غير الوراثية الناتجة عن تأثيرات خارجية غير ملائمة "التأثيرات البيئية" كهطول الامطار والصقيع أثناء فترة التزهير الكامل أو حتى عندما تكون الأزهار مغلقة قد يؤدي الى قلة أو اعاقة حدوث التلقيح بالإضافة الى غسل المياسم أو حبوب اللقاح، قد تحدث عملية البلزمة لحبوب اللقاح وبالتالي التأثير السلبي على عملية التلقيح والإخصاب. ان هبوب رياح شديدة يؤدي الى خفض امكانية التلقيح نتيجة التأثير على حيوية حبوب اللقاح وجفافها. أما درجة الحرارة فهي عاملاً آخراً مهماً من العوامل التي لها دوراً فاعلاً في الحفاظ على حيوية حبوب اللقاح وعملية الاخصاب أثناء فترة التزهير، فقد وجد ان ارتفاع درجة الحرارة الى الحدود التي تقع فوق درجة الحرارة المثلى للنبات تؤدي الى حالة عدم أو قلة حدوث الاخصاب بسبب انخفاض أو فقدان حبوب اللقاح لحيويتها، وهذا ما يجعلنا أو يقودنا الى التفكير ملياً في اختيار مواعيد الزراعة المثلى بالاضافة الى اختيار المحاصيل ذات درجة النضج المناسبة لزراعتها ضمن منطقة ذات ظروف كما في زراعة الكثير من المحاصيل المعروفة كالذرة الصفراء وعباد الشمس ومحاصيل العلف خلطية التلقيح، ونفس الحال بالنسبة لانخفاض درجات الحرارة.

قد تكون الظروف الفسيولوجية المتعلقة بتغذية النبات سبباً آخر لحدوث العقم غير الوراثي، فمثلاً يتطلب تكوين الأزهار وتطويرها كمية من المواد النتروجينية والكربوهيدراتية والتي تكون مخزونة في السيقان والأفرع والأغصان، ليتم سحبها الى مواقع الخزن كالبذور أو الثمار أو غيرها Sink and source، اذ إن نقص هذه المواد له تأثير سلبي على انبات حبوب اللقاح وربما يحدث اجهاضاً للورقة بالإضافة الى انه يؤدي الى تساقط الازهار والثمار العاقدة حديثة

التكوين وقد يحدث ضعف أو انخفاض انبات حبوب اللقاح نتيجة الرش بمبيدات الحشرات أو الأمراض أثناء فترة التزهير (Blumwald، 2010).

أما الاسباب الوراثية للعقم، فإنها ترجع الى عدم قدرة حبوب اللقاح أو البويضة القيام بوظيفتها في عملية الاخصاب، وهذا يرجع الى وجود نقص ما في تكوينها، اذ غالباً ما يحدث العقم نتيجة التزاوج بين اجناس وانواع مختلفة لكون كروموسومات كلا الجنسين أو النوعين مختلفة التركيب الجيني أو الجينوم لكل منهما، ولا يحدث الاقتران أو الازدواج paring في الانقسام الاختزالي وبالتالي تكوين جنين بحالة غير طبيعية، ويكون هذا الناتج عقيماً ولا يكون نسل جديد او قد يعود العقم الى تشوه الاسدية او القلم نتيجة تلف حبوب اللقاح أو ضمور البويضات او اجهاضها.

ان التطور العلمي الهائل في العلوم البايولوجيه وخصوصاً بعد اكتشاف قوانين مندل في الوراثة ومعرفة الموديل الجزيئي للحامض النووي الدي اوكسي رايبوزي (DNA) من قبل واتسون وكريك (1953)، حمل الكثير من العلماء والباحثين ومربي النبات على التفكير بجدية في تحديد اسباب العقم في النبات وتغييره وامكانية الاستفادة من هذه الصفة البايولوجية في برامج تربية وتحسين النبات، وخصوصاً بعد ان قدم Shull (1909) مقترحاته بشأن انتاج السلالات النقية وانتاج هجن الذرة الصفراء للحصول على قوة الهجين Hybrid vigor. نظراً لما تحتاج عمليات انتاج الهجن من تكاليف وجهود، فقد ازداد الاهتمام ببرامج تربية السلالات العقيمة ذكرياً للتخلص من مشاكل ازالة أو قص النورات الذكرية detasseling والتكاليف الكبيرة التي تتطلبها (Jugenhiemer، 1979). يتطلب قص النورات الذكرية لعدد هائل من النباتات في الولايات المتحدة الأمريكية لإنتاج الهجن المئات من العمال المؤقتين بالاضافة الى مشاكل الفحص الدوري وتفتيش وتصديق الحقول. تطلب انتاج الهجن سنة 1951 بالطريقة التقليدية "ازالة النورات الذكرية للنبات الأم يدوياً" في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 10 ملايين دولار كما وقدر Newlin (1971) تكاليف ازالة النورات في حقل مساحة 1 أيكر (4000 م^2) مزروع بالنباتات التي يراد تأنيثها لتبقى حاملة للعرنوص فقط بما يعادل 75 دولار في سنة 1971.

شهدت السنوات القليلة الماضية تقنيات حديثة شجعت ذوي الاختصاص للدخول الى هذا المسلك العلمي والتوصل الى مصادر وراثية وتغايرات جديدة تساعد في زيادة الحاصل والصفات الأخرى كماً ونوعاً.

يجب ان يكون ان مربي النبات على اطلاع ومعرفة تامة في حقل الاختصاص ليتسنى له تحديد نوع المادة النباتية وطبيعتها وسلوكها وانظمتها الأخرى، ليستطيع تحديد نوع العقم النباتي واسبابه وكيفية التعامل معه. قد يكون العقم ناتجاً عن اسباب وراثية أو بيئية أو قد يعود الى حالة عدم التوافق Incompatibility تبعاً لطبيعة التلقيح ونظامه وميكانيكياته الأخرى كما ان العقم في نباتات ذاتية التلقيح يختلف عنه في نباتات خلطية التلقيح، وقد تم تشخيص أو تسجيل العقم الذكري السايتوبلازمي في 80 نوع نباتي و 25 جنس و 6 عوائل نباتية (Edwardson 1970).

يتوجب معرفة ماهية التلقيح في النبات والعوامل المساعدة وبعض الأمور الاخرى التي لها دوراً مهماً في حدوثه، ولو بشكل مبسط ومختصر. ان تصنيف النباتات حسب طبيعة التلقيح الذاتي أو الخلطي ليست سهله، فالكثير من النباتات التي تم تصنيفها على انها ذاتية التلقيح، وقد يحدث بها نسبة متفارتة من التلقيح الخلطي، وكذا الحال بالنسبة لنباتات خلطية التلقيح حيث تتراوح هذه النسبة من صفر الى 100% في حصول زهرة الشمس (Tuberosa، 1983). وجد في نبات القطن الذي هو محصول ذاتي التلقيح ان هذه النسبة قد تصل الى 50%.

يبقى التصنيف الوراثي لنباتات المحاصيل والفاكهة والخضر فيما اذا كانت ذاتية أو خلطية التلقيح معتمداً بدرجة اساسية على التربية الداخلية Inbreeding، اذ ان تربية أو اكثار المحاصيل خلطية التلقيح بالتلقيح الذاتي لعدة اجيال "6-5" سيؤدي الى انخفاض كمية الحاصل ونسبة الخصوبة وطبيعة ومظهر النبات الذي يبدو ضعيفاً وغير طبيعياً كما في نباتات الذرة الصفراء وزهرة الشمس وغيرها. أما محاصيل ذاتية التلقيح فان عمليات التربية الداخلية فيها لا تؤثر بشكل كبير لهذا العدد من الاجيال.

يتحكم بهذه الاختلافات بين النباتات، والتي هي بالحقيقة ظاهرة فسيولوجية، عدد كبير من العوامل يمكن تسميتها بظاهرة عدم التوافق، إذ يجب معرفة ان معدل نمو الأنبوبة اللقاحية محكوم بسلسلة من الأليلات فتختلف النباتات مظهرياً بما يلي:

قصر القلم، وقد ترتفع الخيوط بشكل غير اعتيادي.

طول القلم، بحيث لايتوافق مع شكل الاسدية ووضعها أو هيئتها كما في صنف الخوخ Tulip وصنف التفاح Delicious لدرجة ان حشرات النحل تأخذ الرحيق واللقاح دون ان تلامس المياسم.

بينما تكون النباتات المتماثلة مظهرياً معتمدةً على طبيعة النظام النباتي او على طبيعة الامشاج الذكرية، بينما يعتمد النظام النباتي كلياً على طبيعة التركيب الوراثي لكل من الأبوين أي جين واحد له عدة اليلات، وهنا يمكن تقسيم حالة عدم التوافق لمثل هذه الحالة الى ثلاثة اقسام رئيسية:

لايوجد أي توافق بين حبوب اللقاح والبويضة وهو عدم التوافق الكلي.

قد تكون بعض حبوب اللقاح أو حتى نصفها غير متوافق مع البويضات.

جميع حبوب اللقاح لها القدرة على التوافق مع الأمشاج الأنثوية بحيث يحدث الاخصاب.

أنواع العقـم ومميزاتـه

يكون العقم في النبات بصورة عامة اما ذكرياً Male Sterility أو انثوياً Female Sterility وهذا الاخير لاتزال المعلومات المتوفرة حوله قليلة وحديثة بحيث لم يتسنى للباحثين دراسته بصورة دقيقة وموسعة. اما العقم الذكري فيمكن تعريفه بعدم قدرة النبات على تكوين الاعضاء الذكريه أو عدم اكتمال تكوينها بدرجة كافية لتقوم بوظائفها. ربما يعود العقم الذكري عدم تكوين حبوب اللقاح. كما في بعض اصناف الخوخ مثل Avora و Hale و Kandoka و Elberta، حيث ان الازهار لا تنتج حبوب لقاح على الرغم من وجود الأسدية والأكياس اللقاحية كما توجد نفس الظاهرة في بعض اصناف الآجاص مثل Golden و Kabot وبعض اصناف الكستناء، حيث يميل النسيج الجرثومي نحو الاضمحلال المبكر. أو انها تتكون ولكنها ضعيفة الحيوية بحيث لا تستطيع القيام بعملية الاخصاب. ذكر البدري (1988) بان العقم الذكري في بعض سلالات الطماطة يتصف بما يلي:

العقم الذكري الوظيفي Functional male sterility أو (fms) وفيه تتكون حبوب اللقاح بصورة كاملة وتكون خصبة، ولكن المتك يبقى فيها مغلقاً ولا ينفتح مما يؤدي الى عدم خروج حبوب اللقاح وانتشارها لكي يحدث التلقيح، وبالتالي يكون النبات عقيماً من جهة الأب ولكنه يحمل اعضاء التأنيث.

العقم الذكري الحقيقي Actual male sterility أو (ams) وفي هذه الحالة تكون الأسدية والمتك ضامرة أو ضعيفة وغير قادرة على تكوين حبوب لقاح نشطة وخصبة، وهذه الحالة من العقم ترجع الى خلل ما في التركيب الوراثي للنبات.

العقم الذكري الموضعي Positional male sterility أو (pms) وفيه، وكما ذكرنا سابقاً، تكون المتوك اقصر من المياسم بحيث تتكون حبوب اللقاح ولا يحدث التلقيح بسبب صعوبة انتقالها حتى عند زيارة النحل اليها لأخذ الرحيق، اذ لا تلتصق حبوب اللقاح بجسم النحلة بل تبقى في محلها حتى تفقد حيويتها وتموت دون ان تؤدي اي دور في عملية التلقيح والتكاثر.

ان حبة اللقاح تكون طبيعية، ولكن ثمة خلل في عملية انتاج المتك لإطلاق حبوب اللقاح، أي ان المتك ينفتح ولكن بصورة متأخرة بحيث تفقد حبوب القاح حيويتها، وضمورها أو حتى اختزال اعضاء التذكير في النبات كلياً. يعد ذلك نتيجة:

– التداخل بين الجينات والسايتوبلازم أو بسبب السايتوبلازم فقط "التأثير السايتوبلازمي Cytoplasmic effect".

– استخدام عوامل الاشعاع أو بعض المواد الكيميائية كمنظمات النمو مثل GA3حامض الجبريلين.

– العقم الكروموسومي Chromosomal sterility بسبب اختلاف طبيعة الكروموسومات الأبوية أو اختلاف عددها إذ تختلف الانواع النباتية في عدد الكروموسومات أو الجينوم، فيؤدي الى فشل الانقسام الميوزي. تتم المعاملة عادة بمادة الكولشيسين للحصول على نوع جديد Alloploid.

يستنتج ان كل حالة من الحالات المذكورة تمثل عقماً ذكرياً له مميزاته الخاصة به، اذ يعود معظمها الى التركيب الوراثي للكائن الحي، أو نتيجة تأثير عوامل معينة على التركيب الوراثي لتمنحه صفة معينة.

أ. العقم الذكري الوراثي Genetic Male Sterility

يرجع العقم الذكري الوراثي الى تأثير الجين الذي يكون اما متفوقاً أو متنحياً، إذ استخدم العقم الذكري الوراثي المتنحي بشكل واسع في برامج الانتخاب التكراري في انواع المحاصيل ذاتية التلقيح. أما العقم الذكري الوراثي المتفوق فانه غير شائع وغير واسع الاستخدام، وقد وجد ضعف في النباتات المنتخبة في العائلة النباتية في برامج العقم الذكري الوراثي المتفوق مقارنة ببرامج العقم الذكري الوراثي المتنحي (Knpp وCox، 1988). لوحظت هذه الحالة في الكثير من محاصيل الخضر كالطماطة والبطاطا والشعير والفاصوليا والبنجر السكري.

ان اكثار مثل هذه النباتات يحتاج الى طريقة خاصة يمكن المحافظة عليها باستمرار عن طريق تهجين آباء عقيمة ذكرياً "امهات" مع آباء خصبة ذكرياً "تمثل الأب الحامل لحبوب اللقاح" وإن النبات الأم له تركيب وراثيmsms أما الأب فيجب ان يحمل جينات الخصوبة لكي يعطي حبوب اللقاح وبالتالي فان تركيبه الوراثي غير متماثل أي Msms. يكون الجيل الناتج من عملية التلقيح 50% منه نباتات عقيمة ذكرياً، وراثياً و50% المتبقية تمثل نباتات خصبة ذكرياً. ربما تمثل هذه الحالة صفة جيدة من اجل استمرار استخدام البذور التي تمثل العقم الذكري الوراثي الى جانب البذور الخصبة وراثياً والتي تمثل الآباء التي تعطي حبوب اللقاح في انتاج بذور الهجن لمختلف نباتات المحاصيل. إن المشكلة الرئيسة التي تواجهنا هي مشكلة تمييز البذور التي ستعطي نباتات عقيمة ذكرياً من البذور التي ستعطي نباتات خصبة ذكرياً وهنا كان لابد من زراعتها وصولاً الى مرحلة الأزهار، لكي يتسنى لنا فحص الأعضاء الجنسية. ان القيام بمثل هذه الفحوصات عملية مضنية ومجهدة وتحتاج الى دقة في العمل، كما انها مكلفة من الناحية التطبيقية. اذاً لابد من اجراءات وراثية معينة يمكن فيها الاستغناء عن زراعة البذور أو فحص تركيبها الوراثي، وذلك بارتباطها بشدة بصفة مورفولوجية اخرى واضحة ومحكومة من قبل جين آخر يظهر تأثيره على النباتات مبكراً قبل تكوين الأزهار، وهو مايسمى بالـ Marker Gene.

يعد هذا النوع من العقم قليل الاستخدام قياساً بالأنواع الأخرى، لاحظ الشكل (14-1) وفي المخطط ادناه يمكن توضيح انتاج هجين (F_1) بواسطة العقم الذكري الوراثي.

ب. العقم الذكري الوراثي- السايتوبلازمي

Cytoplasmic Genetic Male Sterility

يعتمد هذا النوع من العقم على التفاعل بين جين معين أو مجموعة من الجينات مع سايتوبلازم معين، بحيث ان الجين أو الجينات لوحدها أو السايتوبلازم لوحده لا يتمكن من احداث العقم. بين Jones و Davis (عن الساهوكي واخرون، 1983) هذه الحالة في انتاج البصل الهجين، اذ ان الجيل الأول (F_1) نتج من تزاوج نبات عقيم استخدم كأم وآخر خصب كأب، والتركيب الوراثي للهجين سوف يكون أما خصب ذكرياً أو عقيم ذكرياً.

يختلف هذا النوع من العقم عن العقم السايتوبلازمي كون الذرية الناتجة من النباتات العقيمة ذكرياً قد تكون خصبة أو عقيمة ذكرياً حسب نوع الذكر المستعمل في التلقيح. وجدت بعض السلالات الحاملة لجينات الخصوبة، وبذا يمكن تحويل العقم السايتوبلازمي الى عقم وراثي - سايتوبلازمي بمجرد الحصول على سلالة حاوية على جين تجديد الخصوبة Pollen restorer gene، بينما العوامل السايتوبلازمية التي تؤثر على العقم الذكري فانها موجودة داخل السايتوبلازم وقد اطلق عليها مصطلح جينات البلازما Plasma gene.

ج. العقم الذكري السايتوبلازمي Cytoplasmic Male Sterility

يعتمد هذا النوع من العقم على السايتوبلازم فقط، وأول من وصفه Rhoads (1951,1933,1931) في الذرة الصفراء. يشابه الى حد ما الحالة الخاصة بتداخل العوامل الوراثية مع السايتوبلازم باستثناء الجينات المجددة للخصوبة فهي غير موجودة. ان اكثار هذا النوع من العقم سهل ويمكن ابقاء السلالات عقيمة دائماً باعتبار ان السايتوبلازم ينقل عن طريق الأم.

استحدث العقم الذكري السايتوبلازمي عن طريق فعالية جين الكلوروفيل iojap عندما تم نقل أليل الكلوروفيل iojap من النوع البري ليحل محل جين الـ iojap في النوع المنزرع. يذكر Edwardson (1970) بان مصادر العقم الذكري السايتوبلازمي ربما تكون نتيجة:

التهجين بين الاجناس Inter gencric

التهجين بين الانواع Inter specific

التهجينات المتباعدة Intra specific

لنباتات ذاتية التلقيح ميكانيكية واضحة في عملية التلقيح فتجعلها ذاتية التلقيح ولا تسمح بحدوث التلقيح الخلطي الإ بنسبة قليلة جداً.

يمكن اضافة استحداث العقم باستخدام المطفر الكيميائي ايثيل مثيل سلفونات (EMS) Ethyl Methyl Salphonate في الذرة الصفراء (Briggs، 1971)، كما وجد حديثاً ان الستربتومايسينStreplomycin يستطيع القيام بانتاج العقم الذكري السايتوبلازمي. تضمنت طريقة Briggs (1971) في استحداث وعزل العقم الذكري السايتوبلازمي بواسطة الـ EMS ما يأتي:

تتم معاملة النباتات بالمطفر الكيميائي EMS، ثم تزرع البذور المعاملة وعندما تصل النباتات الى مرحلة الازهار يتم عزلها ومنع حدوث التلقيح الخلطي فيها في الجيل الأول أو قد تتم زراعتها في حقول معزولة، وفي الجيل التالي تزرع البذور التي يتم تلقيحها ذاتياً Selfing بطريقة العرنوص – سطر والنباتات العقيمة في هذا النسل يجب ان تلقح مع السلالات الأبوية غير المعاملة، وتزرع في الجيل اللاحق. تكون اي مادة وراثية عقيمة في هذا الجيل، وتلقح ثانيةً مع السلالة الأبوية غير المعاملة. أما اذا كان النسل كله عقيماً، فإن هذا العقم سوف يرجع الى السايتوبلازم.

تفسير الطريقة المتبعة من قبل Briggs (1971)

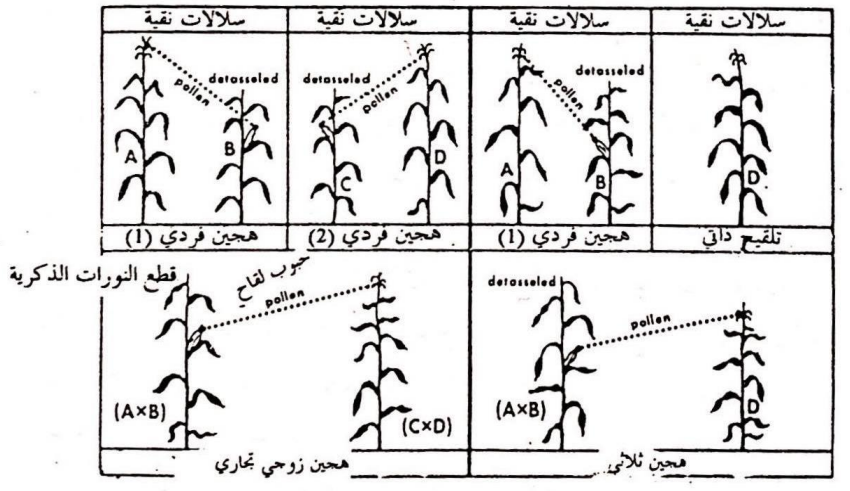
تكون النباتات التي تم الحصول عليها بعد التلقيح الذاتي الأول عقيمة بسبب الجين المتنحي أو السائد أو بسبب العوامل السايتوبلازمية.

تكون النباتات عقيمة ولا يحدث بها انعزال في الجيل اللاحق بسبب العامل السايتوبلازمي.

توثيقاً للحقائق، فانه لا وجود لاستحداث العقم السايتوبلازمي في النباتات بواسطة EMS في هذا العمل، وقد يعود فشل تعيين العقم الذكري السايتوبلازمي في النباتات المعاملة الى صغر مجتمع الدراسة نسبياً، كما وان ظهور العقم الذكري السايتوبزمي يكون بتكرار قليل نسبياً، أي يظهر عدد قليل من النباتات العقيمة ذكرياً في المجتمع النباتي قياساً الى حجم المجتمع الكلي. يذكر Briggs (1971) بأنه بعد تلقيح النباتات العقيمة مع السلالة الأبوية غير المعاملة بالـ EMS اصبحت النباتات خصبة في الجيل اللاحق، وهذا مؤشر آخر بان الجين المتنحي للعقم الذكري هو الذي سبب حالة العقم. تم استخدام بعض المواد الكيميائية غير المطفرة في مثل هذه الدراسات ومنها فينيل ايثيل الكحول Phenyl ethyl alcohol

وبروميد الايثيديوم Ethidium bromide وحامض الناليديكسك Nalidixic وبعض المضادات الحيوية، مثلما استخدمت الاشعة فوق البنفسجية ايضاً في عمليات احداث العقم.

إن اشهر انواع العقم الذكري السايتوبلازمي المستعمل تجارياً في انتاج هجين الذرة الصفراء هو النوع المسمى تكساس Texas type والذي اكتشف في صنف الذرة الصفراء المسمى Mexican June، اذ دخل كنبات أم حامل للعرنوص. باكتشاف العقم الذكري انتشرت في امريكا زراعة الذرة الصفراء الهجينة الحاملة لجينات العقم الذكري وبالتالي انتشرت منها الى مناطق العالم المختلفة، (الشكل، 14–1).



شكل (14–1) الإنتاج التجاري للهجن الفردية، الثلاثية والزوجية بالطريقة التقليدية والتي تعتمد على قطع النورات

تختلف قوة أو قدرة العقم الذكري تبعاً لأختلاف الهجن، إذ تنشر بعض الهجن لقاحاً أقل مما لو تم الحصول على هذه الهجن بالطرق الاعتيادية. ربما يحصل المنتجين على بذور من النباتات العقيمة ذكرياً، ربما اكثر قليلاً من النباتات التي لا تُزال نوراتها الذكرية، حيث ان ازالة النورات غالباً ما يقلل الحاصل. ذكر Dungan و Woodworth (1939) انخفاض في الحاصل بما يعادل 8 و 15 و 18 و 29%، وعلى التوالي من سحب 1 و 2 و 3 و 4 اوراق من كل نبات. كما ان ازالة النورات الذكرية غالباً ما يؤدي الى أو يزيد من الاصابه بالتفحم Smut من نوع *Ustilago maydis*، وهذا من شانه تقليل كل من نوعية وكمية

حاصل الحبوب. اما ازالة النورة الذكرية دون ازالة الاوراق فيؤدي الى زيادة الحاصل بمقدار 1% اكثر من حاصل النباتات غير مزالة النورات الذكرية.

اصبح من الواضح، ان استخدام العقم الذكري يعني التخلص من متطلبات قص النورة الذكرية بالاضافة الى التخلص من مشكلة الاصابة الفطرية أو المرضية أو تقليل كمية الحاصل الى جانب الدمج بين الطريقة الكلاسيكية القديمة بقص النورة والتقنية الحديثة لانتاج حبوب لقاح كفوءة في حقل المزارع. استخدم الكثير من الباحثين جينات اعادة الخصوبة Fertility restoring genes لازالة الاشكالات المتعلقة بنقل صفة العقم الذكري وتجديد خصوبة حبوب اللقاح من سلالة الى اخرى، والتي فيها الكثير من الصعوبة، وتتطلب تقنية عالية Banmon (1951).

قد ينقل مع صفة العقم الذكري وتجديد اللقاح جينات اخرى تؤثر على الصفات المرغوبة، وان سلوك السلالة قد يتحسن أو يسوء، ويصبح لزاماً ان يكون ادخال صفة العقم المعقدة الى السلالة غير مؤثر في الصفات الأخرى او لا يؤدي الى تغييرها على الأقل. إن متطلبات تصديق بذور الهجن الناتجة عن استخدام آباء عقيمة ذكرياً قد نوقشت من قبل Scott (1952). يذكر Jugenhiemer (1976) بان اطوار العقم الذكري السايتوبلازمي المختلفه قد درست من قبل Josephson و Jenkins (1948) و Gabelman (1949) و Schwarts (1951) و Leng و Bauman (1955) و Everett (1960).

للاستفاضة من هذا الموضوع، لابد من العوده الى Duvick (1958 و 1959) و Everett (1960) و Chinwuba وآخرون (1961) و Key وآخرون (1961) و Josephson و Duvick (1966) و Kincer (1962) و Grogan وآخرون (1965) و Sanford وآخرون (1966) و Shumway وآخرون (1966) و Hunter و Bianchi (1968) و Gamble (1968) و Sprague وآخرون (1968) و Scheifele وآخرون (1970) و Heslop-Harrison (1971) و Liparteliani و Isakov (1971) و Djinkikhadze (1971) و Sarvella وآخرون(1971) و Smith وآخرون (1971) و Harvey وآخرون (1972).

عيوب العقم الذكري السايتوبلازمي

ادى اكتشاف العقم الذكري السايتوبلازمي وتطبيقاته العملية في مجال انتاج بذور الهجن وخصوصاً في الذرة الصفراء في امريكا وانتشارها في بلدان العالم المتقدمة الى حدوث نوع من التماثل الوراثي لأصناف الذرة الصفراء المزروعة وكذلك بالنسبة لبعض المحاصيل الأخرى. هذا التماثل يؤشر ضيق في الاساس الوراثي للمحصول، فادى الى حدوث أول كارثة وراثية Genetic disaster في التاريخ الحديث عام 1970 عندما تعرضت الذرة الصفراء الهجينة الحاملة للعقم الذكري السايتوبلازمي نوع T–cms لمرض اللفحة الصفراء في الاوراق والمتسببة عن الفطرين *Helminthosporium maydis* و *Helminthosporium turcicum* فسببا القضاء تماماً على الذرة الصفراء الهجينة الحاملة للعقم الذكري السايتوبلازمي في الولايات المتحدة الأمريكية. اعتبرت هذه الكارثة من اكبر الكوارث الوراثية التي نتج عنها خسارة اقتصادية جسيمة، إذ هوجمت كل حقول الذرة الصفراء في عموم الولايات المتحدة الأمريكية بسبب تماثلها الوراثي Genetic Uniformity، والذي يعني في الحقيقة وجود زراعة متطورة وهذا ما أكده وجود زراعة متطورة تعني وجود ضيق في المصادر الوراثية أو ما يسمى بالتماثل الوراثي. قد يعود السبب الى ان مربي النبات قد اقتصر عملهم على مجموعة قليلة من المصادر الوراثية لذلك المحصول. على الرغم من وجود هذه النقاوة الوراثية وهذا التماثل الوراثي الذي يعني الكثير من النواحي الاقتصادية والزراعية والتصنيعية، حيث الحقول المتجانسة، وعمليات خدمة المحصول متشابهة، فضلاً عن تجانس موعد النضج والحصاد.

ذكر Wade (1972) بان مرض اللفحة لم يترك حقلاً واحداً الا وهاجمه والسبب هو التماثل الوراثي للأصناف المستخدمة في انتاج الهجن، وان جميع أو اغلب الذرة الهجينة آنذاك تحمل العقم الذكري السايتوبلازمي الذي اصبح حساساً لهذا المرض، على الرغم من ان المسبب المرضي موجوداً ومعروفاً في امريكا منذ زمن طويل ولم يكن له أي تأثير على الذرة الصفراء، ولكن الظروف الملائمة في عام 1970 ساعدت على انتشار هذا المرض. حذرت معظم المنظمات الدولية، ومنها مجلس البحوث العالمي National Research Council (NCR) والاكاديمية العالمية للعلوم National Academy of Sciences ومنظمة الغذاء والزراعة الدولية Food and Agriculture Organization (FAO) من اعتماد التماثل الوراثي في الزراعة، أي زراعة صنف واحد في منطقة معينة أو بلد باكملها. تركت الكثير من

شركات انتاج الهجن سلالات العقم الذكري وعادت الى الطريقة التقليدية بازالة النورة الذكرية يدوياً على الرغم من التكاليف الباهظة التي يتطلبها.

التربية للجينات المجددة للخصوبة الذكرية

يمكن تجديد الخصوبة في الهجن الزوجية Double cross hybrid فيما إذا كانت احدى أو كلا السلالتين للأب العقيم حاوية على الجينات المجددة للخصوبة الذكرية. يذكر Jugenhiemer (1976) بان التربية لأجل تجديد اللقاح الذكري قد نوقشت ووضحت من قبل Rogers (1954) وEdwardson (1955) و Duvick (1956) وBriggle (1957) وBlickenstaff وآخرون (1958) وStrainng Field (1958 a, 1958 b) و (1961) Brooks وDuvick وآخرون (1961) وKohel وRichmond (1963) وNobel و(1963) Russell وGrogan وSarvella (1965) وRussell وSanchez Marquez (1966) و Alyev (1971) وBarrons (1971) وGrogan وآخرون (1971) و Vakhrusheva (1971).

أوضح Eckhardt (1953 و1954) إمكانية نقل الجينات المجددة للخصوبة الى السلالات النقية غير مجددة الخصوبة بالتهجين الرجعي. ان المادة الأساس في هجين الجيل الأول الناتج من تهجين مصدر العقم الذكري السايتوبلازمي ومصدر تجديد الخصوبة، هو الجيل الذي يكون خصباً وبنفس الوقت يحمل العقم الذكري السايتوبلازمي، ويستخدم كأب انثوي Female parant في التهجين مع السلالة التي تحمل عوامل تجديد الخصوبة، بينما التهجين الرجعي يكون باستخدام مصدر العقم الذكري السايتوبلازمي المنعزل كأم، وتستخدم السلالة كأب تكراري. بعد الاكتفاء من التهجين الرجعي تكون:

يمكن ان تلقح الانعزالات الخصبة ذاتياً، وتنتخب السلالة الخصبة المتماثلة التركيب الوراثي، فتسمى سلالة نقية حاملة لعوامل تجديد الخصوبة المضافة Inbred line with restorer factors added.

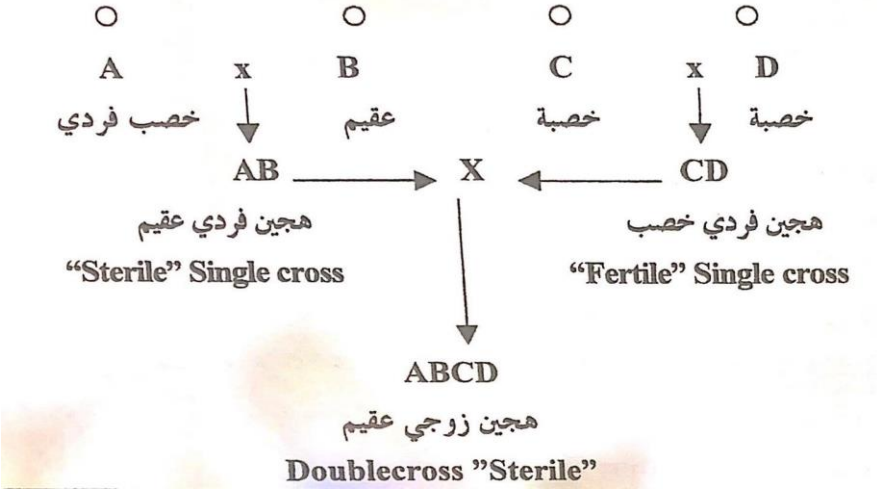
يمكن تلقيح الانعزالات العقيمة ثانية مع السلالة، وهذه تسمى سلالة نقية عقيمة ذكرياً. قام Beckett (1971) بعمل تهجين رجعي لـ 30 سلالة مع سلسلة من السلالات النقية العقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً في الذرة الصفراء ووجد بان كل سايتوبلازم قد اعطى نباتات العقم الذكري

في السلالات التي لها أسس موثوقة أو معينة بالاضافة الى انها اعطت نباتات خصبة كلياً أو جزئياً في أسس اخرى. وعليه، قسم السايتوبلازم الى مجاميع تبعاً لمظاهر تجديد الخصوبة التي شاهدها، وكل مجموعة تبدو وكأنها متكونة من سايتوبلازم متشابه إذا لم يكن متطابق أو متماثل، وصنفت المجاميع الرئيسة الى مجموعة تكساس (مجموعة T) Texas group ومجموعة S ومجموعة C أما مجموعة P فانها تندرج أو تعود لمجموعة تكساس لكنها قد تتميز عنها في بعض الجوانب، ولم يشر لها Beckett (1971)، بل حدد الاستمرار الوراثي وبقائه في مجموعة C السايتوبلازمية بالرمز CMS3، وان نسل لفحة الاوراق الصفراء من نسل *Helminthosporium maydis* T واما لفحة الاوراق الصفراء (*Phyllositicta maydis*) فقد اهمل استخدامها فعلياً في امهات الهجن Femals ذات العقم السايتوبلازمي من نوع T.

اعتقد Duvick (1972a) بان مجاميع العقم السايتوبلازمي من نوع S وC هي Hسلم استخداماً على الاقل بكميات محدودة عند اندماجها، مع الأخذ بنظر الاعتبار ان الاساس السايتوبلازمي الضيق ربما يكون محدداً جداً. يمكن تفصيل العقم الذكري السايتوبلازمي تبعاً للسلالات الحاملة للعقم الذكري السايتوبلازمي أو جينات تجديد الخصوبة وحسب الحالات التالية:

أ. سلالة واحدة عقيمة ذكرياً وبدون جينات الخصوبة

لتكن السلالة B هي الوحيدة الحاملة للعقم الذكري والسلالات A وC وD خصبة ذكرياً، فان الهجن الفردية والهجن الزوجية ستكون كما يأتي:

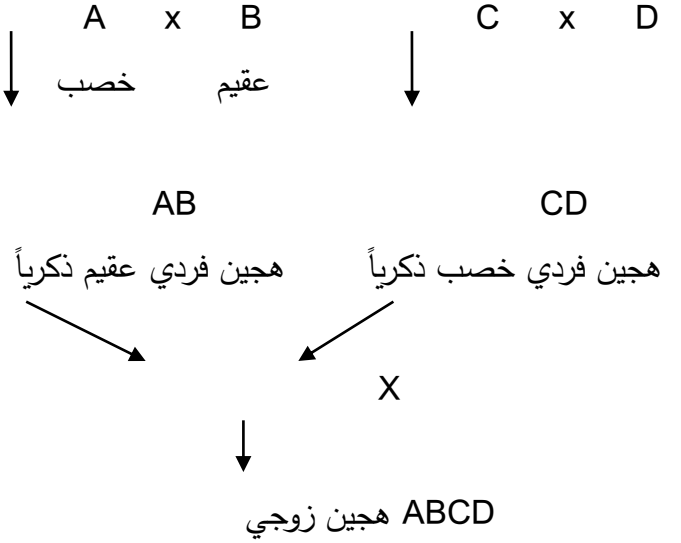


الشكل (14-2) انتاج الهجين الزوجي العقيم

يلاحظ من اعلاه، ان الهجن الزوجي العقيم ذكرياً بسبب عدم وجود جينات اعادة الخصوبة في أي من السلالات الأربع المكونة لهذا الهجين المزدوج، لذا فان خلط بذور هذا الهجين العقيم مع بذور هجين زوجي له نفس التركيب الوراثي ABCD، ولكن هذه السلالات الاربع خصبة ذكرياً، فإن زراعة الهجن الزوجية، تتم بنسبة 3:1 أو بنسبة 2:1 بذور خصبة : بذور عقيمة، وبشكل خطوط أو مروز وبذلك فان الخط أو المرز الواحد من الهجين الزوجي الخصب الذي يحمل النورات الذكرية الواهبة لحبوب اللقاح يكون كافياً لإعطاء عدد كاف من حبوب اللقاح لتلقيح خطين أو ثلاثة من الخطوط العقيمة ذكرياً، غير ان الزراعة بهذا النمط لدى الفلاح البسيط تشكل نوعاً من التعقيد أو تمثل اسلوباً غير معتاد عليه، وبذلك فانه يلجأ الى طرق اخرى لإنتاج بذور الهجن الزوجية.

ب. سلالة واحدة عقيمة ذكرياً مع سلالة او سلالتين تحوي جينات الخصوبه

إذا كان هناك سلالة واحدة مثل B عقيمة ذكرياً و C أو D أو كلاهما يحملان جينات الخصوبة فيحدث ما يأتي:



وبما ان السلالة C و D أو كليهما تحمل جينات الخصوبة، فان بذور الهجين الزوجي ABCD يكون نصفها خصب ذكرياً وهي تمثل 50% من البذور الكلية، ويجب عدم خلطها مع النصف الثاني من البذور التي تحتوي على حبوب لقاح فعالة:

AB x CD

يحمل جينات اعادة الخصوبه ↓ عقيمه ذكرياً

ABCD %100

جميع البذور الهجينة سوف تعطي نباتات خصبة ذكرياً 100%.

ت. سلالتان عقيمتان ذكرياً وسلالة واحدة تحوي جينات الخصوبة

ولتكن السلالتين B و D عقيمة ذكرياً والسلالة C تحوي جينات الخصوبة:

A x B C x D

اب عقيم ام خصب ذكرياً اب خصب ام عقيمه ذكرياً

ذكرياً CD ذكرياً AB

Single cross Single cross

X

ABCD هجين زوجي... 50 % من البذور تعطي نباتات خصبة ذكرياً

الأنظمة الكروموسومية "الكروموسوموجينية" Chromosomal– Genic System

اوضح Duvick (1976) الأنظمة الكرموسومية الجينية بما يأتي:

الأنواع المحددة من الكروموسومات المتغيرة Altered chromosomes، اي وجود الكروموسومات التي تعطي صفات متغيرة، وهي صفات بسيطة يمكن اهمالها، حيث لا تتوارث طبيعياً من حبوب اللقاح، أي انها تجهض حبوب اللقاح الحاملة لها، ولكنها تتوارث من خلال البيضة.

ترتبط منطقة الكسر في الكروموسوم المتغير بسهولة مع المواقع الجينية للعقم الذكري، ويمكن تطوير هذه السلالات الحاوية على هذه المواقع فتعطي نباتات ذات انسال عقيمة ذكرياً 100%. عند تلقيح السلالات الحاوية على هذه المواقع بنبات ذو عقم ذكري وراثي (msms) تكون السلالات التي بهذه الصفات مختلفة التركيب الوراثي heterozygous بالنسبة لجين العقم الذكري المنتخب والكرموسوم المتغير. ان حبوب اللقاح للسلالات الحاوية على هذا التركيب الوراثي تحذف فقط اليلات العقم الذكري المتنحية (ms) والمحمولة على الكرموسوم الاعتيادي، ولا تحذف اليلات الخصوبة الذكرية المتغلبة (Ms)، لذا فانها ترتبط بسهولة Linked مع منطقة الكسر في الكرموسوم المتغير، وحبوب اللقاح تحمل الكرموسوم المتغير

المجهض، بينما الامهات Female parents العقيمة ذكرياً، فانها تكون ذات تركيب وراثي متماثل متنحي 100% لجين (ms)، وبالتالي تمتلك كرموسومات طبيعية وسايتوبلازم طبيعي، كما موضح في ادناه:

النسل	الخط الذكري	الخط الانثوي
سلاله عقيمة ذكرياً (msms)	السلاله <	السلاله A
هجين عقيم ذكرياً (A x B)	السلاله B	السلاله A

في حالات اخرى، يمكن استخدام السلالات الحاوية على هذه المواقع كأب (Male) لتعطي حبوب اللقاح وتلقح النباتات العقيمة المؤنثة الحاملة للعرنوص لإنتاج نسل عقيم ذكرياً 100% والذي يمكن استخدامه كأمهات تحمل العرنوص دون الحاجة الى عملية ازالة النورات الذكرية، وبالتالي فان هناك احتمالين مختلفين هما:

الأمهات العقيمة التي تم انتاجها بطريقة الكروموسوم- جين والحاملة لسايتوبلازم طبيعي.

الأمهات الحاوية على الكروموسوم- جين والتي تنثر حبوب لقاحها بشكل اقل كمية مما هو معروف طبيعياً.

تكون الهجن المنتجة بالطريقة المسماة بتقنية الكروموسوم- جين خصبة ذكرياً، وان السلالات الذكرية يكون لها تركيب Ms/Ms كما انها تعطي امهات عقيمة ذكرياً لها تركيب ms/ms متجددة بصورة طبيعية. ان انتاج بذور الهجن في خطوته الأخيرة يكون متماثلاً مع انتاج هجن تجديد الخصوبة بطريقة انظمة الاحتفاظ بالسايتوبلازم الطبيعي أو ما يسمى بطريقة CMS.

إن طريقة الكروموسوم- جين كلها في الأغلب عمليتي تربية:

الأولى: ان جين العقم الذكري المتنحي يجب ان ينقل بالتهجين الرجعي الى كل سلالة مرغوبة أو معدة لهذا الغرض، لكي تستخدم على انها ام Female، وهذه عملية مجهدة ومطولة، اذ تتطلب وقت لزراعة اللقائح المختبرة، بالاضافة الى زراعة العدد الهائل لاجل

السماح بحدوث العبور الوراثي، وبالتالي ازالة النباتات التي تحمل الجينات المرتبطة غير المرغوبة (كل هذا يجب ان يتم على جانب كبير من العناية المطلوبة بكل العمليات آنفة الذكر) واختبار الحاصل في النهاية للتأكد من ان هذا التهذيب كان كافياً. اي من هذه العمليات ليست على درجة من الصعوبة من الناحية التقنية وبأي شكل من اشكالها على الاطلاق.

الثانية: ان عملية التربية الثانية في كل طرق الكرموسوم- جين، ولكي تكون السلالة عقيمة فإنه يجب تحويلها الى شكل (اشكال) الكروموسوم المتغير في برنامج التهجين الرجعي الثاني. وهذه تعد عملية بسيطة نسبياً ولا تختلف أيضاً من الناحية العملية عن نظام Eckhardt المستخدم لتحويل العقم الذكري السايتوبلازميCMS الى سلالة متجددة، مع العلم ان التلقيح الاختباري Test cross غير مطلوب، وان كسر مجاميع الارتباط غير مهم في عملية التربية.

باختصار، تتطلب اغلب طرق الكروموسوم جين عمليتين منفصلتين لتحويل أي سلالة الى حالة العقم، وهذه تتبع عن طريق اجراء التهجين بين كلا السلالتين الخصبة والعقيمة ثم انتخاب النباتات الحاوية على جينات الكرموسومات المتغيرة الملائمة.

يمكن استخدام طرق الكرموسوم- جين لانتاج آباء انثوية (أمهات) عقيمة ذكرياً 100% لانتاج هجن متجددة الخصوبة طبيعياً من دون الحاجة الى قص النورات الذكرية، إذ ان لهذه الهجن سايتوبلازم طبيعي، كما تحتوي على كروموسومات طبيعية فقط وتكون مختلفة التركيب الوراثي لجينات العقم الذكري أو الوراثة السايتوبلازمية.

العقم الذكري السايتوبلازمي للاستعاضة عن قطع النورات الذكرية
Cytoplasmic Male Sterility to Eliminate Detasseling

لنناقش موضوع العقم الذكري بمفهوم اخر فالنباتات العقيمة ذكرياً بانها تلك النباتات التي لا تنتج حبوب اللقاح لكنها قادرة على انتاج البذور أو الثمار لو لقحت بحبوب لقاح من نبات خصب من نفس الصنف أو النوع. ان وجود العقم الذكري في النباتات وما يتبعه من امكانية الاستغناء عن خصي الأزهار Emasculation أو تكيس Bagging أو عزل Isolating النباتات المستعملة كأم في التهجينات قد يوفر على المربي الوقت والمال والجهد المبذول في العمل اليدوي للحصول على بذور الجيل الأول الهجين وكذلك عند عمل التهجينات بين الأصناف أو الأنواع في بحوث تربية وتحسين النبات والوراثة، ومثلما ذكر فإن حالات العقم

الذكري ثلاث هي: العقم الذكري الوراثي والعقم الذكري السايتوبلازمي والعقم الذكري الوراثي- السايتوبلازمي وللتفرقة بين هذين المسببين وضع Jones (1950) المصطلحين التاليين:

- Chromogens ليدل على العوامل التي توجد في النواة ومحمولة على الكروموسومات.
- Plasmagenes لوصف العوامل أو المسببات الموجوده في السايتوبلازم.

وجد اكبر عدد من العوامل الوراثية التي تسبب العقم الذكري في الذرة وكلها عوامل منتخبة تسبب العقم الذكري الكامل أو الجزئين اذا وجدت بحالة اصيلة.

كيفية حدوث العقم الذكري:

يحدث العقم الذكري نتيجة الطفرات الوراثية والفعل الجيني (Gene Action) والعوامل السايتوبلازميه والتداخل بين العوامل الوراثية في النواة والسايتوبلازم والتضريب بين الأنواع أو الأجناس. يمكن توضيح حالات العقم كما يلي:

أ. العقم الذكري الوراثي:

الحالة الأولى: حدوث طفرة وراثية مع وجود سيادة فائقة.

التركيب الوراثي الأصلي "خصب" MSMS

↓

حدثت الطفرة الوراثية في هذا الجين MSms

↓

وحولته من حالة التغلب الى التنحي

انعزال وراثي(x)

تلقيح ذاتي

%25 msms %50 %25 MSMS

عقيم ذكرياً Msms خصب خصب

الحالة الثانية: حالة تفاعل بين الجينات غير الأليلة Epistasis لموقعي جينين

rfrf MSMS × RfRf msms

↓

F1 Rfrf Msms

الى الجيل الثاني F_2 سيكون انعزال وراثي كما في ادناه:

(هجين) Heterozygous	(متماثل وراثي) Homozygous
4/16 rfRF MSms	1/16 RfRf MSMS
2/16 rfrf MSms	1/16 rfrf MSMS
2/16 RfRfMSms	1/16 RfRfmsms
2/16 rfRfMSMs	1/16 rfrfmsms (عقيم وراثياً)
2/16 Rfrfmsms	

الحالة الثالثة: العقم الذكري من حدوث طفرات وراثية تلقائية Spontaneous

عقيم msms (S) تلقيح ذاتي X MS ms (s)

↓

سنحصل على طفرة MSMS (S)

ب. حدوث طفرة وراثية في السايتوبلازم

msms (N) × msms (s)

عقيم اعتيادي

↓

msms (N) طفرة

انتاج الهجين F_1 بواسطة العقم الذكري الوراثي

يجب أن تتوفر على الأقل 3 سلالات لإنتاج هجين من الذرة الصفراء أو زهرة الشمس هي:

A Line سلالة انثوية "عقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً"

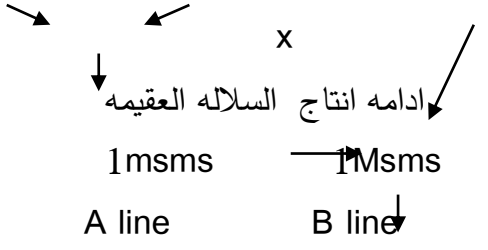
B Line سلالة خصبه ذكرياً يطلق عليها (Maintainer) او السلاله النظير

R Line سلالة معيده للخصوبة الذكريه

A line B line C (R) line

الاب المعيد للخصوبه الاب النظير(شبيه الام خصب) الام العقيمه

تلقيح ذاتيMSMS Msms msms



جين فردي خصب

انتاج الهجين F_1 بواسطة العقم الذكري السايتوبلازمي

A line B line C (R) line

الاب المعيد للخصوبه الاب النظير(شبيه الام خصب) الام العقيمه

(S) cytoplasm x (N) cytoplasm (N) cytoplasm (s)msms

(N)msms MsMs

يحافظ عليه بالتلقيح الذاتي A line

(S) cytoplasm X

هجن فردي يحمل حوب لقاح خصبه (F_1) والسايتوبلازم عقيم او خصب

السيطرة على نباتات العقم الذكري بتفسير سلوك DNA

لقد تبين ان سبب حدوث لفحة المهلمنثوسبوريوم في الذرة الصفراء هو تأثير السايتوبلازم أو ما يعرف بالصفات السايتوبلازمية. إن صفتي العقم الذكري والحساسية للسموم الفطرية، ربما لا تكونان مستقلتا التوارث في السايتوبلازم (Gengenbach وآخرون، 1977). ان عزل الخرائط الحساسة باستنساخ الـ DNA من الميتوكوندريا الحاملة لسايتوبلازم"N" الطبيعي (المقاوم والخصب) تختلف تدريجياً عن DNA الميتوكوندريا المأخوذ من سايتوبلازم العقم الذكري نوع "T" (الحساس والعقيم). يمكن السيطرة على هاتين الصفتين بواسطة DNA الميتوكوندريا (Levings و Pring، 1976)، وان الاحتمالات المتوقعة أو المعروفة لا تخرج عن دور DNA الكلوريلاست في السيطرة على هذه

الصفات والأكثر من ذلك أن DNA العقم الذكري السايتوبلازمي يشبه DNA البلازميد الذي هو عبارة عن DNA حلقي ثنائي، وتعتبر كرموسومات اضافية موجودة في سايتوبلازم الخلية وهي اصغر حجماً من كرموسوم الخلية البكتيرية حيث تتراوح أوزانها الجزئية أو 10^6 أو 10^8 ويتكاثران داخل الخلية الحية بوظائفهما الحيوية في الخلية. تستخدم البلازميدات كناقلات للجينات الغريبة الى الخلايا المضيفة في البكتريا وهي غير مضمونة الوجود في النباتات الراقية، اذ يمكن استخدامها في هذه الحالة (McClintock، 1967). من المحتمل ان تكون الصفات السايتوبلازمية محمولة على DNA الميتوكوندريا أو على DNA الكرموسومات والتي تنقل هذه الصفات الى البروتوبلاست وربما تظهر في نسل النبات، بل الأكثر من ذلك، ان انزيمات النبات ربما تمثل انزيمات الاستنساخ القاطعة والمطلوب البحث عنها والتي تلعب دور المفتاح في وصف كل DNA.

تحليل العقم الذكري السايتوبلازمي بدمج البروتوبلاست Analysis of Cytoplasmic Male Sterility by Protoplast Fusion

ارتبط العقم الذكري السايتوبلازمي في سايتوبلازم S في الذرة الصفراء بوجود جزيئة الـDNA الميتوكوندريا والمفصولة من جينوم المايتوكندريا Mitochondrial genome (Levings وPring 1978)، كذلك في بعض اصناف القمح. لاحظ Chen ومساعديه (1977 a) في بحثهم توارث حالة الـ RUP2 انها قد ارتبطت مع العقم الذكري السايتوبلازمي في التبغ، لذا فانهم قد اقترحوا بانه صفة العقم الذكري ربما تنتج عن التداخل بين DNA الكوروبلاست والنواة، وان العقم الذكري في اصناف التبغ يحدث اعتيادياً عن طريق اجراء التهجينات المتباعدة Interspecific Hybridization.

ان محاولة اثبات ان DNA الكلوروبلاست المستخدم في العقم الذكري في التبغ بالنقل المباشر له لم تنجح (Uchimiya و Wildman 1979)، حيث تم عزل DNA الهجين في التبغ من الكلوروبلاست وعومل مع انزيمات الاستنساخ restriction Enzymes واعطى مظاهر من صفات الهجرة الكهربائية لصنفين من تبغ *Necotina tabacum* و*Necotina* debneyi. وجد ان النبات الهجين الذي يتصف بالعقم الذكري له كلوروبلاست

مكتمل من صنف التبغ *N. tabacum* وان العقم الذكري ليس اكثر من تدقيق بمشاركة الكلوروبلاست المكمل لصنف *N. debneyi*.

ان زراعة كالس مأخوذ من اوراق التبغ N.langsdorffii الحاوي على الوحدات التحت كبيرة Large subunits فقط (Chen واخرون، 1977b) اذ يتضح انه على الرغم من ان جينومات النواة لنباتات الهجن تبقى مستقرة، فان المكونات السايتوبلازمية المخلوطة تنعزل خلال نمو النبات وخلال التكاثر الخضري والجنسي. امكن استخدام المكونات السايتوبلازمية في عملية نقل ودمج بروتوبلاست الميزوفيل لورقة نبات التبغ *N.Sylvestris* وبروتوبلاست النبات العقيم من سلاله حاوية على جينوم النواة لنبات التبغ *N.tabacum* وسايتوبلازم آخر لصنف غير معروف من التبغ (Zelcer واخرون، 1978 وAviv وآخرون، 1980)، لكون قسم من بروتوبلاست التبغ *N.Sylvestris* تثبط ظاهرياً بالمانيتولMannitol وبسبب ان بروتوبلاست السلالة قد تعرضت لجرعة كافية من اشعة لمنع انفصالها، أي انقسامها.

ان بعض البيانات التي حصلت عليها Beillard ومساعديها (1978) قد أوضحت بان هناك اكثر من نوع واحد من الازهار على نفس النبات على الرغم من ان هذه النباتات لم تستخدم في تحليلات الـ DNA، وقالوا بان تحليل DNA الميتوكوندريا في بعض التجارب سيساعد في توضيح دور DNA العضيات في العقم الذكري السايتوبلازمي.

أوضحت بعض الدراسات مدى الارتباط بين البروتوبلاست الحساس (Pelchet وآخرون، 1975) وخلايا الكالس (Gengenbach وآخرون، 1977) والنباتات الكاملة لانتخاب الدليل المعني بالمسبب المرضي المسبب للفحة الهلمنثوسبوريوم نوع Tباستخدام زراعة الانسجة المأخوذة من الذرة الصفراء العقيمة عقماً ذكرياً سايتوبلازمياً من نوع T. نجح كل من (Gengenbach ومساعديه، 1977) في انتخاب سلالات من خلايا مقاومة لنسل T السام حيث قام كل من Gengenbach و Green (1975) بزراعة كالس مأخوذ من نباتات حساسة للعقم الذكري وبالدراسات التي تمت عملياً لتحديد الفطر *H.Maydis* السمي والذي يثبط الكالس المزروع من نوع العقم الذكري السايتوبلازميT وبنفس الوقت لا يؤثر على نمو الكالس المأخوذ من نباتات مقاومة للفطر المذكور. وجد ان السلالات الخلوية المقاومة للتراكيز الاعتيادية السامة والمميتة والتي عزلت من كالس العقم الذكري السايتوبلازميT (cms T) عن طريق زراعة الكالس في أول الأمر بوجود نسبة ضئيلة من المادة السمية والتي نقلت من ثم الى وسط غذائي يحتوي على تراكيز اكثر من المادة السمية مما في الوسط الغذائي الأول ثم

تنقل قطع الكالس التي تتميز بالنمو الجيد ويحدد تركيبها المظهري من استجابة انسجة الورقة للاضافة المباشرة من المحلول السمي. من استنبات 65 نبات من الكالس والتي استخدم فيها 5 دورات انتخابية على الأقل، لوحظ ان كل النباتات كان لها استجابة مقاومة للسموم ولكن 52 نبات فيها كانت خصبة ذكرياً والعقم لـ 13 نبات يعود الى شيء آخر غير العقم الذكري السايتوبلازمي من نوع T.

ان التهجينات "التلقيحات" المتبادلة Reciprocal crosses للنباتات التي تم الحصول عليها من زراعة الأنسجة وتكوين الكالس اعطت نباتات كاملة تتمتع بصفات المقاومة والخصوبة مع نباتات cms–T وان كل من الخصوبة والاستجابة للسموم ما بين الأنسال تشابه تلك النباتات التي تمثل الأب الأنثوي Maternal parent، وهذه التراكيب تصاب أيضاً بسبورات الهلمثوسبوريوم، وفي كل الحالات فإن الرجوع الى الفطريات والمحاليل السمية المطهرة جزئياً كانت تبدو متشابهة، ولسوء الحظ فإن تجارب العقم الذكري هذه قد اثبتت انها غير قابلة للفصل عن الحساسية للمسبب المرضي لفطر الهلمنثوسبوريوم، ويمكن تفسير هذه النتائج بنقطتين:

الأولى: احتمال ان كل من العقم الذكري والحساسية للسمية تتحدد بموقع منفرد خارج النواة، وان أي طفرة لهذا الموقع يمكن ان تعطي المقاومة للسموم وكذلك تجديد الخصوبة الذكرية.

الثانية: ان سايتوبلازم النبات الأبوي للعقم الذكري السايتوبلازمي نوع تكساس CMS–T ومقاومة السمية Tuxin resistant وفي هذه الحالة يؤدي النمو بوجود السمية الى انتخاب خلايا تكون فيها ميتوكوندريا مقاومة السمية هي السائدة، ومن الخلايا التي تكون فيها ميتوموندريا الـ cms–T قد ازيلت جميعها.

العقم والطفرات

استثمر استخدام المطفرات الكيميائية والإشعاعية (الفيزيائيه) المختلفة لخلق تغايرات وراثية باستحداث الطفرات دون الاعتماد على الطفرات الطبيعية القليلة، في مجالات وبرامج تربية مختلفة. إذا ما استخدمت المطفرات، أياً كانت بجرعات أو بكميات اكثر من الحدود الطبيعية المقررة لها، بحسب نوع النبات والغرض من البرنامج وغيرها من الأسباب، يؤدي الى تقليل القدرة التكاثرية للنبات أو الكائن الحي متضمنةً:

أ. مثبطات النمو التي تمنع التزهير.
ب. تكوُن الأزهار، ولكن شكلها يمنع حدوث التكاثر.
ج. تكوُن التركيب الوراثي ولكن بغياب حبوب اللقاح.
د. حدوث الاخصاب في الزهرة ولكن الجنين يصبح ضامراً قبل النضج.
هـ . تكوُن البذور لكن تفشل في الانبات، أو تموت بعده مباشرة وبشكل مؤكد.

المطفرات المسببة للعقمْ هي طفرات كروموسومية أو طفرات جينية أو طفرات سايتوبلازمية وربما تسبب تأثيرات فسيولوجية، وربما تكون الطفرات الكرموسومية المصدر الرئيس لكل المطفرات المسببة للعقم. مع مسببات الضرر الفسيولوجي، فقد يصاحب العقم بعض المعوقات العملية نتيجة زيادة الجرعة الاشعاعية أو عند المعاملة ببعض المواد الكيمياوية مثل سلفونات ايثيل الميثانEthyl methane sulphonate (EMS) أو حامض الجبرلين GA. تشير احدى الدراسات الحديثة الى امكانية استخدام الفلور Floride في احداث الطفرات وانتاج نباتات عقيمة وفق تقنيات خاصة. ان استخدام معاملات التطفير بتأثيرات عقم منخفضة وبتكرار عالي للطفرات النشطة أي طفرات عالية الحيوية هي المرغوبة، وهناك من يرغب استخدام المطفرات بتأثيرات عقم عالية. يعد استخدام جرعة واحدة عالية، للحصول على مستويات عقم متفاوتة في نباتات الطفره I (Mutant I)، اذ هناك بعض الأمثلة لمثل هذه التغايرات في الشعير.

يمكن لتقنيات علم الخليه المعروفة التحري عن ضمور حبوب اللقاح. يمكن استخدام مختلف الطرق الاحصائية لمعرفة البذور التي حدث بها العقم، وتتضمن تكرار النباتات الطافرة كجيل أول M_1 والعقيمة كلياً، أو يمكن أخذ متوسط عدد البذور في السنبلة أو العرنوص أو القرص الزهري (في القمح والشعير أو الذرة الصفراء أو زهرة الشمس، على التوالي) أو يمكن اخذ نسبة الازهار التي تحمل البذور. اوضح Gaul (1958) تقنية تحديد متوسط نسبة البذور في الشعير تفصيلياً.

في دراسات الاشعاع المسبب للعقم، والتي تنتقل في اغلب النباتات من جيل لآخر، وبالاضافة الى كون الطفرات الكرموسومية المصدر الرئيس للعقم، فانه يمكن التعرف على نوع الطفرة من خلال الانقسام الميوزي. وثقت الادله العلميه ذلك في دراسات العقم في الشعير، اذ لوحظت سايتولوجيا في تكرار انتقالها بشكل غير كفوء، وهذا يمكن توضيحه أو تقييمه من

مقارنة الملاحظات المسجلة في الانقسام الميوزي وحساب العقم لنفس عينة الدراسة من جهة، وامكانية استحداث ونقل العقم الى عدد كبير من التراكيب الوراثية.

أثبتت الكثير من الدراسات ان مسببات الاشعاع في الطافر الأول M_1 العقيم تنتقل جزئياً الى الاجيال التالية، وجزء كبير من العقم في الطافر الأول يتسبب عن التلف الفسيولوجي الذي يحدثه التشعيع، وهذا لا ينتقل أبداً الى الطافر الثاني M_2.

أما بالنسبة للمطفرات الكيميائية التي تسبب العقم فإن المعلومات المتوفرة حول مصدر أو أصل العقم الذي يحدث بواسطة هذه المواد، مثل EMS أو GA3 فهو قليل ولكن جزء منه يبدو ان له أصل وراثي حسب رأي (Gaul وآخرون (1966) و Gaul و Bender (1966) و (1967)، والاجزاء الاخرى، تحدث بواسطة الجزء الوراثي للعقم والذي يكون واضحاً خلال الاجيال التالية (Mutzing, 1930). تم انتاج هجن سايتوبلازمية باستخدام اشعة X، إذ تم تشعيع البروتوبلاست (Zelecer وآخرون 1978) وان الجرع المستخدمة من أشعة X تمنع حدوث التضاعف الوراثي للنواة ولكنها لا تستطيع منع انقسامات الميتوكوندريا والبروتوبلاست، ويمكن بالتالي نقل هذه العضيات التي حصل بها تشعيع الى بروتوبلاست غير مشعع بطريقة دمج البروتوبلاستProtoplast fusion. من الأمثلة على ذلك، إحتواء بروتوبلاست التبغ صنف *Nicotiana tabacum* الحاوي على العقم عضيات منقسمة قد اخذت مسبقاً من التبغ *N.suaveolens* المشععة والتي ادمجت مع بروتوبلاست غير مشعع مأخوذ من التبغ *N.silvestris* فتستطيع النباتات ان تسترد قدرتها في التعبير عن مورفولوجيا التبغ *N.silvestris* وتحتوي صفة العقم الذكري أيضاً.

قدر التوافق والانعزال لأنواع الكلوروبلاست في حالات قليلة من تحليلات الهجن الناتجة من تهجينات الخلايا الجسيمة Hybridization Somatic Cell. حصل كل من Smith واخرون (1976) على 16 نبات هجين مختلف من الادماجات المتسببة بين *N.glamca* و *N.larqsdorffii*، وان الكلوروبلاست المكتمل النتائج قد تم فحصه بالهجرة الكهربائية على Iso Electric Focusing لحالة الـ Rup2 المعزولة من الهجن (Chen وآخرون، 1977).

أهم المراجـــع

البدري، نبيل عبد اللطيف وفريد فيليب رزوقي ويحيى كريم صايل (1988) استخدام صفات العقم الذكري في استنباط تراكيب هجينة في الطماطة تحت ظروف البيوت البلاستيكية. مجلة البحوث الزراعية والموارد المائية المجلد 7 العدد 1 ص1-21.

الساهوكي، مدحت مجيد وحميد جلوب علي ومحمد عفار احمد (1983) تربية وتحسين النبات، الجمهورية العراقية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة بغداد- كلية الزراعة.

النعيمي، جبار حسن (1983) الفاكهة (1) ترجمة، كلية الزراعة- جامعة البصرة.

حميد جلوب علي (1988) أسس تربية ووراثة المحاصيل الحقلية. الجمهورية العراقية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي- جامعة بغداد.

International atomic energy agency (1977). Manual on mutation breeding. 2nd ed. Technical reports series No.119 Joint FAQI IAEA division of atomic energy in food and agriculture. Vienna.

Alyev.D.F. (1971). Influence of environment on male sterility and the restoration of fertility in maize. Eucarpia, 5:146-147.

Aviv,D; Fluhr, R.; Edelman M. and "Galun" E. (1980). Progeny analysis of the interspecific somatic hybrids: Nicotianatabacum (CMS)+Nicotianasylvestris with respect to marker and chloroplast, arhers.Theor.Appl. Gent. 56:145-150(cited after R.S. Chaleff, Genetics of higher plants (1980).

Barrons,K.C.(1971). Possibilities for development of pollen Control agents for corn and sorghum. Proc. 26th corn Res conf. Pp.27-32. Amer. Seed Trade Assoc.

Bauman L.F. (1951). Progress report on genetic control of male sterility. Proc 6th Corn Res. Conf. PP.13-18.Amer Seed Trade Assoc.

Beckett, J.B.(1971). Classification of male-Sterile cytoplasmas in maize Crop Sci. 11(5)724-727.

Beckett, S.B.(1966). Inheritance of partial male in maize in the presence of Texas sterile cytoplasm. Crop Sci. 6(2)183-184.

Bcillard, G, Pelletier G.,Vedel, F and Quetier, F. (1978). Morphological characteristics and chloroplast DNA distribution cytoplasmic parasexual hybrids of Nicotianatabacum Mol.Genet. 165,123-237.

Bianchi,A. (1968). Male sterility and plant breeding fifth conger. Eurp Assoc. for Res on Plant breeding, Italy.

Blickenstaff, J., Theompson, D.L. and Harvey. P. H. (1958) Inheritance and Linkage of pollen fertility resortation in cytoplasmic male sterile crosses of corn. Agron. J. 50(8)430-434.

Blumwald, E. 2010. Genetic engineering for modern griculture: challenges and perspectives. Ann. Rev. Plant Biol. 6(1)443-462.

Briggle, L.W. (1957). Interactions of cytoplasm and genes in a group of male sterile corn types Agron. J. 49:543-547.

Briggs, R.W. (1971). Studies on induction of cytoPlasmic male sterility with ethydmethansulphonate, MaziscGenct. Newslett, 45.pp.13-16.

Brooks, J.S. (1961). Cytoplasmic male sterile fertility-restoring gametes in Varieties of corn in the Oklahomo collection. Crop sci. 1(13)224-226.

Chen, K., Johal, S., and Wildman, S.G. (1977a). Phenotypic markers for chloroplast DNA genes in higher plants and their use in biochemical genetics in nucleic acid and protein synthesis in plants (J. W. weil and L. Bogorad, eds.), PP. 183-194. Plenum publishing company.

Chen, K, Wildman, S.G., and Smith, H. H. (1977b). Chloroplast DNA distiribution in parasexual hybrids as shown by polypeptide composition of fraction Iprotein (Citcd after Genetics improvement of Crops by Irwin Rubenstein etal. (1980).

Chinwwba, P.M., Grogan, Co, and Zuber. M.S. (1961). Interactions of detasseling, Sterility and spacing on yields of maize hybrids. Uopsci, 1(4):279-280.

Dingan,G.H. and Woodworth, C.M. (1939). Loss resulting from pulling leaves with the tassels in detassiling corn. Agron. J.31:872-875.

Duvick, D.N. (1956). Allelism and comparative genetics of fertility restoration of cytoplasmically pollen sterile maize Genet. 41:544-565.

Duvick, D.N. (1958).Yield and other agrono, mc characteristics of cytoplasmically pollen sterile corn hybrids, Compared to their normal counter parts Agron.J. 50 (3):121-125.

Duvick, D.N., (1959). Genetic and environmental interactions with cytoplasmic pollen sterility of corn. Proc. 14th corn Res. Conf., PP.42-52. Amer, Seed Trade Assoc.

Duvick, D.N., (1966). Influnce of morphology and Sterility an breeding methodology. Plant breeding, PP.85-138.Iowa State Unin. Press Ames.

Duvick, D.N., (1972a). Potential usefulness of new cytoplasmic male steriles and sterility systems proc. 27th corn Res. Conf., pp.192-201.Amer. Seed Trade Assoc.

Duvick, D.N., (1972b). Continuous backcrossing to transfer prolificacy to a single eared inbred Line Amersoc.Agron. Abs:6.

Duvick, D.N., Synder, R.J., and Anderson, E.G. (1961).The chromosomal location of Rfl, a restorer gene for cytoplasmic pollen sterile maize. Genet 46:1245-125.

Eckhardt, R.C. (1953). Atechnic to simultaneously in corporat male sterile cytoplasm and restorer factors into inbred lines of maize. Assoc. South Agric. Workers proc. Abs: 67 Cited after corn improvement, Seed production and uses, by R.W. Jugenheimer. Awiley- Inter. Science publication.

Eckhardt R.C. (1954).Techniques in using male-sterile cytoplasm and a restorer gene in corn. Amer. Soc. Agron. Abs.:67.

Edwardson, J.R. (1955). The restoration of fertility to cytoplasmic male sterile corn.Agron. J. 47:457-461.

Edwordson,J.R. (1970). Cytoplasmic male sterility Bot. Rev. 36,PP.341-420.

Everett, H.L. (1960).Effect of cytoplasms and an Rf gene in maize. Agron. J. 52: 215-216.

Gabelman, W.H. (1949). Reproduction and distribution of the cytoplasmic factor for male sterility in maize. Proc. Natl. Acad. Sci. 35:634-640.

Gaul, H.(1958). Ulber die qcgenseitigeunabhoingkeit der chromosome-und punktmutationen, Z.pflanzenzuecht, 40, pp.151-188.

Gaul, h.,Bender, K.,Ulonska, E., Sato, M. (1966). EMS-induced genetic variability in barley, the problem of EMS-induced sterility, and a method to increase the efficiency of EMS treatment.

Gaul, H. (1967). Studies on populations of micro-mutants in barley and wheat with out and with selection, Induced Mutation and their utilization, Proc. Symp. Erwin Bauer- GedachtnisvorlesungenTv. Gatersleben, 1966,Akademic-verlag Berlin, pp.269-281.

Gengenbach, B.G, and Green, C.E. (1976). Slection of Tcytoplasm maize Callus cultures resistant to HelminthosporiummaydiraccTpathotxin, Crop Sci. 15:645-9.

Gengenbach, B.G, and Green, C.E. and Donovan, C.M. (1977). Inheritance of selected pathotoxin resistance in maize plants regenerated from cell cultures. Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 74: 5133-5117.

Goodsell, S.F. (1961).Male Strility in corn by endrogenesis. Crop Sci. 1(3)227-230.

Grogan, C.O. and Sarvella, P.A. (1964). Morphological Variations in normal, Cytoplasmic male-sterile, and restored conterparts in maize. Crop Sci 4(6):567-570.

Sanford, J.O. and Jordan, H.V. (1965). Inlunce of cytoplasmic male sterility on dry matter accumulation in maize. Crop sci 5. 365-367.

And francis, C.A. (1971). Effects of cytoplasmic male sterility and restoring factors on yield and morphology Crop Sci. 11(2) 295-291.

- Harvey, P.H., Levings III,C.S. and Wernsman, E.A. (1972) The role of extra chromosomal inheritance in plant breeding Adv. Agron. 24:1-28.

- Helslop-Harrison, J. (1971) Features of mmalestecility in Augiosperm proc. 26th corn Res. Conf., pp. 14-21. Amer. Secd Trade Assoc.

- Huter, R.B, and Gamblem E.E (1968). Effect of cytoplasmic Source on the performance of double cross hybrids in maize. Crop Sci. 8(3): 278-280.

- Isakov, Y.U. (1971). Cytoplasmic male sterility as a tool in sorghum brecding and seed production. Eucarpia. 5:150-154.

- Jones, D.F. (1953). Progress report in male sterility proc.8th corn Res. Conf. PP. 7- 10. Amer. Seed Trade Sssoc.

- Josephson, L.M. and Jenkins, M.T. (1984). Male sterility in corn hybrids. Agron. J. 40:267-274.

- Josephson, L.M. and kincer, H.C. (1962). Effects of male-sterility cytoplasm on yields and other agronomic characteristics of corn inbreds and hybrids. Crop Sci. 2 (1)41-43.

- Jugenheimer, R.W. (1976). Corn improvement, seed production and uses. Awiley-interscience publication, John wiley and sons. U.S.A.

- Key, J.L., Hanson, J.B. Land,H.A. and Vatter, A.E. (1961).Changes in Cytoplasmic particulates accompanying groth in the mesocotyl of zea mays. Crop Sci.1 (1):5-8.

- Knapp,S.J. and Co, T.S. (1988). Si Family recurrent selection in autogomous Crops based on dominant genetic Male sterility, Crop Sci 28:227-231.

- Kohel, R.J., and Richmond, T.R. (1963). Tests for cytoplasmic-genetic interaction involving a genetic male sterile stock of genotype, MsMs. Crop Sci. 3(4):361-362.

- Leng,E.R, and Bauman, L.F. (1955)Expression if the "kys" Type of male sterility in strains of corn with normal cytoplasm. Agron.J. 47:189-191.

- Levings, C.S. and Pringm D.R. (1976) Restriction and nuclease analysis of mitochondrial DNA from normal and Texas cytoplasmic male sterile maize. Science, 193, 158-160.

- Levings, C.S.M III and Pring, D.R. (1978). The mitochondrial genome of higher plants stadlerSymp. (G.P. Redei, ed). PP. 77-93.

- Liparteliani, O. and Djinkikhadze, Z. (1971) Maize breeding in Georgia using male sterility Eucarpia 5:148-149.

- Madjolelo, S.D.P., Grogan, C.O. and Sarvella, P.A. (1966). Morphological expression of genetic male sterility in maize. Crop. Sci. 6 (4): 379-380.

- Mc Clintock, B. (1967) Genetic systems regulating gene expression during development. Devel. Biol. Suppl. I,84-112.

- Muntzing, A. (1930) Qut-lines to a genetic monograph of the genus Galcopsis with special reference to the nature and inheritance of parlial sterility, Hereditas 13, pp. 185-341.

- Newlin, J. (1971). Opportunity and need for better pollen control techniques in corn and sorghum seed production proc. 26th corn Res. Conf., pp. 7-13 Amer. Seed Trade Assoc.

- Nobel, S.W. and Russell, W.A.(1963).Effects of male-sterile cytaplasm and pollen fertility restorer genes on performance of hybrid corn. Crop Sci.3 (1): 92-96.

- Pelcher, L.E, Kao, K.N., Gamborg, O.C. and Gracen, L.E. (1975). Effect of *Helminthosporiummaydis* race Toxin on protoplasts of resistant and susceptible corn (zea mays). Con. J. Bot. 53,427-43.

- Rhoades, M.M. (1931). Cytoplasmic inheritance of male sterility in zea mays. Science, 73:340-341.

- Rhoades, M.M. (1933). The cytoalasmic inheritance of male sterility in zea, mays. J. Genet. 27:71-93.

- Rhoades, M.M. (1951). Origin of cytoplasmic male sterility in corn proc 6th corn Res. Conf. pp.75-11. Amer. Seed trade Assoc.

- Rogers, J.S. (1954) Breading for pollen restorers. Proc. 9th corn Res. Conf. pp. 85-93. Amer seed trde Assoc.

- Russell, W. A.M and Marquez-sandher, F. (1966). Effect of cytoplasmic male sterility and restorer genes in performance among different genotypes of corn. Crop sci. 6(3) 294-295.

- Sand, S.A. and Christoff, G.T. (1973) Cytoplasmic- Chromosomal interactions and a hered differentiation in tabacco. J. Heredity, 64, 24-30.

- Samford, J.O., Grogan, C.O, Jordan, H.V., and Sarvella, P.A. (1965). Influence of male sterility on nitrogen utilization in corn. Agron. J. 57:580-583.

- Sarvella, P.A. and Grogan, C.O. (1965). Morphological variations at different stages of growth in normal cytopladmic male sterile, and restored versions of zea mays l. Crop Sci. 5(3): 235-238.

- Sarvella, P.A. and stojanovic, B. J. (1971). Amino acids in different plant parts of normal and male-sterile maize. Crop Sci. 11 (6): 805-807.

- Scheifele, G.L., White head, W., and Rowe, C. (1970). Incneased susceptibility to southern leaf spot Helminthosporimmaydis in inbred lines and hybrids of maize with Texas male-sterile cytoplasm. Plant Dis. Rep. 54:501-503.

- Schwartz, D. (1951)The interaction of nuclear and cytoplasmic factors in the inheritance of male sterility in maize Genet. 36:676-696.

- ScottmW.O. (1952).Certification requirements for male sterile corn proc. 7th corn Res: Conf, pp. 16-18 Amer seed Trade Assoc.

- Shull, G.H. (1909). Apure Line method of corn breed. Assoc. Rpt. 5:51-59.

- Shunway, L.K., and Bauman, L.F. (1966). The Effect of hot water treatment, x-ray irradiation and mesocotylegrafting on cytoplasmic male sterility of maize. Crop Sci. 6(4):341-342.

- Smith, D.R,Hooker, A.L, Lim, S.M. and Beckett, J.B. (1971) Diseascrcaction of thirty sources of cytoplasm male-sterile corn to Helminthosporiummaydis Race. T. Crop Sci. 11 (5): 772-773.

- Smith, H.H. Kao, K.N. and combatti, N.C. (1976). Confirmation and extension of inter- speciFic hybridization by somatic protoplast fusion in Nicotiona. J.Herdity, 67,123-128.

- Sprague, G, F. and McGahen, J.H. (1968) Influnce of alien cytoplasm on yield of grain in zea mays L. Crop Sci. 8 (2): 163-164.

- Stringfield, G.H. (1958a) Fertility restoration and yields in maize. Agron. J. 50(4): 251-218.

- Stringfield, G.H. (1958b) Gene-cytoplasm interactions Proc, 13th Corn Res. Conf. pp.35-39. Amer. Seed Trade Assoc.

- Tuberosa, R. 1983. Inbreeding effects in a population of sunflower (*Heliannthus annuus* L.)-Genet. Agric. 37:411-420.

- Uchimiya, H. and Wildman, S.G. (1979) Non-translation of foreign genetic information for fraction . 1 protein Under cirum- stances fan orablea for direct transfer of Nicotianagosseiisdlated chloroplast into N. tabacum protoplasts. Invitro 15. 463-468.

- Vakhrusheva, E.I. (1971) The ability of inbred lines to restore cytoplasmic male sterility in single cross hybrids. Eucaripa, 5:137-144.

- Wade, N. (1972). Amessage from corn blight: the dangers of uniformity- Science, 177 (4050)67.

- Yousif, D. P. and A. Hussain. 2017. Developing Local F1 Hybrids of Sunflower by Extracting the Parental Lines of Introduced Commercial Exotic Hybrids. Agri Res & Tech: Open Access J. 5(2): 555658. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.04.555658 008

- Zelcher, AAviv, D. and Galun, E. (1978), Interspecific trimester of cytoplasmic male sterility by fusion between protoplasts of normal NicotianaSylvestris and X-Ray. Irradiated protoplast of Male-SterilieNTabacumZ.pflanzen physiol. 90-397-407 sy,vestris and x-ray irradiated protoplasts of male- sterilr N. tabacum. Z.pflonzen physiol. 90.397-407.

الفصل الخامس عشر

الأسس الوراثية والفسيولوجية والكيموحيوية للتهجن

Genetic, Physiology and Biochemical Basis of Hybridization

لابد ان تتصف الهجن التي يراد انتاجها من قبل المربي بادائها الانتاجي العالي وتطبعها الواسع واسقرار حاصلها. مما لا شك فيه، ان استخدام مختلف الاساليب والطرائق الاحصائية لتوصيف التغاير بين وضمن النوع النباتي يعد الاداة الفعالة لمعرفة الهجن المتفوقة. ان طرائق التنبؤ باداء توليفات الهجن المختلفة قد امكن تقديرها على اساس ادائها المظهري (Cruz و Regazzi، 1997) وعلى المستوى الجزيئي (Diniz Filho، 2000 و Oliveira، 1998) او على اساس تقييم النسب (Barbosa neto واخرون، 1996 و Cao وOrad، 1997 و Van Beuningen و BushK، 1997). وعليه، فان انتخاب السلالات الابوية يستند على الصفات المرغوبة المطلوبة، والتي غالباً ما تكون غير موجودة بشكل مؤكد في التراكيب الوراثية المتفوقة في النسل بسبب ان اي تحصيل وراثي يمكن تحقيقه انما يعود الى النسل الاصل الذي تم انتخابه على اساس بعض الصفات المظهرية، وهذا بدوره قد يكون عشوائياً او غير متكرر (Gandin، 1982). لذا يتوجب ان يتم انتخاب الاباء على اساس درجة كفائتها في قابلية التآلف التي ستنعكس بشكل مرضي ومرغوب في الاجيال اللاحقة بتكرار عالي للتوليفات الجينية المتحققة.

يتطلب السعي لإشاعة زراعة الهجن لأن هناك حاجه الى حوالي 267 بليون دولار امريكي سنوياً للقضاء على الجوع حتى عام 2030 (منظمة الاغذيه والزراعة، 2017)، اذ تعد حبوب الذرة والرز والقمح التي يبلغ مجموع حاصلاتها الزراعية حوالي 25 بليون طن سنوياً الغذاء الرئيس للشعوب، وخصوصاً البلدان الناميه (منظمة الاغذيه والزراعة، 2016)، اما الزيادة الموسمية التي تتسلمها الولايات المتحدة الأمريكية من حبوب الذرة الصفراء على الأقل (750) مليون بوشل [1] نتيجة استخدام بذور الهجن.

تعد واردات (15) دولة من دول الامريكتين وأوربا وحوض البحر المتوسط نتيجة استخدام بذور الهجن مئات، بل الاف ملايين الدولارات. ان الحصول على قوة الهجين تتم في النباتات والحيوانات أيضاً وحتى في هجن الدجاج والخنازير

كما تضمنت دراسات أخرى نتائج جيدة في حيوانات ماشية الحليب واللحم والأغنام Jugenheimer، (1976). ذكر Strickberger في كتابة "الوراثة" (1985) بأن انتاج بذور الهجن في الذرة الصفراء في امريكا قد سبب زيادة حاصل الحبوب من (730) كغم/أيكر[2] سنة 1930 الى 2500 كغم/أيكر في بداية الثمانينات لنفس وحدة المساحة، وذكر Borlaug (1983) بأن الولايات المتحدة الأمريكية قد اضافت حوالي (40) مليون طن من الذرة سنوياً الى اقتصادها الوطني وعالمياً اشار Duvick (1999) الى ان الزياده الموسميه في

ان نقل حبوب اللقاح من النبات (×) الى الازهار الأنثوية للنبات (Y) تسمى عملية التهجين أو التهجن أما البذور الناتجة منها فتسمى "البذور الهجينة" أو اللقائح Crosses ويمكن تعريفها بأنها افراد الجيل الأول الناتجة من تلقيح تركيبين وراثيين قد يكونان مختلفين أو متشابهين متقاربين أو متباعدين وقد يحصل فيها قوة هجينHybrid vigor أو لا يحصل، وبالتالي فإن كل هجين هو لقيح وليس كل لقيح يمتلك صفة أو صفات الهجين. يتضح من التعريفين أعلاه أن النبات الهجين يشترط ان يكون كلا أبويه متباعدين وراثياً وكلما زاد التباعد وازداد _____(1)

البوشل لمحصول الذرة يساوي 25.4 كيلوغرام =56 باون عدد الجينات الانتاجية لمحاصيل الذرة والسورجم وزهرة الشمس والرز قد بلغت 55 و 13 و 7 و 15 مليون طن (الجدول، 1- 15).

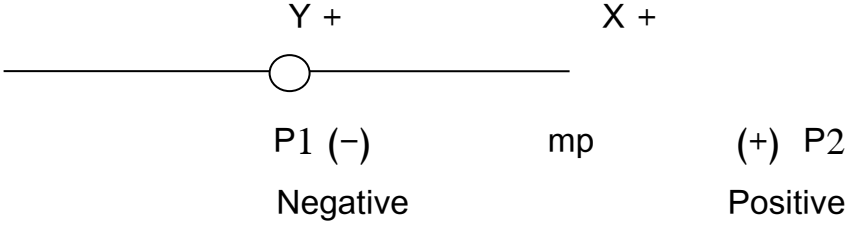
المتحكمة في الصفة أو الصفات الهجينة، كلما زادت قوة الهجين التي تمثل انعكاساً

الجدول (15-1): تقديرات المساهمه العالمية للهجن في انتاج محاصيل الذرة والسورجم وزهرة الشمس والرز (عن Duvick، 1999).

المحصول	% للمساحه المزروعه بالهجن†	% لتفدم حاصل الهجين‡	% للحاصل الموسمي المضاف	انتاج الحاصل الموسمي المضاف (مليون طن/م)	التوفير الموسمي للمساحة (مليون هكتار)
الذره	65	15	10	55	13
السورجم	48	40	19	13	9
زهرة الشمس	60	50	30	7	6
الرز	12	30	4	15	6

† خدمات الاحصاء الزراعي الامريكي (USDA) و ‡ تقديرات الزيده في حاصل الهجن على افضل الاصناف المفتوحة التلقيح المتفوقه وقت ادخال الهجين للزراعة.

لعملية التهجن Hybridization باتجاه أعلى الأبوين أو أوطأ الأبوين وحسب درجة التهجن سواءاً كانت ايجابية أو سلبية وعلى التوالي لصفة أو صفات معينة من كل الأبوين وكما موضحة بالرسم التخطيطي التالي:



تمثل X و Y كل من الأب الأول والأب الثاني (parents) وتمثل Mp متوسط الأبوين (Mid parent) اما (−) و (+) فتمثل الهجن باتجاه أوطا وأعلى الأبوين على التوالي.

أكدت الدراسات المبكرة حول تأثير التهجن في الذرة الصفراء حصول زيادة في حاصل الجيل الأول الناتج من التهجن بمعدلات تراوحت بين 30–40%. ذكر shull (1914) أول تعريف للتهجن "الغزارة الهجينية" بأنه الزيادة في الوزن والحجم والنمو في اللقيح الناتج على أبويه وبعبارة اخرى، إذا لم يكن هناك أي تفوق في هذه الصفات على كلا الأبوين فلا وجود للتهجن، وهنا قصد الباحث ما سبق ذكره "قوة الهجين". أما Richey (1938) فقد عرف التهجن بانه الزيادة في نمو الهجين على معدل أبويه. ولخص Zirkle (1952) معظم التعاريف التي قدمها الكثير من الباحثين منذ بداية القرن العشرين بـ: أ) تدهور وانخفاض قوة النبات نتيجة التربية الداخلية تؤدي الى تثبيط وتدهور الصفات واحياناً الى احداث العقم والموت. ب) تزيد التربية الخلطية Cross breeding وتسمى أحياناً تربية الهجن من قوة النبات في كل الهجن. ج) لا تعطي جميع السلالات النقية المستخدمة في انتاج النبات الهجين نفس المقدار من قوة الهجين. د) تتلخص ابسط طرق التهجن لانتاج النبات الهجين، بزراعة السلالات الأبوية بخطوط متبادلة فيما بينها كما في الذرة. لانتاج الهجن الفردية Single Crosses، يتم زراعة خطين من النبات الذي يمثل الأم (النبات الذي يحمل العرنوص وتكون النورة الذكرية عقيمة أو قد تمت ازالتها أو قصها detesting) وخط من النبات الأب الذي يحمل النورة الذكرية الخصبة التي تعطي حبوب اللقاح، ويمكن ان تزرع أربعة خطوط من النبات الأم وخطين من النبات الأب، كما يمكن معرفة عدد التلقيحات أو الهجن الفردية من مجموع السلالات الداخلة في التهجين باستخدام المعادلة:

$$F1 = \frac{n(n-1)}{2}$$

إذ تمثل n عدد السلالات النقية الداخلة في التهجين.

هـ) يجب ان تكون السلالات الأبوية الداخلية في التهجن "انتاج الهجين الفردي" ناتجة من مجتمعات نباتية مختلفة أو متباعدة لكي يتم الحصول على قوة الهجين أو بعبارة اخرى، يجب ان تكون السلالات الأبوية غير ؤؤؤؤمرتبطة وراثياً Genetically unrelated. و) قد ينتج عن التربي الداخلية للسلالات الابويه ان تفقد بعض صفاتها المرغوبه، وان اسباب ظهور قوة الهجين هو ان كلا السلالتين الابويتين مكمله بعضها البعض (East، 1908).

وجد Robinson (1956) في دراسته لظاهرة التهجن وقوة الهجين في الذرة ولعدة مواقع ومواسم زراعية لـ 15 لقيح ان 12 منها تفوقت في حاصل الحبوب على حاصل الابوين، وان متوسط حاصل جميع اللقائح كان 115.5% بالنسبة لحاصل اعلى الابوين، وأكد على ضورة عدم وجود صلة القرابة بين الاباء التي يراد منها ظهو قو الهجين. اشار Jugenheier (1976) الى اختلاف تأثير الجينات المؤثر في الصفة او الصفات الكمية، وقد يظهر هذا التأثير حسابياً او تجميعياً، وقد تضيف درجة السيادة dominance او التفوق epistasis او التداخل (التفاعل) بين الوراثه والبيئه بعض التعقيد في حساب وتوضيح التهجن.

يعد ما قدمه Gowen (1952) في كتابه Heterosis وما نشره Coors و Pandey (1999) في كتابهم The Genetic and Exploitation of Heterosis In Crops من اروع الاضافات العلمية في تربية وتحسين النبات، إذ ضمنًوا هذان الكتابان بمعلومات غزيرة اعدها علماء تربية النبات من مختلف الدول. يوضح الجدول (15–2) بيانات حاصل الهجن المختلف لمحصول السورجم وتفوقها بالنسبة لمتوسط الابوين (Eastin واخرون، 1999).

يذكر الساهوكي (2021) أن مجموعة من الباحثين اجروا تحليل جزيئي للهجين الامريكي المشهور عالميا B73 x Mo17 وتضريبه العكسي، وحصلوا على النتائج التالية:

1- هناك 149 مليون قطعة بطول 100bp وجدت في الهجين.
2- وجد مجموع 51416 SNP عالية النوعية تقع على1370 زوج من الجينات في الهجين.
3- يبدأ التعبير الجيني لقوة الهجين بعد ايام قليلة من التضريب، وان نسبة المادة الوراثية في الهجين من الابوين هي 2: 1 أم الى أب !
4- هناك دور واضح لفعل epigenetic تعمل في قوة الهجين
5- وجود عدد كبير من جينات البروتين في الهجين لا تشفر للبروتينات !
6- مثيلة DNA موجودة في الهجين وقد تكون اقل او اكثر مما في الأبوين
7- وجد بعد 12 يوما من التضريب في الهجين B73 x Mo17 ان هناك 866

مليون قطعة بطول bp 100.

8- وجود 31193 زوج من الجينات من السويداء في الهجين.

9- ظهور 12 منطقة فيها مناطق مثيلة متميزه للا DMR (DMR differentially methylated regions

10- وجود مناطق intronic اقل طول لها bp 1059

11- بعض مناطق DMR. كانت تتداخل مع RNA غير مشفرnoncoding من الام.

12-عدد الجينات التي فيها parental imprinting كانت بحدود 700

13- وجود 38 قطعة من نوع imprinted noncoding RNAs ما في الأبوين.

الجدول (15-2) بيانات حاصل الهجن المختلف لمحصول السورجم وتفوقها بالنسبة لمتوسط الابوين (Eastin واخرون، 1999).

التركيب الوراثي	عدد الايام للنضج (يوم)	حاصل الحبوب (كغم/ه)	%لزيادة الهجين عن متوسط الابوين %	متوط انتاج		فترة امتلاء الحبوب ومتوسط الانتاجية			
				الحبوب (كغم/ ه/ يوم)	الهجين بالنسبة للابوين %	فترة امتلاء الحبوب (يوم)	%لزيادة الهجين عن الابوين %	الحبوب (كغم/ ه/ يوم	%لزيادة الهجين عن متوسط الابوين%
RS671†	108	7461‡	18.8	69.1		39.8		187.5	(16.4§)
Redland	112	6747¶		60.2	14.7	38.8	2.5	173.9	7.8
TX 415	108	5817		53.9	28.2	38.8	2.5	149.9	25.0
RS626†	105	7816‡	25.9	74.4		42.6		183.5	(14.3)
CK60	106	6277		59.2	25.6	39.8	7.0	157.7	16.3
TX414	103	6184		60.0	24.0	37.8	12,6	163.3	12.3
RS625†	105	8053‡	21.9	76.7		42.7		188.6	(10.2)
Martin	103	7288¶		70.8	8.3	38.2	11.7	191.8	-1.6
TX414	103	5925		57.5	33.3	37.8	12.9	156.7	20.3
RS610†	106	8250‡	27.1	77.8		44.0		187.5	(14.9)
CK60	106	6464		61.0	27.5	39.8	11.0	162.4	15.4
7078	104	6521		62.7	24.0	39.8	11.0	163.8	14.4
RT†	108	6982	6.0	64.6		40.9		170.7	(-0.6)
Redland	112	6891		61.5	5.0	38.8	5.4	177.6	-4.0
TX414	103	6280		61.0	5.9	37.8	8.2	166.1	2.8

† الهجين ويتبعه الاب الانثوي ثم الاب الملقح. ‡ الفرق معنوي بين الهجين ومتوسط الابوين.
¶ الفرق معنوي بين الاباء. § متوسط الهجين بالنسبه لمتوسط أبويه بين قوسين.

14- الجينات التي حدث فيها imprinting في الهجين صارت خمسة أضعاف
15- ظهور 175 زوج من الجينات تشفر للبروتين في السويداء
16- ان جينوم الكائن الحي من النباتات الراقية هو اصعب بكثير مما كان يتصوره الباحثون، فلم نعرف كيف تحدث هذه الامور ولماذا! او كيف تؤثر في قوة الهجين!!

تتمحور كل مواضيع الهجن وتهجنها حول تأريخ تطور التهجن ومظاهره ووراثته الخلوية ودور عمليات النشوء والفسيولوجي والتأثيرات السايتوبلازميه في اظهار قوة الهجين وتداخلات الجين الرئيسه، مثل الجينات السائدة واعادة ترتيبها والتأثيرات الاخرى المحتمله للجين ونظم وطرق التربية المستخدمة وكيفية تفسير التهجن.

ميّز Rieger وجاعته (1968) بين التهجن والخصوبة العالية في النبات او
1. قد تنتج الغزارة الهجيني (التهجن) عن طفرة تركيبها الوراثي محمي من الجينات المتنحي غير المرغوبه بسبب وجود الاليلات السائده نتيجة التكاثر الجنسي والتلقيح الخلطي.

2. قد يتم الحصول على التهجن نتيجة حدوث طفرات جينية تعطي حاصلاً عالياً وذات قيمة اقتصادية او زراعية عاليه في نباتات خلطية التلقيح اكثر مما هي عليه في مثيلاتها ذاتي التلقيح.

3. في حالة Luxuriace تفترض حالات الحصول على نباتات هجينه من التهجين بين السلالات او الاصناف او الانواع النباتية، فتكون ذات نمو اسرع واكبر، اي تتفوق على ابويها في بعض الصفات، ولا تنتج عن عدم وجود الجينات غير المرغوبة.
شاع استخدام قوة الهجين في النباتات والحيوانات حتى ملت الاحياء الدقيقة. يوضح الجدول (15-3) اهم النباتات التي تحققت فيها ظاهرة قوة الهجين في القرن العشرين.

ان مفهوم التهجن في النباتات يعني قوة الهجين للمكونات الرئيسة، بمعنى اخر تعد قوة الهجين تعبيراً عن ظاهرة التهجن. ذكر Williams (1959) ان التدهور نتيجة التربية الداخلية وثبات الهجين او استقراره hybrid stability او مرونته ومطاطيته homeostasis وقابليتي التأآلف العامة والخاصة وقوة الهجين بمفهومها الواسع تمثل مكونات ظاهرة التهجن heterosis.

حدوث التهجن وتقييمه Occurrence of heterosis and evaluation

اثبتت دلائل كثيرة وكفوءه في الوقت الحاضر امكانية حدوث التهجن في النبات والحيوان وكذلك الكائنات الدقيقة (الجدول، 15-3). لا يتطلب تعيين التهجن تقديرات احصائية عندما يكون حاصل الجيل الاول افضل من حاصل كل

الجدول (15-3): اهم انواع نباتات الهجن التجارية في المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر وسنة الاطلاق.

الهجن الاولية قبل عام 1955	الهجن الحديثة بين عامي 1955 و 1972	الهجن الحديث جدا بين 1975 و *1990
الذرة 1921	السورجم 1955	الاسبرگس 1975
الذرة الحلوة 1923	البنجر السكري 1957	الهليون (ن نباتات الفصيل الزنبقية 1975
الباذنجان 1939	السبيناغ 1961	الكرفس 1975
القرع الصيفي 1941	البنجر الاحمر 1962	الشوفان 1975
الطماطة 1943	الجزر 1964	البطاطا 1980
البصل 1948	الدخن اللؤلؤ 1965	فل الصويا 1980
الرقي (البطيخ الاحمر) 1949	القرنابيط 1966	البزاليا 1985
القمح الشتوي 1950	الجت 1968	الفاصوليا 1985

الفلفل 1950	الشعير 1968	الحمص 1985
بطيخ الام 1954	القمح 1969	الخس 1990
	الرز 1972	
	زهرة الشمس 1972	
	الخيار	

من الابوين، اذ يحتسب التهجن بقسمة الفرق الناتج بين متوسط حاصل الابوين والجيل الاول على متوسط حاصل الابوين، ويعبر عنه كنسبه مئوية بحسب المعادلة:

$$\text{Heterosis \%} = [\text{F1} - \frac{P1+P2}{2}] / \frac{P1+P2}{2}\ x \ldots 100$$

اذ تمثل F1 متوسط حاصل الجيل الاول و P1 متوسط حاصل الاب الاول و P2 متوسط حاصل الاب الثاني.

يتوجب السعي لأيجاد النبات او النباتات التي تحمل صف التهجن، سواءَ كانت ايجابية او سلبيه وبما يمثل الهدف الاقتصادي من الصفة. اي اذا كانت الصفة متمثله بحاصل البذور فان التهجن هنا لابد ان يكون ايجابياً، بينما نسعى الى التهجن السلبي لصفة التبكير بالزهير او النضج، وبالتالي يتوجب مقارن الصفة المرغوبة مع افضل الابوين وافضل صنف تجاري محلي مزروع او معتمد، وكما في المعادلة:

$$\text{Heterosis \%} = \left[\frac{\text{F1} - \text{better parent}}{\text{better parent}}\right] x\ 100 \quad \ldots$$

اما معادلة التربية الداخلية فهي:

$$Inbreeding\ depression = \frac{\text{F1}-\text{F2}}{\text{F1}}\ x\ 100$$

اذ تمثل F1 حاصل الجيل الاول و better parent حاصل افضل الابوين و F2 حاصل الجيل الثاني.

يمثل معامل التربية الداخلية inbreeding coefficient إحتمال وجود جينين على موقع واحد، كما في نباتات ثنائية العدد الكروموسومي diploid ، حيث يعرف بالتدهور الوراثي. يعتمد تأثير التربية الداخلية في مجتمع ما على متوسط ذلك المجتمع، من التكرار الجيني وتأثيرات التغلب ومعامل التربية الداخلية، فاذا كان تغلب الجين هو المعني، فيوضح الموقع الرئيس للجين تغلب الاليلات المرغوبة، وتقلل التربية الداخلية بالتالي من قيمة المتوسط بالنسبة الى معامل التربية الداخلية.

ظهور التهجن Mauifestation of Heterosis

يقصد بالتهجن في الوراثة الكمية مقياس قوة الهجين، اي تفوق الهجين على متوسط او اعلى ابويه. ينتج التهجن من تهجين الاباء غير المرتبطة وراثياً، والتي هي في الغالب سلالات نقية، فتعطي نتائج عكس التدهور الناجم عن التربية الداخلية. يعتمد التهجن على درجة التغلب وعلى قابلية التعبير عنه، ويرجع كل من التهجن والتربية الداخلية الى طبيعة الاختلافات في متوسط اداء الافراد المختلفة وراثياً heterozygosity. اظهرت التهجينات المتباعدة كثيراً بين سلالات او تراكيب الحنطة بالتلقيحات التبادلية تفوق الهجن على ابائها فيإعطاء قو الهجين، وأيد كل من Gale و Devos (1998) و Winder و Lebsock (1973) ذلك. توضح اغلب كتب الوراث وتربية النبات والبحوث المنشورة حالة التهجن بظهور اكبر قوة هجين في صفات ارتفاع النبات والمساحة الورقية والنمو وتجميع حاصل المادة الجافة وحاصل البذور العالي لهجن الجيل الاول بالمقارنه مع سلالاتها الابوية (Allard، 1960)، بل وجد Hoecker واخرون (2005) اعلى تهجن لصفة طول الجذور ابتداءاً من الايام الاولى لبزوغ البادرات، والتي قدرها 51% بالنسبة لمتوسط الابوين. ان اقتراح Shull (1914) بخوص متوسطات الصفات التي يحصل فيها التهجن غير خاضعة لتوارث الصفات بحسب قوانين مندل. اعتمد اغلب الباحثين من وراثيين ومربي نبات، وحتى فسيولوجيين هذه الصفات كوحدات مستقلة يمكن من خلالها تفسير توارث الصفات الكمية، التي اصبحت فيما بعد أهم جزءاً في الوراثة الكميه.

نظريات التهجن Theories of Heterosis

لابد من معرفة مسألتين رئيستين، قبل الدخول الى النظريات التي تفسر التهجن، وهي:

1. يمكن الحصول بالتهجين على احسن احتمالات التعبير عن الجينات المتغلبة في كلا الابوين او،
2. يكون الاختلاف الوراثي heterozygosity اكثر تأثيراً من التماثل الوراثي homozygosity.

لأجل فهم تفسير نظريات التهجن، لا بد من فهم الفعل الجيني في التباينات الوراثية المختلفة الناتج عن التأثير التجميعي و السيادي والتفوقي، يكون لكل منها ميزاته في التعبير عن الصفة الموروثة وكما يأتي:

الفعل الجيني الاضافي additive gene ction، ويعني ا لكل جين مقداراً محدداً في إظهار الصفة في التركيب الوراثي، اي AA > Aa > aa.

الفعل الجيني السيادي dominant gene action، اي قدر أحد الاليلات في اخفاء تأثير الاليل الاخر في الموقع الجيني الخليط، اي aa<Aa=AA.

الفعل الجيني التفوقي epistatic gene action، ويحدث تيجة تداخل الجينات غير الاليلية، اي تداخل فعل الجينات على موقعين مختلفين على الكروموسوم، اي B=A<AB = صفر.

يفهم من ذلك ان تفاعل الجينات او تداخلها سينعك على تغيير النبة المندلية لقانون مندل الثاني، فتتغير النسبة من 1:3:3:9 الى نسب اخرى بحسب الفعل الجيني الجديد (strickberger، 1985) اي:

الفعل الجيني التفوقي السائد dominance epistasis فتكون النسبة 1:3:12

الفعل الجيني التفوقي المتنحي recessive epistasis، ونسبته 4:3:9

الفعل الجيني المضاعف بالتأثير التراكمي duplicate genes with cumulative effect، ونسبته 1:6:9

تداخل الفعل الجينيى السائد والمتنحي dominant and recessive gene interction، ونسبته 3:13

الفعل الجيني المتنحي المضاعف duplicate recessive genes، ونسبتها 7:9

من الضروري ان تتم الاشارة الى ان لتأثير الفعل الجيني التفوقي اشكالاً متعددة في الصفة، وبحسب السيادة او التنحي من جهة وعدد المواقع الجينية المؤثرة من جهة ثانية، اي موقعين او ثلاثة، كما في ادناه:

- التأثير التجميعي x التجميعي additive x additive
- التأثير التجميعي x السيادي additive x dominance
- التأثير السيادي x السيادي dominance x dominance
- التأثيرالتجميعيx التجميعي x التجميعي additive x additive x additive
- التأثير التجميعيx التجميعي x السيادي additive x additive x dominance
- التأثير التجميعيx السيادي x السيادي additive x dominance x dominance
- التأثير السيادي x السيادي x السيادي dominance x dominance x dominance

بيَّن اعلماء والمختصين في الوراثة الكمية عدة طرائق لتقدير الفعل الجيني، ومعدل درجة السيادة والتدهور الوراثي الناجم عن التربية الداخلية وعدد الجينات التي تتحكم بالصفة وكذلك النبة المئوية لتوريثها، او ما يعرف بدرجة التويث، فإننا سناتي على ذكرها في الفصل السادس عشر.

أ. نظرية التغلب Dominance Hypothesis

اعتمدت هذه النظريه في تفسير نتائج قوة الهجين على الفعل الجيني وتداخل الجينات المتغلبة، والتي تعني وجود تلازم بين جينات النمو. عند تزاوج سلالتين نقيتين، تمثل فيها السلاله الاولى بالتركيب الوراثي aaBBccDDEEff وجيناته السائدة B و D و E والسلاله الثانيه وتركينها الوراثي AAbbCCddeeFF A و C و F وهجينهما في الجيل الاول بالتركيب الوراثي AaBbCcDdEeFf. لتوضيح ذلك، سنعطي كل جين متنحي وحدة قياس

واحدة ووحدتين للجين السائد لنحصل على 9 وحدات لكل تركيب وراثي في السلالتين الابويه، بينما يترتب 12 وحده لهجين الجيل الاول وكما في ادناه.

AAbbCCddeeFF x aaBBccDDEEff

2+1+2+1+1+2 ↓ 1+2+1+2+2+1 (9) وحدات لكلا التركيبين

F1 AaBbCcDdEeFf

12 وحدة 2+2+2+2+2+2

ان التلقيح الذاتي بالتربية الدخليه سيعيد بعض التماثل، ولو جزئياً، للجينات المتنحية فيؤدي الى حدوث التدهور الوراثي في الجيل اللاحق. من جهة ثانيه، فان التربية الداخليه لبعض الهجن سينتج عنها انعزال وراثي وتكوّن سلاله نقيه متماثله بجينات سائده على كل المواقع الجينيه، ويحتمل ان يكون حاصلها اعلى من حاصل الجيل الاول. في الوقت الذي لايحدث ذلك نظرياً، فانه حتى في احتمال حدوثه في الطبيعه يكون من الصعب تشخيصه في المجتمع النباتي واستثماره.

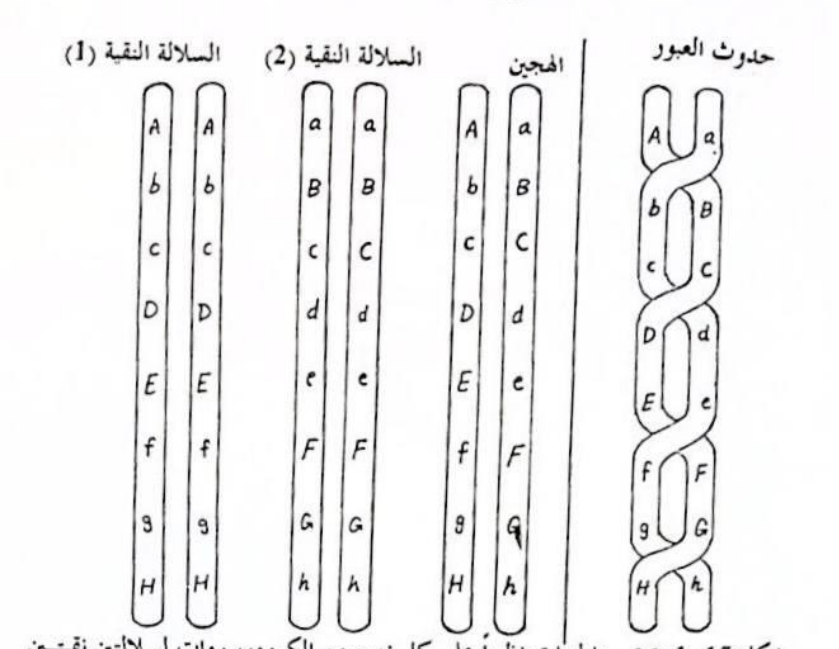
يكون النبات الهجين من الناحيه المظهرية اكثر تماثلاً عن ابويه. يوضح الشكل (15–1) الترتيب النظري للجينات على زوج من الكروموسومات في السلالتين 1 و 2 . يلاحظ ان صفة التغلب هي الظاهرة ولا يظهر التأثير الضار للجينات المتنحية التي وصلت الى مستوى التماثل في السلاله الابويه.

يوضح الشكل (15–1) فشل نظرية التغلب في تفسير العبور الوراثي cross over، والذي يفترض ان يحدث تلقائياً في الجيل اللاحق ليعطي كروموسومات في تركيبه الوراثي تحمل الجينات السائدة فقط بسبب الانعزال الوراثي.

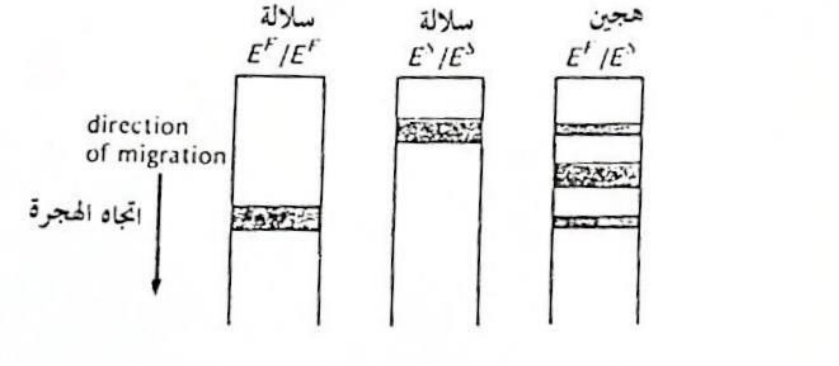
نظرية فوق التغلب (التغلب الفائق) Over Dominance Hypothesis

تعد ظاهر عدم التماثل (الخلط الوراثي) السبب الاساس والمهم في حدوث التهجن، وعللها East (1963) على وفق القوانين المندليه، اذ لا تمنع هذه النظريه ولا تلغي نظرية التغلب،

بل توضح حالات فشلت في تفسيرها نظرية التغلب على وفق فكرة مفادها ان التركيب الوراثي المختلف Aa سيكون افضل من التراكيب الوراثية المتماثلة AA و aa. لتوضيح فكرة East (1963) نفترض وجود ثلاثة عوامل وراثيه متبادلة (A_1 و A_2 و A_3) وان التركيب الوراثي A_1 و A_2 او اي توليفه اخرى تحتوي على اثنين من العوامل ستعطي نمواً افضلاً ويكون تركيبها الوراثي A_1A_2 افضل من التراكيب الوراثية المتماثله (A_1A_1 او A_2A_2 او A_3A_3). يمكن الاستزاده في هذا الموضوع من مراجعة ما نشره Crow (1999) و Frankel (1983).



شكل(15–1) ترتيب الجينات نظرياً على كل زوج من الكروموسومات لسلالتين نقيتين والهجين بينهما، وطبقاً لنظرية السيادة فإن التزاوج بين السلالتين سيصل إلى حالة الغزارة الهجينية لكون كل سلالة نقية هي في حالة تماثل وراثي.



الشكل (15–2): ظهور حزم جديدة (مواد كيميائية تعبر عن انزيمات جديدة) في الهجين غير موجوده في سلالتيه الابوية.

من متابعة الاراء العديده في مؤتمري التهجن لعامي 1952 و 1997 تمكن Crow (1999) من تثبيت الآراء التاليه:

يمكن ان تفسر نظرية التغلب حالة التدهور الناجمه عن التربية الداخليه والاستفاده من التهجين لتحقيق حاله التهجن وقوة الهجين.

ان التفاسير المطروح حول تفوق الهجن على مجتمعات التزاوج العشوائي التي اشتقت منها هذه الهجن غير كافية، ويستوجب تسخير التقنات الحيوية والبيولوجيا الجزيئيه والدراسات الفسيولوجيه لبحث موضوع التهجن وتفسير مسبباته الوراثيه تبعاً للتحليلات الوراثية المتعلقة بمثيلة[1] الدنا DNA Methylation وكما وصفها Kumar و Muhapatra (2021) و Stuber (1999) و Hepburn (1987).

تحتاج نظرية فوق التغلب الى نوع من فعل الجين يكون نادراً rare، حتى لو كان بتأثير صغير او ثانوي على المواقع الجينيه التي من هذا النوع، فتكون عامل رئيس ومؤثر في تباين المجتمع وحدوث التهجن.

الاراء الثلاثه اعلاها اكدها Crow (1999) لتؤكد ما تضمنته نتائج نفس الباحث في مؤتمر عام 1952.

يستنتج من ذلك ان لا تفسير قاطع حول موثوقية كلا النظريتان في تفسير التهجن، ومن المؤكد ان كلاهما تعطيان تفسيراً وافياً لصفات معينة دون اخرى غيرها.

ت. نظرية الملامح الفسيولوجية Physiological Stiulus Theory

افرزت اقتراحات كل من East و Shull (1909) كلٌ على انفراد، ان الاختلاف الوراثي Hetrozygosity في التركيب الوراثي يولد تحفيزاً او حثا ينجم عنه كبر حجم وقوة النبات وزيادة حاصله، وان هذا الاختلاف هو المسبب الرئيس للتهجن، من غير ان يعرفوا عوامل التحفيز او حث النمو وزيادة الحاصل. ذُكِر أن لبذور الهجن أجنة اكبر من أجنة أبائها، فتبتدئ نموها بقوة، ولم تسند مث هذه الادعاءات كثيراً. تعد فسيولوجيا انبات البذور وطبيعة وفعل الانزيمات المسببه له انعكاساً لفعل الجينات المسؤوله عن هذه الفعاليات الحيوية، اذ يتحكم جين معين بكل انزيم one gene one enzyme theory وان التحفيز الفسيولوجي حالة ملازمه ومرتبطه بالتهجن وليس مسبباً لها.

(1) مثيلة الدنا هي عملية حيوية تتم باضاف مجاميع المثيل الى جزيئ الدنا (DNA)، يمكن لهذه المثيلة ان تغير نشاط قطعه من من دون ان تغير ترتيب القواعد النيوكليوتايديه فيه. عند مثيلة الدنا على موقع الجين البادئ يتم ايقاف نشاط جين النسخ.

ث. المكملات عى المستوى الخلوي وتحت الخلوي complementation on Cellular and Subcellular Level

يعد نمو النبات الهجين، الذي يبتدئ من تحفيز البذرة على الانبات وحتى النضج التام واعطاء الحاص الاقتصادي عبر سلسلة من العمليات الحيوية التي تؤثر في نمو وتحفيز خلايا النبات في فترة النمو الخضري والبناء الضوئيوانعكاسها على قوة النمو وتطور الاوراق والكتله الحيوية والماده الجافه عما هو عليه في نباتات ابوي الهجين بما يمثل التهجن (Liu واخرون، 2021). لو افترضنا ان سلسلة العمليات الحيويه تكتمل بستة خطوات (من A الى F) وان نقص كفاءة احد الانزيمات في الخطو B مثلاً ستؤدي الى خفض معدل تخليق الماده X لأحد الأبوين، ونفس الحال لنقص الخطوه D في الاب الثاني، فان التهجين بين كلا الابوين سينعكس على التفاعل الذي سيكمل الخطوات الست بطريقه يكمل احد الابوين الاخر في ذريتهما للخطوات التيفيها نقص ما ويعطي بالتالي هجيناً مكتملاً بخطواته الست في الجيل الاول.

ج. توازن التفاعلات الأيضية (التوازن الأيضي) metabolism Balance

ان الشكل المظهري للنبات ما هو الا انعكاس لطبيعة وميكانيكية التفاعلات الكيموحيوية المتعددة، والتي تخضع بدورها للسيطرة الوراثية، فتتحلل الانزيمات العديده المستخدمة في العمليات الايضية المهمة ولا يمكن ايجادها في هجن الجيل الاول، التي تظهر بها صفة التهجن، الا القليل منها، مما جعل Hageman واخرون (1967) ان يفترضوا ما يسمى " الموازنة الأيضية"، والتي تعد اساس عملية التهجن التي ينتج عنها افضل نمو وكل الصفات الاخرى التي اشار اليها كل من East و Shull (1909) في تعريفهم ظاهرة التهجن. ان التفاعلات الأيضيه الحاصلة في وقت واحد للمكونات المختلفة في خلية الكائن الحي تبدي بعض الانتظام المهم والضروري لإعطاء نتائج كفوءهلكل مكون تصل فيه هذه التفاعلات. يعتقد ان من الصعوبة معرفة كمية هذا التوازن الأيضي، والأكثر من ذلك معرفة طبيعة العلاقة بين هذه التوازنات الأيضية وطبيعة النمو التي يعبر عنها الكائن الحي بشكله المظهري. اظهرت الانزيمات الهجينة في انتيجين مجاميع دم الانسان، والتي تم تحليلها بتقنية الهجرة

الكهربائية electrophoresis، مواد كيميائية جديده تختلف عن انزيمات الدم للاباء. يوضح الشكل (15–2) ظهور انزيم الاستريز في هجين الذرة، فعكس ظهور صفات جديدة لم تكن موجودة او تختلف عنها في آبوي الهجين، وهذا ما اكده وجده MÔro واخرون (2017) في دراستهم للانتخاب المظهري والتنبؤ بحاصل الهجن واللقائح الاختباري.

ح. الهورمونات والعوامل الاخرى Hormones and Other Fctors

تعد الهورمونات والفيتامينات من المواد الكيميائية المهمة والمؤثرة في نمو وتطور الكائن الحي، حيث التأثي الفسيولوجي في تحفيز كل سلسلة التفاعلات والعمليات الحيوية. وجد Robbins (1940 و 1952) و Sinkovics (1963) من تحليل عوامل النمو المختلفة من فيتامينات ومنظمات نمو في جذور السلالات الابوية وهجينهما، افتقار احد الابوين لفيتامين pyridoxine والاب الاخر لفيتامين nicotinamide وعدم وجود هذا النقص في هجينهما، وعللوا ظاهرة التهجن بالتالي بفعل الجين المكمل والمسؤول عن انتاج الهورمونات ومنظمات النمو.

هناك نظريات اخرى تفسر ظاهرة التهجن، ومنها ما يختص بتأثير الجين البسيط وغيرها تعود الى التباين الجيني واخرى لتأثير السايتوبلازم او الاليلات المتعددة، فيستنتج من كل ما سبق الاتي:

1. تعد نظريتي التغلب وفوق التغلب اكثر النظريات إقناعاً وتفسيرً للتهجن.
2. يحدث التهجن بين التراكيب الوراثية المتباعدة، اي اشتراك عدد كبير من الجينات في إظهار تأثيرها في ناتج التزاوج بين الاباء المتباعدة.
3. يكون التهجن على أشدهِ في الجيل الاول، ويتدهور تدريجياً في الاجيال اللاحقة.
4. يحدث التهجن في مجمل صفات النبات، وأكثرها وضوحاً الصفات الكمية التي يتحكم بها عدد كبير من الجينات.
5. لا يمكن الأخذ بأي نظرية لوحدها وإهمال النظريات الاخرى التي تفسر التهجن، حتى ولو لنبات واحد فقط.
6. تظهر تأثيرات التهجن بشكل واضح وكبير في نباتات خلطية التلقيح اكثر مما هي عليه في نباتات ذاتية التلقيح.

7. يحدث التهجن بدءاً من مكونات الخلية وصولاً الى الشكل النهائي للكائن الحي.

لابد من الاشارة الى اهمية دراسة قدرة التآلف العامه في الاجيال المبكرة من التلقيح الذاتي، وداسة قدرة التآلف الخاصة والتي تحدد السلوك والتوافق الوراثي لكل سلالة مع السلالات الاخرى، فتؤشر بوضوح نوع التوافق الوراثي الذي يمكن اجراؤه لإنتاج البذور الهجينة (ضايف واخرون، 1985).

التحليل الوراثي والفسيولوجي للتهجن Physiological and Genetic Analysis of Heterosis

استخدمت التحاليل الاحصائية والوراثة الكمية من قبل العديد من مربي النبات في برامج التربية والتحسين (Balzarini واخرون، 2002 و Flachenecker واخرون، 2006 و Lstiburek واخرون، 2005 و Milligan واخرون، 2003 و Perkins و Jinks ، 1968 و Piepho و Williams، 2006) لأنتخاب توليفات الاباء التي تعكس تأثيرات التهجن الرئيسة في ذرياتها. وعليه، فان المراجعة العلمية في هذا الفصل ستناقش بعض المظاهر المتعلقة بالستراتيجيات الرئيسة ومواطن القوة والضعف.

تعد صفات النمو المتعلقة بارتفاع النبات والمساحة الورقية والكتله الحيوية وتجميع المادة الجافة وتزهير النبات وحاصل البذور ومكوناته وحتى الصفات النوعية لمكونات النبات والبذور مهة في معرفة طبيعة التحليل الوراثي والفسيولوجي للتهجن. لأجل بيان اهمية تلك الصفات، لابد من دراستها بشكل تفصيلي:

أ. التهجن في ارتفاع النبات

ان حدوث التهجن في صفة ارتفاع النبات ظاهرة شائعة في هجن الجيل الاول. يوضح الجدول (15-4) متوسط ارتفاع النبات في هجن الجيل الاول وآبائها لمحاصيل اذرة والسورجم والفاصوليا، اذ يتبين حدوث زياده قدرها 22.4 و 31.7 و 41.5، وعلى التواي عن كل من الابوين.

من الناحية الفسيولوجية، يمثل ارتفاع النبات انعكاس لصفتي عدد العقل على الساق ومتوسط طول السلامية، اي المسافة بين عقدة والتي تليها. يمكن تحليل صفة ارتفاع النبات وراثياً بوحدات تتوارث بصورة مستقلة، اي يجب معرفة افضل

الجدول (15-4): متوسط ارتفاع النبات في هجن الذرة والسورجم والفاصوليا وآبائها والنسبة المئوية للتهجن على أعلى الابوين.

المحصول	متوسط ارتفاع الاب الاول (سم)	متوسط ارتفاع الاب الثاني (سم)	متوسط ارتفاع هجين الجيل الاول (سم)	% للتهجن على أعلى الابوين
الذرة	148.2	135.7	181.4	22.4
السورجم	96.2	76.8	126.7	31.7
الفاصوليا	116.0	114.4	161.9	41.5

الجدول (15-5): مكونات تحليل التهجن لصفة ارتفاع النبات لمحصول الفاصوليا

التركيب الوراثي	عدد العقد	المسافة بين العقد (سم)	ارتفاع النبات المحسوب (سم)	ارتفاع النبات الملاحظ (سم)
الاب الاول	24.2	4.9	118.6=4.9 x 24.2	116.0
الاب الثاني	17.3	6.6	114.2=6.6 x 17.3	114.4
الهجين الفردي	23.8	6.8	161.8=6.8 x 23.8	161.9

عدد من العقد على الساق وافضل متوسط لطول السلامية ذات التلازم الوراثي، اي بتوارث مستقل. يوضح الجدول (15-5)جينات فوق التغلب over dominance في صفة ارتفاع

النبات، اذ يتبين استقلال توارث صفتي عدد العقل على الساق ومتوسط طول السلامية منجهة، وان الهجين يتبع أعلى

الابوين بالنسبة لمتوسط كلا الصفتين. يتبين ان صفة ارتفاع النبات تعد ناتج تضاعف او تكثير وليست ناتج إضافة، ويبدو ان ارتفاع النبات النهائي لهجن الجيل الاول نتيجة تأثير جينات فوق التغلب. وعليه، فان وراثة صفتي عدد العقد وطول السلامية من فعل الجين المضاعف والذي ادى الى التهجن.

من نتائج دراسة تزاوج اباء اخرى من الفاصوليا، وجد ان التهجن لإرتفاع النبات يعود الى زيادة عدد العقد فقط، ولم يتأثر متوسط طول السافة بين العقد، لذا انخفض حدوث التهجن، اذ تبين ان اكبر عدد للعقد على الساق هو المسؤول عن اطالة مرحلة النمو.مثل هذه النتائج تم الحصول عليها في محصول السورجم، حيث تأثير جينات فوق التغلب مقارنةً بالسلالات الابوية للهجين (Khanna، 1974)، (الجدولان، 15–6 و 15–7)، على التوالي.

الجدول (15–6): مكونات تحليل ارتفاع النبات في الفاصوليا

التركيب الوراثي	عدد السلاميات	طول السلامية	ارتفاع النبات المحسوب(سم)	ارتفاع النبات الملاحظ (سم)
الاب الاول	6.5	5.9	38.3=5.9 x 6.5	38.6
الاب الثاني	17.8	6.1	108.6=6.1 x 17.8	105.5
الهجين الفردي	21.0	6.4	134.4=6.4 x 21.0	135.1

أظهرت النتائج ان نظرية فوق التغلب هي التي تفسر التهجن في صفة ارتفاع النبات في الذرة البيضاءكما في الفاصوليا، ويمكن تفسيرها بالسياده المنلية البسيطع لمكونات الصفة. قد تمثل صف ارتفاع النبات الحاصل الاقتصادي لمحصول مثل قصب السكر، حيث العلاقة الموجبة بين التهجن وارتفاع او طول النبات، اذ يمكن اختيار الاباء التي يتوقع ان تفي

بالغرض الاقتصادي، بينما تعد العلاقة السلبية هي المرغوبة في نباتات جوز الهند ومثلها لزهرة الشمس.

ب. التهجن في المساحة الورقية Heterosis in Leaf Area

يعد تكوين اكبر مساحة ورقية احد اهم الصفات للحصول على حاصل عالي وتجميع المادة الجافة. اكدت الدراسات التي قام بها Yoshida (1972) ولعدة تجارب ان تفسير التهجن في المساحة الورقية لعدة محاصيل، انما يعود الى تأثير

الجدول (15-7): متوسط ارتفاع النبات في محصول السورجم

التركيب الوراثي	عدد العقد	المسافة بين العقد (سم)	ارتفاع النبات المحسوب(سم)	ارتفاع النبات الملاحظ (سم)
P1(msCK60)	13.0	7.40	96.2=7.4 x 13	96.7
P2(Is3691)	17.0	4.51	76.7=4.5 x 17	76.8
P1 x P2	17.0	7.45	126.7=7.45 x 17	126.7

جينات فوق التغلب (الجدول، 15-8). ان المساحة الورقية هي دالة حاصل ضرب متوسط مساحة الورقة وعدد الاوراق. اما مساحة الورقة، في اهم المراجع تم بحساب طولها وعرضها عند اوسع منطقة في نصل الورقة، او الاكتفاء بحساب طول الورقة، كما في الذرة، عندما يكون عدد اوراق النبات 1±11 او 1±12 (الساهوكي، 1985) وكما في المعادلتين:

$$\text{المساحة الورقية} = N(L \times W) \times K$$

$$\text{المساحة الورقية} = L_1^2 \times 0.64$$

اذ تمثل N عدد الاوراق، و L و L_1 طول الورقة والورقة تحت العرنوص، على التوالي، و W عرض الورقة و K ثابت.

يتبين ان مدى التهجن في محصول السورجم لصفة المساحة الورقية واسع، اذ تراوح بين 35.78 و 66.08 بينما بلغ 81.4 اي أعلى قيمة له في نبات الفاصوليا، ويظهر التحليل الوراثي للصف ان عدد اوراق النبات هو العامل الاكثر اهمية وتأثيراً (الجدول، 15-9)، اذ

يلاحظ ان عدد الاوراق في نباتات الجيل الاول في المتوسط، أعلى من الابوين ، بينما بلغ متوسط المساحة الورقية للجيل الاول 19249 سم^2/ نبات وهو أعلى من الابوين ايضاً.

الجدول (15-8): النسبه المئوية للتهجن في المساحة الورقية لمحصولي السورجم والفاصوليا

المحصول	متوسط المساحة الورقية (سم^2)			% للتهجن على اعلى الابوين
	للاب الاول	للاب الثاني	للهجين الفردي	
السورجم	1775	1590	2948	66.08
السورجم	2585	2323	3510	35.78
الفاصوليا	6964	10661	19249	81.40

الجدول (15-9): التحليل الوراثي للمساحة الورقية في نبات الفاصوليا

التركيب الوراثي	عدد الوريقات	مساحة الوريقة (سم^2)	مجموع المساحة الورقية (سم^2/ نبات)
الاب الاول	83	84	6964
الاب الثاني	320	33	10611
هجين الجيل الاول	334	58	19249

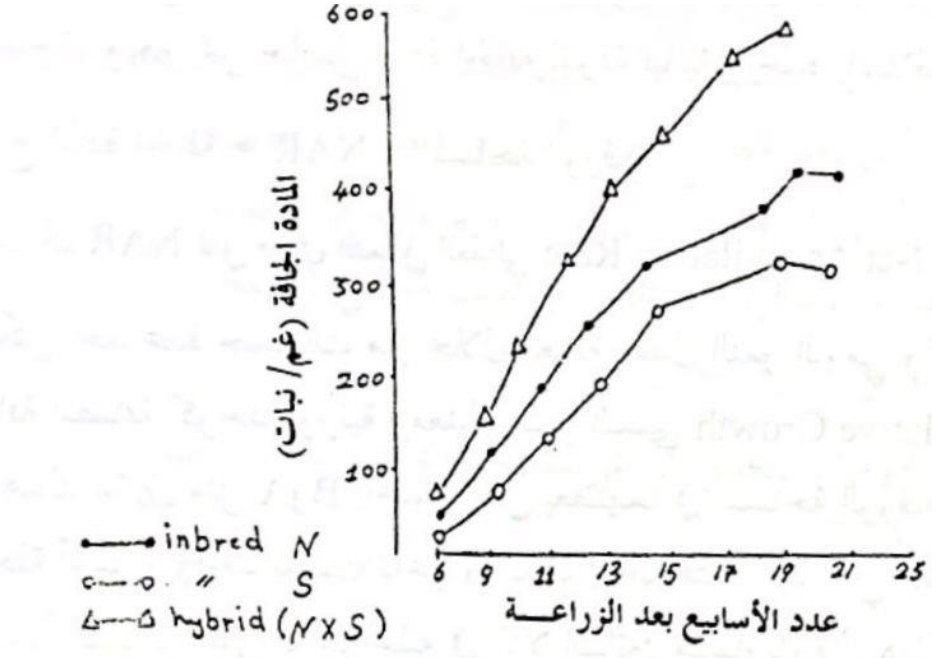
ت. التهجن في انتاج المادة الجافة Heterosis in Producyion of Dry matter

على الرغم من قوة الهجين في صفات النمو ومكونات الحاصل لهجن الجيل الاول على ابائها، الا ان المختصين في فسيولوجيا النبات لاحظوا الى جانب ارتفاع انتاج المادة الجافة في هجن الجيل الاول، وجود فرق كبير وواضح بين السلالات الابوية وهجنها عند الوصول الى النضج، بينما كان هذا الفرق بسيطاً في الاسابيع الاولى من النمو، اذ استمرت الزياده تدريجياً،

وازداد الفرق بمور الوقت واستمرار النمو (Allison، 1971 و Khanna، 1974). المساحة الورقية ومعدل البناء الضوئي هما المكونات الرئيسة لإنتاج الماده الجافة، ويعبر عن حاصلها بالعلاقة:

إنتاج المادة الجافة = صافي التمثيل الضوئي x المساحة الورقية

يمكن إجراء عدة حسابات بمعرفة معدل النمو اليومي وكمية المادة الجافة المضافة كوحدة وزنية ومعدل النمو النسبي relative growth rate. بفرض ان لدينا نباتين A و B اختلفا عن بعضهما بالمساحة الورقية بمتوسط قدره 20% لإسبوع واحد نتيجة تأخر الانبات في نبات A، فاذا بقي معدل البناء الضوئي على ما هو عليه في كلا النباتين متساوياً، سيكون الفرق واضحاً في نبات B عن نبات A، وسينعكس بالتالي على تكوين الاوراق الجديدة وحاصل المادة الجافة، لذا فان لمتوسط المساحة الورقية في المراحل الاولى من النمو اكبر الاهمية في انتاج المادة الجافة.

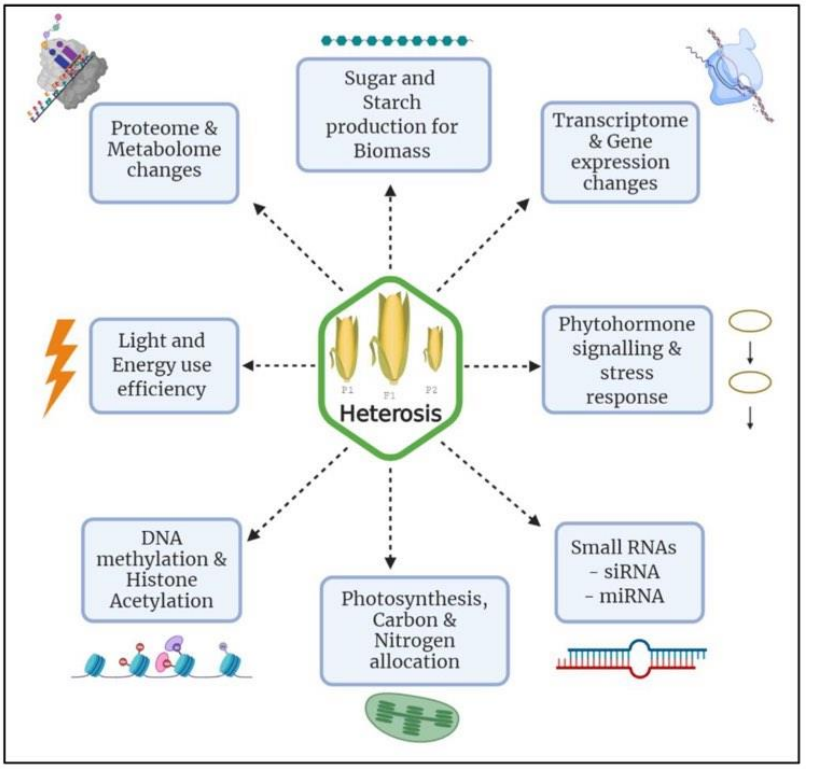


الشكل (15-3): انتاج المادة الجافة في هجين الذرة وابويه

لم تعطِ الدراسات الاولية حول قوة الهجين للمساحة الورقية اي نتائج واضحة حتى وجد Nosberger (1970) قوة الهجين في معدل صافي التمثيل الضوئي على اساس وحدة المساحة الورقية، اذ كانت قوة الهجين أعلى من متوسط الابوين، وكأن الهجين يتبع أحن الابوين.

ث. التهجن في معدل البناء الضوئي Heteros in Pgotosynthesis Rate

دراسات قليله اختصت بهذا الجانب، اذ لحظ Heichel و Musgrave (1969) قوة الهجين في معدل البناء الضوئي لهجن الجيل الاول عن ابائها المتباعدة، مثلما لاحظ Khanna وSinha (1975) قوة الهجين للصفة في الذرة، وبالتحديد في مرحلة البادرات (الشكلان، 15-3 و 15-4).



الشكل (15-4): التهجن في انتاج الكربوهيدرات والاستجابة للشد والتمثيل الغذائي ومثيلة الدنا وكفاءة استخدام الضوء والطاقة في التغيرات الايضية في الذرة.

ج. التهجن في نمو الجذور وامتصاص الماء والاملاح (سحب المغذيات) Heterosis in Root Growth and Nutrient uptake

عرفت قوة الهجين في نمو الجذور من قبل Ashby (1932 و 1937) اول الامر وتلتها دراسات عديدة ومنها دراسة Hoecker (2005)، اذ يعتمد نمو الجذور على طبيعة نمو الاجزاء الخضرية. لا يفوتنا ان نذكر ان جذور الكثير من النباتات تمثل الحاصل الاقتصادي المهم، كالدرنات (Stoy، 1969). إستنتج Reynolds واخرون، (2017) ان كل العمليات الحيوية فوق سطح التربة تتحول في النهاية الى نواتج غذائية تخزن في الجذور (الجدول، 10–15).

يتضح ان الهجين يتبع اقل الابوين، إذ ايد الكثير من الباحثين في دراساتهم ان قوة الهجين في نسبة او كمية المادة الجافة للمجموع الجذري ناتجة عن نمو الجذور في هجن الجيل الاول بقوه بالنسبة لإبائها. بينما ذكر اخرون عدم وجود قوة هجين في هجن الجيل الاول عن ابائها في كمية النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم الممتص من التربة، ونتائج اخرى مشابهة بالنسبة للكبريتات، حيث تحسب كمية المواد الغذائية الممتصة بالمعادلة:

المواد الغذائية (الاملاح الممتصة) = وزن الجذر x كمية الممتص منها لكل وحدة وزنية

الجدول (15–10): نسبة الاجزاء الخضرية الى الجذرية في السلالات الابوية وهجنها في الذرة

التركيب الوراثي	الوزن الجاف (ملغم)		نسبة الاجزاء الخضرية/ الجذريه
	للجذر	للاجزاء الخضرية	
La	194	247	1.27
Pr	161	268	1.66
La x Pr	327	428	1.30
Pr xLa	385	477	1.23

ان وزن الجذر يعني طبيعة النظام الجذري النشيط في امتصاص الاملاح، ويرتبط نمو الجذور طردياً مع نمو الاجزاء الخضرية. وعليهن لابد من حصول زيادة في نمو الجذور في الهجن كنتيجة لزيادة نمو المجموع الخضري للنبات (الجدول، 15–11).

الجدول (15-11): توزيع المواد الغذائية لكل وحدة وزنية اساسية في احد هجن ذرة السورجم وابويه.

المواد الغذائية (ملغم/ نبات)	الورقة			الساق		
	الاب الاول	الاب الثاني	الهجين الفردي	الاب الاول	الاب الثاني	الهجين الفردي
النيتروجين	254	251	381	127	150	232
الفسفور	26.7	26.6	37.4	17.1	18.4	26.6
البوتاسيوم	125.7	148.3	187.3	216.7	229.8	374.7

ح. التهجن في موعد التزهير Heterosis in fwering date

لموعد التزهير في معظم النباتات الاقتصادي التي تهم الانسان في غذائه وصناعته اهمية كبيرة تنعكس على سلوك وطبيعة نمو المحصول واداؤه الانتاجي، من جهة والصفات النوعية التي تهم المستهلك من جهة ثانية. تسلك صفة عدد الايام من الزراعة وحتى التزهير سلوكاً لا يختلف عن بقية الصفات الزراعية المتعلقة بنمو النبات او الصفات الكمية التي تخدم برامج التربية والتحسين الوراثي. يعد التهجن السالب في عدد الايام للتزهير او ما يعرف بالتبكير بالتزهير من اهم اهداف مربي النبات للتهرب من تأثيرات الشدود البيئية الاحيائية او اللاإحيائية (الجفاف والحرارة العالية او المسببات المرضية)، فالنباتات غير الحساسة للفترة الضوئية، مثل الذرة وزهرة الشمس وذرة السورجم والطماطة لا تزهر ما لم يتم التجميع الحراري المطلوب لتصل الى مرحلة التزهير، اذ يتم تجميع المادة الجافة المطلوبة للتزهير. يبتدئ التزهير في السورجم (الذرة البيضاء)، وهي من نباتات النهار القصير (Quinby، 1972)، لتتم المقارنة بين السلالات الابوية وهجنها، حيث يتبع احد الابوين والذي يحمل الجينات المتغلبة حيث عدم وجود قوة الهجين حتى ظهور العنقود الزهري، ونفس الحال بالنسبة للنباتات الحساسة للفترة الضوئية، مثل الحنطة والشعير والعديد من المحاصيل البقولية، اذ لم يتم الحصول على قوة الهجين في التزهير الذي تتبع فيه هذه الصفة الوراثة المندلية (Wellensiek، 1973). أيد Eberhart (1971) عدم وجوج فرق بين الاباء وهجنها في تزهير الذرة، خلافاً لما وجده

Hallauer و Sears (1972) عندما قاما بتهجين أباء مبكرة مع اخرى متأخرة التزهير فنتج عنها هجناً مبكرة بمتوسط 28 يوماً، في الوقت الذي حصلوا فيه على هجناً اخرى متأخرة التزهير بمتوسط 8 ايام، وايدهما بكتاش (1979) ويوسف (1997) الذي وجد ان اعلى قوة هجين سالبه وموجبة كانت -5.45% و 10.89%، على التوالي (الجدول، 15-12).

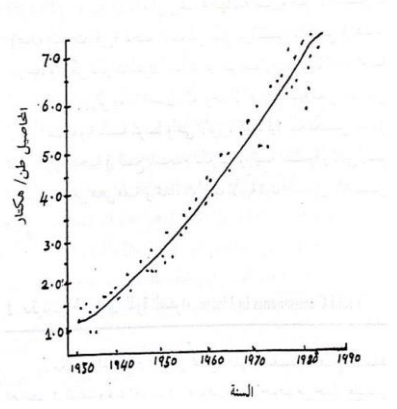
الجدول (15-12): عدد الايام للتزهير(الارقام القطرية وفوقها) وقوة الهجين (الارقام تحت القطرية) لـ 10 سلالات نقية وهجنها الفردية للذرة، متوسط عامي 1994 و 1995.

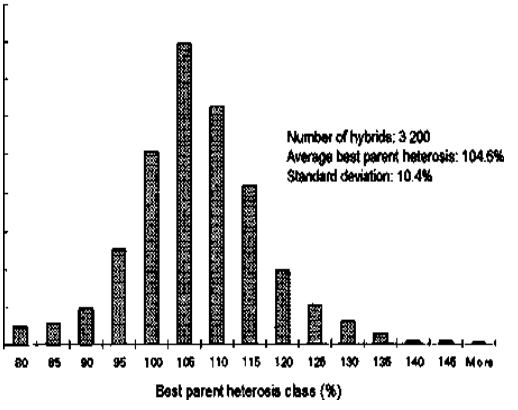
الاباء	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	63.5	63.5	61.7	66.3	64.2	65.0	64.8	63.3	64.5	63.3
2	0.00	64.8	62.8	66.7	66.5	63.7	64.7	61.8	65.7	65.0
3	5.11	6.98	58.7	61.5	63.2	61.0	60.5	56.2	59.3	62.7
4	4.4	2.93	4.77	67.7	65.2	65.3	62.3	63.0	63.3	66.3
5	1.10	1.54	7.67	3.69-	668.5	66.7	66.5	66.2	69.0	66.5
6	2.36	1.70-	1.70	0.00	2.14	65.3	63.7	62.5	65.5	65.8
7	2.05	1.89	3.07	1.89-	4.72	0.31	63.5	59.8	60.0	62.8
8	6.03	3.53	4.26-	5.53	10.89	4.69	0.17	59.7	56.8	59.5
9	1.57	2.33	1.02	1.40-	7.48	2.02	5.45	4.85-	64.2	65.3
10	0.31-	0.78	6.81	2.79	3.10	1.19	1.10	0.34-	1.71	64.5

خ. التهجن في الحاصل Heterosis in Yield

ذكر Hallauer واخرون (1972) ان الهجن التي تم الحصول عليها في السبعينات والثمانينات من القرت الماضي تختلف عن مثيلاتها في الثلاثينات، وعلل ذلك بالتحسين الوراثي للسلالات النقية الابوية، فالهجن الحالية تتفوق على الهجن القديمة بحاصلها، لمحصول الذرة، وتحملها للاجهادات البيئية اكبر (Vasal واخرون، 1995). الهجن القديمة لا تتحمل الزراعة

بكثافة نباتية عالية، حيث ظاهرة عدم تكوين العرانيص barrenness إذ ازدادت نسبة الرقاد (الاضطجاع) يوضح الشكل (15-5) حصول التحسين التدريجي في حاصل الذرة، ومثلها بالنسبة لذرة السورجم والدخن. اما التحسين الوراثي الفعلي والكبير فكان لمحاصيل القطن والقمح والرز والشعير ومحصول الطماطة، اذ تعزى تعزى قوة الهجين الى التحسين العالي لمكونات الحاصل (الجدول، 15-13).





الشكل (15-5): التوزيع التكراري للتهجن بالنسبة لأعلى الابوين في هجن الحنطة ومتوسط حاصل الذرة في الولايات المتحدة الامريكية للفترة 1930-1990

الحاصل من الصفات الكميه، وهو دالة مكوناته من الصفات الاخرى، ولكن يتم التعامل معه كصفة مستقلة (Allard، 1960). وجد Robinson واخرون (1956) من تضريب ستة أصناف من الذرة، ان متوسط حاصل الجيل الاول (109.5) زاد بمعدل 19.9% على متوسط الابوين و 11.5%ى على أعلى الابوين، بينما وجد Lonnquist و Gardner (1959) ان متوسط حاصل الجيل الاول كان 102.5 و 109.9% مقارنةَ بمتوسط وأعلى الابوين والصنف التجاري المزروع، على التوالي. أيد Moll واخرون (1962) تفوق قوة الهجين بين الاصناف قدره 104% على متوسط الابوين. مثل هذه النتائج حصل عليها Paterniani و Lonnquist (1963) لقوة الهجين بين الاصناف غير المرتبطة وراثياً genetically unrelated فتحققت زيادة 97% في حاصل حبوب الهجن عن متوسط الابوين و 76% عن أعلى الابوين.

الجدول (15-13): متوسط حاصل السلالات وهجنها لبعض المحاصيل ونسبة التهجن على افضل الابوين.

المحصول	السلالات وهجنها			% للتهجن على افضل الابوين	المصدر
	P1	P2	P1P2		
الذرة	120	60	260	111.7	Allison (1971)
السورجم	31	25	58	88.3	Khanna و Sinha (1975)
القطن	76	130	152	16.9	Harris و Loden (1954)
الحنطة	13	15	18	18.2	Walton (1971)
الشعير	68	56	88	29.8	Suneson و Riddle (1944)

يتسيد استخدام الهجن الفردية الزراعة عالمياً لتحقيقها قوة هجين اكبر مما تحققه الهجن الثلاثية والزوجية وهجن الاصناف (Ebehart و Russell، 1969)، اذ اشارا الى اهمية دراسة التداخل بين الوراثة والبيئه لمعرفة استجابة السلالات النقية للبيئات المختلفة فيتحدد اداء الهجن واستقرارها الوراثي والمظهري. ان النتائج التي قدمها Ebehart (1971) اوضحت أهمية إدخال الاصناف الاجنبية في برامج التربية والتحسين المختلفة لأستنباط السلالات النقية المتفوقة وتحسين مصادر المقاومة الوراثية للمسببات المرضية والحشرية. اما Grogan و

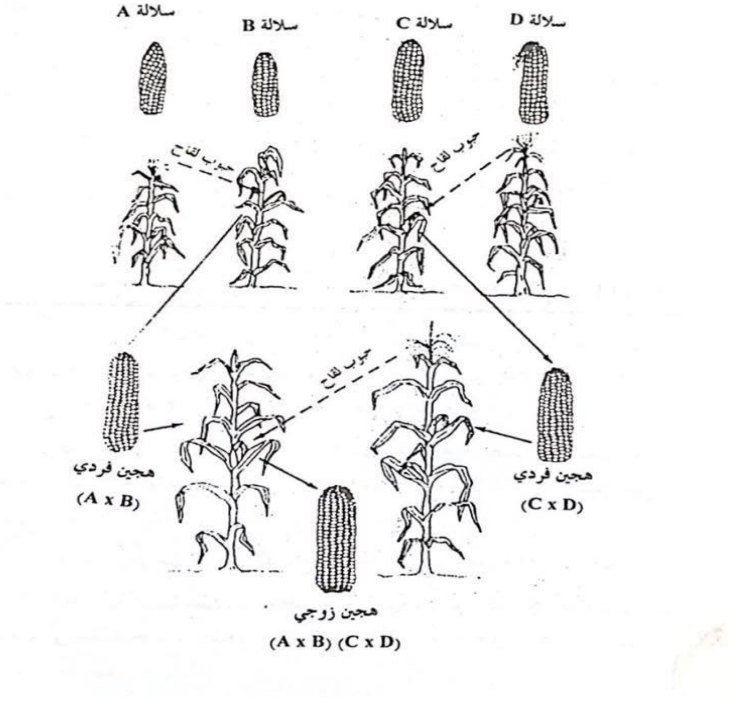
Francis (1972) فوجدا قوة هجين قدرها 25.8% من تهجين أدنى الاباء حاصلاً، بينما كانت 8.44% بين اعلى الاباء، واختلف معهما Nawar واخرون (1980 و 1981) وحصل Misevic (1989) على حاصل حبوبي قدره 13.745 طن/ هكتار من تهجين سلالتين متفوقتين من الذرة بقوة هجين 128% عن اعلى الابوين.

التهجين التبادلي Diallel cross

يعد تصميم التزاوج بين السلالات الابوية او التراكيب الوراثية بكافة الاحتمالات (التوافيق) الممكنة افضل ستراتيجية لتحديد قابلية التآلف العامة والخاصة للاباء الداخلة في التزاوج. ان المحدد الرئيس لتطبيق تصميم التزاوج هذا هو الحاجة الى عدد كبير من احتمالات التزاوج لأجل تقييمها. وعليه، فان تفسير النتائج قد يتأثر بعدد ونوعية البيانات المطلوب الحصول عليها لأعطاء تقديرات دقيقة (Burow و Coors، 1993). بزيادة عدد الاباء الداخلة في التهجين يزداد عدد التهجينات المطلوب تقييمها، وبالتالي يزداد التحليل الاحصائي الوراثي تعقيداً. يمكن تطبيق التهجينات والتهجينات العكسية لكل التوليفات الممكنة فيسمى full or complete diallel cross او يطبق التهجين التبادلي الجزئي partial diallel cross في حالة الاكتفاء بتهجينات موجهة (محددة) او عند فقد بعض اتجاهات التهجينات الممكنة. ربما تظهر بعض حالات عدم التوافق البيئي او محددات بيئية تمنع اجراء بعض اتجاهات التهجين، فيؤدي الى صعوبة التحليل الاحصائي وعدم الحصول ع لى المعلومات الوراثية المطلوبة. على العموم، يبقى هذا النوع من تصاميم التزاوج هو الافر حظاً في التطبيق والاستخدام والتحليل والتفسير، ولتقدير المعايير الوراثية التي تخدم برامج التربية اللاحقة وانتخاب افضل الاباء لأنتاج الهجن. تعد تصاميم التزاوج بطرائقها الاربع التي اقترحها Griffing (1956) الاكثر شيوعا واستخداما لتقدير قابليتي التآلف العامة والخاصة، بينما تراعي طريقة Gardner و Eberhart (1966) الدقة في تقييم الغزارة الهجينية. اما طريقة Hayman (1954)، فتزود مستخدمها بمعلومات علمية دقيقة حول الآليات الاساسية لتوارث الصفات وفق القيمة الوراثية لكل اب مستخدم، ومعيار الانتخاب الممكن استخدامه. أعيد النظر في استخدام طريقتي تحليل Gardner و Eberhart الثانية والثالثة من حيث الاستخدام والتفسير برغبة عالية خلال اواخر القرن العشرين (Murray واخرون، 2003). ان بعض برامجيات التحليل الاحصائي الحاسوبي المتوفرة مثل DIALLEL-SAS05 (Zhang واخرون، 2005) ساعدت مربي النبات كثيرا

في تطبيق تصاميم التزاوج المطلوبة وتحليلها احصائياً. هناك بعض الامثلة لتحليل الهجن التبادلية المستخدمة في انتخاب الاباء لمحصول الذرة كما عرضها يوسف (1997) للذرة و Melani و Carena (2005) ويوسف واخرون (2007) و kumar واخرون (2018) للحنطة و Barbieri واخرون 2001) للشوفان (Lorenzeti واخرون، 2005) وللفاصولياء (Machado واخرون، 2002) ولفول الصويا (Cruz واخرون، 1987) والفلفل الاخضر (Miranda واخرون، 1998).

اختلفت الطرائق المستخدمة باختلاف الانموذج الرياضي المستخدم وعدد الاباء الدتخلة في الدراسة، ففي دراسة يوسف (1997) استخدمت الطريقة الثانية لأنموذج Griffing (1956) باستخدام 10 اباء تمثل سلالات نقية من الذرة، بينما استخدمت يوسف واخرون، (2007) التهجين التبادلي الكامل لأصناف مختلفة من الحنطة وسبعة اصناف وهجنها من الحنطة (Singh واخرون، 2012)، وادخل Lorenzeti واخرون (2005) خمسة اباء من الشوفان في برنامج تهجين تبادلي كامل من دون ادخال الاباء في التجربة والتحليل الاحصائي. يوضح الجدول (15–14) المتوسط العام والاباء لأهم الصفات وتوريثها الضيق والتقدم الوراثي ونسبته المئوية بالنسبة لأباء الهجن.



الشكل (15–6): انتاج الهجن الفردية والزوجية في الذرة

الهجن القمية

يعد التهجين القمي احد اهم الاساليب الكفوءة في معرفة الاباء المتفوقة من خلال لقائحها التي تشترك بها مع اب معروف ومحدد، فالتهجين القمي هو التهجين الذي يمثل تضريب اب محدد (ذو قاعدة وراثية واسعة او ضيقة) والذي يسمى كشافاً Tester مع مجموعة كبيرة من التراكيب الوراثية او سلالات التربية في اجيالها المبكرة او سلالات نقية او مفتوحة التلقيح، وحتى التركيبية منها، لكيما يتبين من خلال تقييم الذرية الناتجة معرفة اللقائح المتفوقة والتي يعزى

الجدول (15-14) المتوسط العام ومتوسط الاباء لأهم الصفات وتوريثها الضيق والتقدم الوراثي ونسبته المئوية بالنسبة لأباء الهجن في الحنطة*.

الصفة	المتوسط العام	% للتوريث الضيق	التقدم الوراثي	متوسط الاباء	% للتقدم الوراثي بالنسبة للاباء
عدد الايام للتزهير	67.2	59.0	8.7	65.7	13.3
عدد الايام للنضج	113.6	98.3	24.4	109.4	22.3
عدد الايام للطور الخضري	47.0	69.2	19.3	44.5	43.5
عدد اشطاء النبات	8.5	1.9	3.7	7.0	53.1
ارتفاع النبات (سم)	69.4	15.1	15.9	68.3	23.2
طول السنبلة (سم)	10.5	19.8	2.3	9.8	23.7
عدد سنيبلات السنبلة	20.4	10.5	2.1	19.3	10.8
عدد حبوب السنبلة	57.7	15.3	11.3	56.2	20.1
الحاصل البيولوجي (غم)	31.6	21.8	14.2	26.0	54.6

% لدليل الحصاد	51.7	15.8	19.3	44.4	43.4
الوزن النوعي (غم)	39.0	4.6	9.8	35.8	27.3
صلابة البذور (كغم/ بذرة)	10.8	30.1	1.5	10.6	14.3
% للبروتين	12.2	44.5	1.1	12.1	9.0
حاصل الحبوب (غم)	16.1	8.7	7.5	11.3	66.8

*المصدر Singh واخرون (2012)

تفوقها الى التركيب اوراثي او سلالة التربية. وعليه، يكون من السهل تقييم قابلية التآلف العامة او الخاصة لكل تركيب وراثي بالنسبة للكشاف، فيمكن تشخيص التراكيب المتفوقة من خلال اختبار ذرياتها.

هناك مظهرين من مظاهر تقدير اداء الاباء من خلال توليفاتها مع اب مشترك هما: 1) مشاركة كل اب في نقل تأثيره الوراثي الى الذرية او ما يعرف ($X_{parents}$ x $X_{projenies}$)، ومن الامثلة على ذلك، هو الفعل الجيني الاضافي و 2) الموضوعية في النتائج المتحصل عليها من طبيعة البيانات للصفات الكمية او الوصفية. ان النتائج المتحققة من تطبيق اسلوب التهجين القمي،كتقنية كفوءة استناداً لعدد التراكيب الوراثية الداخلة في الاختبار واستناداً الى الثقة بتقديرات التوريث بمفهومه الضيق ($h^2 = 6^2A/ 6^2P$)، حيث h^2 يمثل التوريث الضيق و 6^2A التباين الوراثي الاضافي و6^2P التباين الوراثي المظهري. لابد من الاشارة الى ان هذه التقنية قد تعاني في بعض الاحيان من الضعف والاخفاق، عندما يعطي احد الاباء نتائج غير مرضية عندما يتم تهجينه مع سلالات ابوية اخرى على الرغم من امتلاكه قابلية تآلف عامة عالية، وخصوصاً اذا ما كان الكشاف ملائماً في دراسات تقدير قابلية التآلف العامة. اما النتائج الايجابية التي تستخلص من التهجين القمي، فانها غالباً ما تعكس تأثير الجينات اللاضافية التي المكملة، والتي تسلك سلوكا متميزاً في الذرية المتحصل عليها من التهجين بين السلالات الابوية المتفوقة، فينتج عنها اداءً ضعيفاً.

1. مكونات حاصل القمح Yield Components in Wheat

تمثل صفات عدد السنابل في النبات وعدد السنيبلات في السنبلة وعدد حبوب السنيبلة ووزن الحبة المكونات الرئيسة لحاصل حبوب الحنطة. ولما كان عدد السنيبلات في السنبلة وعدد حبوب السنيبلة يمثلان عدد حبوب السنبلة، فيستعاض عنها كما في المعادلة التاليه:

حاصل النبات (غم)= عدد السنابل في النبات x عدد حبوب السنبلة x وزن الحبة

على الرغم من تأخر انتاج هجن الحنطة لعقود عديدة، مقارنة بالذرة وزهرة الشمس وبعض محاصيل الخضر (Sinha و Khanna، 1975)، يعتقد الكثيرين ان قوة الهجين ليست عاليه في مكونات الحاصل (عدد السنيبلات في السنبلة وعدد حبوب السنيبلة)، الا ان اصناف الهجن الحالية قد اثبتت تفوقها في قوة الهجين وخصوصاً لصفة وزن الحبة وكذلك لعدد السنابل في النبات (الاشطاء او الفروع المثمرة)، والتي تتأثر كثيراً بالظروف البيئية وظروف الإدارة الحقلية (Asana، 1968 و Slafer و Araus، 2007 و Almajidy واخرون، 2017). اظهرت الهجن الحديثة للحنطة تفوقها في عدد السنابل في المتر المربع، والذي زاد عن 600 سنبلة (Jian واخرون، 1973)، حيث ارتفعت كفاءة التمثيل الغذائي فوصل عدد السنيبلات على الفرع الرئيس main shoot اكثر من 35 سنيبلة. ان اطالة فترة نمو السنبلة (من التلقيح – النضج) يزيد من تراكم المادة الجافة في السنبلة وينعكس على زيادة وزن الحبة ن جه، وعددالحبوب في وحدة المساحة (Slafer و Araus، 2007). وجد Bailey واخرون (1980) ان التأثيرات الاضافية والغزارة الهجينية لها الاثر الاكبر في الهجن التبادلية الثنائية والثلاثية diallel and triallel crosses لأربعة اصناف من القمح، ولم يكن لتأثيرات الجينات غير الاليلية epistasis اية اهمية في التغاير الوراثي الكلي وهو ما اكدته دراسة Yousif واخرون (2015) في العراق، ووجد Baloch واخرون (2016) و Kutlu و Olgen (2015) في تركيا أهمية اكبر للتأثيرات الاضافية ن مثيلاتها غير الاضافية على الرغم من معنوية كلا التأثيرين في صفات عدد السنيبلات وعدد حبوب السنبلة العائد للسيادة الجزئيه وتأثير فوق التغلب للصفات الاخرى مثل موعد التسنبل والنضج وطول السنبلة ووزن حبوب السنبلة.

2. مكونات الحاصل في الذرة Yield Coponents in Maize

تمثل صفات عدد عرانيص النبات وعدد حبوب العرنوص ووزن الحبة مكونات حاصل الذرة، ولما كان عدد حبوب العرنوص دالة لعدد صفوف الحبوب في العرنوص وعدد حبوب الصف الواحد، فان حاصل النبات يتحدد بالمعادلة:

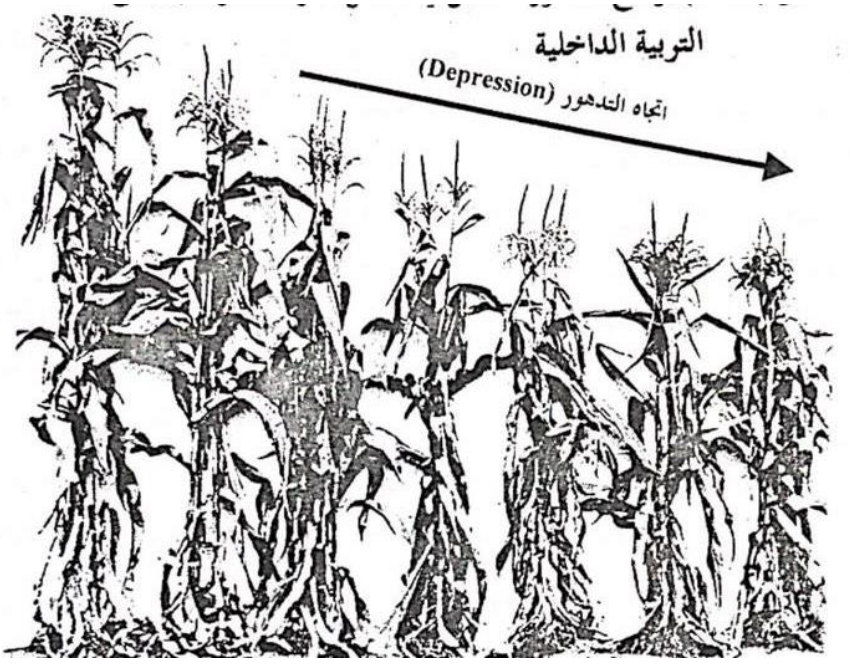
حاصل الحبوب= عدد عرانيص النبات x عدد حبوب العرنوص x وزن الحبة (غم/ نبات)

= عدد عرانيص النبات x عدد حبوب الصف x عدد صفوف

الحبوب في العرنوص x وزن الحبة الواحدة

عرف ان صفة عدد العرانيص في النبات لا تتبع نظرية فوق التغلبن أو التهجن، وان الحاصل يتأثر بعدد الصفوف في العرنوص وعدد الحبوب في الصف ووزن الحبوب. اوضحت البيانات التي قدمها يوسف (1997) ان التهجن يعود بة الى عدد الحبوب في الصف بصورة رئيسه، إذ يحكم الصفة فعل الجينات الاضافية اكثر مما هو للجينات غير الاضافية، على الرغم من وجود تأثيرات كليهما (الجدول، 15-15). لم تعرف طبيعة وآلية حدوث التهجن لصفة عدد حبوب الصف للتهجن في الجيل الاول عن ابويه، وان صفة طول العرنوص ترتبط بعدد حبوب الصف، فكلما كانت نسبة الخصوبة للزهيرات الملقحة عاليه كلما ادى الى تطور النمو وزيادة طول العرنوص.

أوضح كل من Hull (1952) و Leng (1954) و Ghildiyal و Sinha (1973) ويوسف (1997) التهجن المعنوي العالي لصفة وزن الحبوب، إذ بلغ 17.66% عن اعلى الابوين. يوضح الشكل (15-6) تدهور الحاصل بعد الجيل الاول لأحد هجن الذرة في الجيل الاول.



الشكل (15-7): التدهور في حاصل الذرة وارتفاع النبات نتيجة التربية الداخلية لأكثر من ستة أجيال

3. مكونات الحاصل في الذرة البيضاء (السورجم) Yield Components in Sorghum

تمثل صفات عدد الحبوب في العنقود الزهري ووزن الحبوب مكونات الحاصل في محصول السورجم، وتضيف بعض الدراسات عدد الفروع الثانوي للعنقود الزهري، إذ يحكم هذه الصفات لفعل الجيني الاضافي x الاضافي او الاضافي x المتغلب، اما حساب الحاصل فيتم بالمعادلة:

حاصل الحبوب= عدد الفروع x عدد حبوب الفرع x وزن الحبة

تتوارث اغلب صفات مكونات الحاصل في ذرة السورجم بفع الجينات المتغلبه او المتغلبة جزئياً (الجدول، 15-16).

أما بالنسبة للتهجن في ذرة السورجم، فيذكر B lum (1977) تميز اداء إحد الهجن مقارنة مع ابويه للنمو السريع لأفرع العنقود الزهري الرئيس والثاني، ولم يختلف عدد الفروع في العنقود الزهري للنبات الهجي عن ابويه.

الجدول (15-15): متوسط عدد الحبوب في الصف (الارقام القطرية وفوقها) وقوة الهجين (الارقام تحت القطرية) لـ 10 سلالات نقية وهجنها الفردية للذرة، متوسط عامي 1994 و 1995.

الاباء	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40.72	45.9	43.65	43.45	42.48	42.92	45.7	43.15	4278	44.42
2	5.44	43.53	44.25	40.43	42.62	46.85	40.97	39.68	46.67	49.67
3	4.34-	3.02	45.63	46.22	41.80	44.02	45.08	43.27	46.48	45.53
4	6.70	7.12-	1.29	40.00	43.3	44.80	43.42	43.57	43.42	40.07
5	4.32	2.09	8.39-	8.25	39.98	41.85	44.07	44.18	41.90	41.45
6	5.40	7.63	3.53	12.00	4.68	37.38	47.10	44.48	41.55	40.42
7	12.23	5.88-	1.21-	8.55	10.23	26.00	36.18	45.12	44.15	44.73
8	5.97	8.84-	5.17-	8.93	10.51	12.81	14.43	39.43	44.72	47.57
9	2.10	7.21	1.86	3.63	0.00	0.84-	5.37	6.73	41.90	45.63
10	9.01	14.10	0.22-	0.18	3.68	5.76	17.03	20.64	8.90	38.22

الجدول (15-16): متوسطات مكونات الحاصل في هجن ذرة السورجم واباؤها.

التركيب الوراثي	عدد حبوب العنقود الزهري	عدد فروع العنقود الزهري	عدد حبوب الفرع	وزن 1000 حبه (غم)	وزن حبوب العنقود الزهري (غم)
3197	2484	52.2	51	23.1	57
K56	2625	39.6	65	19.7	52.7
K56 x 3197	3397	49.8	71	1.22	87.8
S. E.	199	2.1	-	1.3	6.2
Msck 60B	1321	54.8	24.10	21.25	30.9
Is3691	1206	94.3	13.35	34.9	25.2
Msck 60B x Is3691	2453	89.5	27.40	29.7	58.2
CV.	239.4	4.89	-	0/05	404

4. التهجن في المحاصيل الزراعية الاخرى Heterosis in Other Field Crops

احدثت برامج تربية الهجن في المحاصيل الزراعية عموماً ومحاصيل الخضر مثل الطماطة والبصل والباذنجان والفلفل، بوجه خاص نهضة انتاجية كبيرة (الجدول، 15-3). سجلت محاصيل اخرى من هجن الشلغم (اللفت) والبقوليات الاخرى (Gowen، 1952 و Williams، 1959 و Singh، 1973 و Mak و Yap، 1977). وجد Williams (1959) تفوق ثلاث هجن من الطماطة في جيلها الاول على ابائها في حاصل الثمار، وحيث تتضمن مكونات الحاصل الرئيسة متوسط وزن الثمرة وعدد ثمار النبات، فانه لم يلاحظ اي حالة تهجن او تأثير لجينات فوق التغلب، وفسّر ذلك بتجاور هذه الصفات مع بعضها بشكل وحدة غير مستقلة داخل النظام الوراثي كان تأثيرا التغلب والتغلب الجزئي هو المسؤول عن حدوث التهجن لصفة الحاصل بسبب التفاعل المضاعف multiplicative interaction. مثلما وجد Singh (1973) عدم تفوق اي صفة من صفات مكونات الحاصل لهجن الجيل الاول على متوسط الابوين لمحصول اللفتن وان المسبب الرئيس للغزارة الهجينية يعزى لإرتفاع متوسط عدد الفروع الثانوية. في دراسة Mak و Yap (1977) لسبعة اصناف من الفاصوليا الطويلة Long bean تم تهجينها تبادلياً ومقارنتها مع ابائها (الجدول، 15-17)، اذ تفوقت معنوياً ثلاثة فقط على ابائها في محتوى البروتينن وتراوحت

الجدول (15-17): متوطات صفات حاصل البذور والبروتين و % للبروتين وطول القرنه للهجن وابائها في التضريبات التبادلية للفاصوليا الطويلة.

الصفة	متوسط الاباء	متوسط الهجن	الغزارة الهجينية*1	الغزارة الهجينية**2
% للبروتين	26.5	26.4	0.6-	2.5-
حاصل القرنة (غم/ نبات)	172.2	184.5	26.5	10.8
عدد قرنات النبات	15.6	19.3	27.0	11.0
عدد بذور القرنة	17.0	17.3	2.1	1.2-
وزن البذرة (غم)	13.0	13.3	2.8	8.1-
حاصل البروتين (غم)	9.3	11.7	28.8	6.4
طول القرنة (سم)	40.4	39.3	0.3	9.8-

الغزارة الهجينية %= (متوسط الجيل الاول – متوسط الابوين)/ متوسط الابوين

الغزارة الهجينية %= (متوسط الجيل الاول – أعلى الابوين)/ أعلى الابوين

النسبة المئوية للتهجن بين 40.7 او 63.2 بالنسبة لأعلى الابوين، وان التهجن لعدد بذور القرنة وطولها ووزن البذرة كان واطئاً بالمقارنة مع عدد قرنات النبات، والتي اعطت اكبر غزارة هجينية. مثل هذه النتائج حصل عليها Wells و Meredith (1986) لكمية حاصل القطن، إذ بلغ التهجن 14%، وعلل ذلك بزيادة وزن الجوز بدرجة اكبر مما لعدد الجوز في النبات، وان حاصل الجنية الاولى اكبر في الهجن، فضلا عن التبكير في النضج (الجدول، 15-18).

الجدول (15-18): متوسطات حاصل الياف القطن ومكوناته من ثلاث جنيات وثلاثة بيئات للهجن وابائها.

التركب الوراثي	حاصل الالياف كغم/هـ	عدد جوزه/م^2	وزن الجوزه (غم)	% للجنية الاولى	% للالياف	دليل البذور	دليل الالياف
متوسط الاباء	1453	81	4.6	55.9	38	10.6	6.5
متوسط الهجن	1654	83	4.97	60.6	38.2	10.8	6.6
أ. ف. م. 0.05*	144	8.0	0.15	6.5	0.4	0.3	o.2

*أ. ف. م. تعني أقل فرق معنوي عند ستوى احتمال 0.05

تحليل الحاصل في الهجن التي حدث بها غزارة هجينية

تعني كلمة الحاصل معاني عدة، فهي تمثل كل من المادة الجافة او البذور للمحاصيل البذرية، او الالياف للقطن او السكر بالنسبة للقصب السكري والزيت للمحاصيل الزيتية او المادة الخضراء للاعلاف، ومن ذلك يفهم ان التهجن في نباتات الهجن يعني كل مكونات الحاصل المسؤولة عن الحاصل الاقتصادي كما أوضحها Nichiporovich (1956) بالمعادلة:

الحاصل الاقتصادي= الحاصل البيولوجي x دليل الحصاد

بمعنى ان أي زيادة في الحاصل البيولوجي تعني زيادة الحاصل الاقتصادي. وبالمقابل، فان زيادة الحاصل الاقتصادي تعني إما زيادة الحاصل البيولوجي او دليل الحصاد، اي ان الموازنة التكميلية بين البناء الضوئي (يعبر عنها بمصطلح "المصدر" source) والقدرة الانتاجية للبذور seed potential (ويعبر عنها "المصب" sink)، للمحافظة على زيادة الحاصل، وخصوصاً عندما يتم الانتخاب للاصناف القصيرة في مدى واسع من البيئات تحت ظروف الشد (Slafer و Araus، 2007). ويبقى التساؤل المؤكد: في أي مرحلة يؤثر فيها البناء الضوئي المعبر عنه بالمصدر والمصب على النمو أو التطور أو كليهما في مرحلة امتلاء البذور؟ وهل يمكن غدار ومعرفة التحكم بها وراثياً او فسيولوجياً او حتى زراعياً؟. قام Allison و Watson (1966) بتوزيع حاصل حبوب الذرة بتقسيم اوراق النبات الى ثلاثة اقسام بعد ظهور المياسم (الحريرة)، وشملت: 1) الاوراق الخمسة العليا و 2)الاوراق الاربعة الوسطية و 3) الاوراق الستة السفلى، ووجدا ان توزيع الحاصل من حيث البناء الضوئي للاوراق اعلاه هو 40% و 35–50% و 5–25% عتمدين في تقديراتهم على ازالة الاوراق غير المطلوبة وآخذين بعين الاعتبار ما يتم بناؤه من ماد غذائية (المصدر) لتخزن في البذور (المصب). تبين ان الاوراق التي فوق العرنوص هي الاكثر اهمية وفعالية في تخليق الغذاء وبنائه. ذكر Ghildiyal و Sinha (1973) ان المساحة الورقية لأحد هجن الذرة للاوراق فوق العرنوص أكبر من مثيلتها لكلا الابوين بمتوسط 30% و 40%. كما وجد Fisher و Wilson (91971 ان الاوراق الاربعة العليا لذرة ورجم تعطي 75% من المادة الجافة تتجمع في الحبوب بعد التزهير.

أهم المراجع

الساهوكي، مدحت مجيد. 2021. كيف تظهر قوة الهجين؟. اتصال شخصي.

بكتاش، فاضل يونس. 1979. تربية الهجن الفردية وتقييم طرق الانتخاب للذرة (*Zea mays* L.) في وسط العراق. اطروحة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة– جامعة بغداد، العراق.

العذاري، عدنان حسن. 1987. تربية المحاصيل الحقلية، مطبعة جامعة الموصل، جمهورية العراق.

منظمة الاغذية والزراعه للامم المتحدة. 2017. دليل مطبوعات منظمة الاغذيه والزراعة. www.fao.org/publications

منظمة الاغذية والزراعه للامم المتحدة. 2016. الحفظ والتوع من الناحي العملية: الذرة والارز والقمح دليل لأنتاج الحبوب بشك مستدام. روما 2016.

يوسف، شذى عايد و ضياء بطرس يوسف. 2007. السلوك الوراثي وقوة الهجين لبعض صفات النمو لاصناف محلية من الحنطة الناعمة. مجلة الزراعة العراقية 12(2)6-12.

يوسف، ضياء بطرس. 1997. تقدير بعض المعالم الوراثية في تربية هجن الذرة الصفراء. اطروحة دكتوراه، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة- جامعة بغداد، العراق.

Allard, R. W. 1960. Principles of plant breeding. John Willey and Sons Inc., new York.

Lmajidy, L. I. M.; I. K. Hashim; M. I. Hamdan; and B. H. Hadi. 2017. Estimation of some genetic parameters in durum wheat. The Iraqi J. Agric. Sci.48(2)636-643.

Baloch, A. W.; . Baloch; M.J.Baloch; R. A. Kandhro; M.N. Kandhroh; N. Gandahi; G. M. Baloch; I.A. Baloch; m. Ali; and A. M. Baloch. 2016. Int. J. Biol. Biotech.13(1)107-110.

Balzarini, M.S.; B. Milligan; and M.S. Kang. 2002. Best linear unbiased prediction: a mixed-model approach in multienvironment trials. In: Kang MS (ed.), Crop Improvement: challenges in the twenty-first century, Haworth Press, Inc., New York.

Barbosa Neto, J. F.; M. E. Sorrells; and G. Cisar. 1996. Prediction of heterosis in wheat using coefficient of parentage and RFLPbased estimates of genetic relationship. Genome 39: 1142-1149.

Barbieri, R. L. F. I. F. Carvalho; J.F. Barbosa Neto; V. R. Caetano; V. S. Marchioro; R. Azevedo; and C. Lorencetti. 2001. Diallelic analysis for tolerance to barley yellow dwarf virus in Brazilian wheat cultivars (in Portuguese; English summary). Pesqui. Agropec. Bras. 36: 131-135.

Burow, M.D.; and J .Coors. 1993. Diallel analysis and simulation. Wisconsin: University of Wisconsin

Cao, D; J. H Orad. 1997. Pedigree and RAPD-based DNA analysis of commercial U.S. rice cultivars. Crop Sci. 37:1630-1635

Coors, J. G. nd S. Pndey. 1999. The genetics nd exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc., USA.

Crow, J. F. 1999. Dominance nd overdominance. In In Coors, J. G. nd S. Pndey (eds.). The genetics nd exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc., USA.

Cruz, C.D.; and A. J. Regazzi. 1997. Biometrical models applied to plant breeding (in Portuguese). Viçosa: Editora UFV, pp 390.

Cruz, C. D.; C. S. Sediyama; and T .Sediyama. 1987. Combining ability and reciprocal effects of some traits in soybeans (*Glycine Max* (L.) Merrill) (in Portuguese; English summary). Rev. Ceres 34: 432-439

Dewey, D. R. 1966. Inbrreding depression in diploid, tetraploid , and hexaploid crested Wheatgrass. Crop Sci. 6:144-147.

Diniz Filho, J. A. 2000. Comparative phylogenetic methods. Ribeirão Preto: Holos.

Duvick, D. N. 1999. Heterosis: Feeding people and protecting natural resources. P19-29. In Coors, J. G. nd S. Pndey (eds.). The genetics nd exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc., USA.

Eastin, J. D.; C. L. Peterson; F. Zavala- Garcia; A. Dhopte; P. K. Verma; V. B. Ogunlea; M. W. Witt; V. Gonzalex Hernandez; M. Livera Munoz; R. J. Gerik; G. I. Gandoul; M. R. A. Hovney and L. Mendoza Onofre. 1999. Potential heterosis associated with developmental and et-abolic process in sorghum and maize. P205-220. In Coors, J. G. nd S. Pndey (eds.). The genetics nd exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc., USA.

East, E. M. 1908. Inbreeding in corn . conn. Agr. Exp. Sta. Rpt. 1907:409-428.

Eberhart, S. A. 1971. Regional maize diallels with US and semi-exotic narieties. Crop Sci. 11:911-914.

Eberhart, S. A.; and Russell. 1966. stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.

Flachenecker, C.; M. Frisch; K. C. Falke; and A.E. Melchinger. 2006. Trends in population parameters and best linear unbiased prediction of progeny performance in a European F2 maize population under modified recurrent full-sib selection. Theor. Appl. Genet. 112: 483-491

Gale, M. D.; and K. D. Devos. 1998. Comparative genetics in the grasses. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 95:1971-1974.

Gandin, C. L. 1982. Analysis of segregating population and combining ability effects from different genotypes on the main characters of

importance in wheat (in Portuguese; English summary). M.Sc. diss. UFRGS.

Gardner, C. O.; and S. A. Eberhart. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics 22: 439-452.

Gardner, C. O.; and J. H. Lonnquist. 1959. Linkage and the Degree of dominance of genes controlling quantitative characters in maize. Agron. J. 51:524-528.

Gowen, J. W. (eds). 1952. Heterosis. Iowa State Col. Press, Ames, USA.

Grogan, C. O.; and C. A. Francis. 1972. Heterosis in inbred source crosses of maize (*Zea mays* L.). crop Sci. 12:729-730.

Hallauer, A. R.; and J. H. Sears. 1972. Integrating exotic germplasm into corn belt breeding programs. Crop Sci. 12:203-206.

Hayman, B.I. 1954. The theory end analysis of diallel crosses. Genetics 39: 789-809.

Hepburn, A. G.; F. C. Belnger; and J. R. Maththeis. 1987. DNA methylation in plants. Developmental Genettics. 8:475-493.

Hoecker, N.; B. Keller; H. peter Piepho; and F. Hochholdinger. 2005. Manifestation of heterosis during early maize (*Zea mays* L.) root development. Theor. Appl. Genet. 112:421-429.

Kumar, S.; and T. Mohapatra. 2021. Dynamics of DNA methylation and its functions in plant growth and development. Plant Sci., 21 May 2021. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.596236

Kutlu, I.; andM. Olgun. 2015. Determination of genetic parameters for yield components in bread wheat. Int. j. Biosiences 6(12)61-70.

Levings, C. S.; J. W. Dudley; and D. E. Alexander. 1967. inbreeding and crossing in autotetraploid aize. Crop Sci. 7:72-73.

Liu, W.; G. He; and X. Wa. 2021. biological pathway expression complementation contributes to bioma heterosis in Arabidopsis.PNAS April 20, 2021. 118(16)e2023278118; http://doi.org/10.1073/pnas.2023278118

Lorencetti, C.; F. I. F. Carvalho; G . Benin; V . Marchioro; A. C.; Oliveira; J. A. G. da Silva; I .Hartwig; D. A.M. Schmidt; and I. P. Valério. 2005. Combining ability and heterosis in diallelic oat cross (in Portuguese; English summary). Rev. Bras. Agrociên. 11: 143-148

Lstiburek, M.; T. J. Mullin; T. F. C. Mackay; D. Huber and Li, B. 2005. Positive assortative mating with family size as a function of predicted parental breeding values. Genetics 171: 1311-1320.

Machado, C. F.; J. B. Santos; G.H. S. Nunes; and J. B. Santos. 2002. Choice of common bean parents based on combining ability estimates. Genet.Mol. Biol. 25: 179-183.

Miranda, G.V. 1998. Genetic diversity and soybean cultivar performances as parents (in Portuguese; English summary). Ph.D. diss. Universidade Federal de Viçosa.

Milligan, S. B.; M. Balzarini; W.H. White. 2003. Broad-sense heritabilities, genetic correlations, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. Crop Sci. 43: 1729-1735.

Misevic, D. 1989. Identification of inbred lines as a source of new alleles for improvement of elite maize single crosses. Crop Sci. 29:1120-1125.

Moll, R. H.; W. S. Salhuana; and H. F. Robinson.1962. heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Sci. 2:197-198.

Môro, G. V.; . F. Santos; and C. L. de Souza Jr. 2017. Use of genomic nd phenotypic selection in lines for prediction of testcross in aize II: grain yield and plant traits. Euphytica 213:128 Doi 10.1007/s10681-017-1915-3.

Murray, L. W; I M. Ray; H. Dong; and A . Segovia-Lerma. 2003. Clarification and reevaluation of population-based diallel analyses: Gardner and Eberhart Analyses II and III revisited. Crop Sci. 43: 1930-1937.

Nawar, A. A.; M. E. Gomaa; and M. S. Rady. 1980. Heterosis and combining ability in maize. Egypt J. Gent. Cytol. 9:255-267.

Nawar, A. A.; A. A. abul-Nass; and M. E. Gomaa. Heterosis and general vs. specific combining ability among inbred lines of corn. Egypt J. Gent. Cytol. 10:19-29.

Oliveira, A. C. 1998. Building plant genetic maps (in Portuguese). In: Milach SCK (ed.) DNA Markers in Plants, Porto Alegre, Editora da UFRGS.

Paterniani, E.; and J. H. lonnquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (*Zea mays* L.). crop Sci. 3:504-507.

Piepho, H. P.; E. R. Williams. 2006. A comparison of experimental designs for selection in breeding trials with nested treatment structure. Theor. Appl. Genet. 113: 1505-1513

.- Reynolds, M. P.; A. J. D. Pask; W. J. E. Hoppitt; K. Sonder; S. Sukumaran;. G. Molero; C. Saint Pierre; T. Payne; R. P. Singh; H. J. Braun; F. G. Gonzalez ; I. I. Terrile; N. C. D. Barma; A. H. Zhonghu He; Z. Fan; D. Novoselovic; M. Maghraby; K. I. M. Gad; EH. G. Galal;

A. Hagras; M. M. Mohamed; A F. A. Morad; U Kumar; G. P. Singh; R. Naik; I. K. Kalappanavar; S. Biradar; S. V. Sai Prasad; R. Chatrath; I. Sharma; K. Panchabhai; V. S. Sohu; G. S. Mavi; V. K. Mishra; A. Balasubramaniam; M. R. Jalal-Kamali; M. Khodarahmi; M. Dastfal; S. M. Tabib-Ghaffari; J. Jafarby; A. R. Nikzad; H. A. Moghaddam; H. Ghojogh; A. Mehraban; E. Solı´s-Moya; M. A. Camacho-Casas; P. Figueroa-Lo´pez; J. Ireta-Moreno; J. I. Alvarado-Padilla; A. Borbo´n-Gracia; A. Torres; Y. N. Quiche; S. R. Upadhyay; D. Pandey; M. Imtiaz; M. U. Rehman; M. Hussain; M. Hussain; R. Ud-Din; M. Qamar; M. Kundi; M. Y. Mujahid; G. Ahmad; A. J. Khan ; M. A. Sial; P. Mustatea; E. Well; M. Ncala; S. de Groot; A. H. A. Hussein; I. S. A. Tahir; A. A. M. Idris; H. M. M. Elamein; Y. Manes; A. K. Joshi. 2017. Strategic crossing of biomass and harvest index—source and sink—achieves genetic gains in wheat. Euphytica (2017) 213:257 DOI 10.1007/s10681-017-2040-z

Robinson, h. F.; R. E. Comstock; A. klalil; and P. H. Harvey. 1956. Dominance versus overdominance in heterosis: Evidence from crosses between open-pollinated varieties of maize. Am. Nat. 90:127-131.

Sinha, S. K.; and R. Khanna. 1975. Physiological, biochemical and genetic basis of heterosis. Adv. Agron. 27:123-174.

Singh, V.; R. Krishna; L. Singh; and S. Singh. 2012. Analysis of yield traits regarding variability, selection parameters and their implication for genetic improvement in wheat (*Triticum aestivum* L.). SABRAO J. Breed. And Genet. 44(2)370-381.

Slafer, G. A. ; and J. L. Araus. 2007. Physiological trits for improving wheat yield under a wide range of conditions. In J.H.J. Spiertz *et al.* (eds.), Scle and complexity in plant systems research: Gene-Plant- Crop Relations. 147-156.

Stuber, C. W. 1999. Biochemistry, molecular biology and physiology of heterosis. P173-183. In Coors, J. G. nd S. Pndey (eds.). The genetics nd exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Inc., USA.

Vassal, S. K.; B. S. Dhillon; and G. Srinivasan. 1995. Changing scenario of hybrid maize breeding and research strategies to develop two-parent hybrids. In M. Rai and S. Mauria (eds.), Hybrid research nd development. Indian Soc. Seed Tech., New Delhi.

Winder, J. N.; and K. L. Lebsock. 1973. Combining ability in durum wheat. Crop Sci. 13:164-167.

Yousif, Sh. A.; H. H. Jasim; A. R. Abbas. D. P. Yousif. 2015. Some yield parameters of wheat genotypes. International Journal of Biological, Food, Veterinary and Agricultural Engineering.9(3)295-298.

Zhang, Y.; M. S. Kang; and K. R. Lamkey. 2005. DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. Agron. J. 97: 1097-1106.

الفصل السادس عشر

الوراثة الكمية... نتائج حققتها التجارب الحقلية
Quantitative Genetics ... Realized Results of Field Experiments

تتعامل الوراثة الكمية مع مختلف الافراد وفق توارث الصفات التي تتوزع بتغير حسابي متباين، وهذا التباين يكون متقطعاً بين الصفات النوعية (الوصفية)، في الوقت الذي يكون هذا التباين مستمراً بين قيمة واخرى بانسبة للصفات الكمية. تعد اغلب الصفات المهمة اقتصادياً ضمن الصفات الكمية، مما يؤشر اهمية دراستها من الناحية الوراثية.

تعود خصوصية الوراثة الكمية في برامج تربية النبات الى كيفية التعامل مع التباين الوراثي للصفة الكمية واسلوب معالجته بطرائق التربية بالانتخاب او التهجين، والتي تمثل جميعاً المؤشرات الاساسية لأي برنامج تربية.

ان الهدف الاساس من دراسة وبحث الوراثة الكمية هو السعي لتحقيق الفهم والمعرفة للنتائج العلمية العملية والتطبيقية من بعض الممارسات والمعالجات الوراثية، فالفرضية الاساس للوراثة الكمية تتمحور بتأثير الجينات في الصفات الكمية، اي استخدام التأثيرات الفردية والصغيرة للمواقع الجينية المتعددة بوساطة الطرائق الاحصائية المناسبة للمقاييس المستمرة، مثل المتوسط الحسابي والتباين والتباين المشترك والارتباط الوراثي. زودنا Fischer (1918) بالمبادىء التطبيقية لطبيعة دراسة التوارث الكمي، واستحوذت مثل هذه الدراسات على اهتمام الكثير من الوراثيين والاحصائيين. لسؤء الحظ، ان ما توضح من تجارب الوراثة الكمية قد تأخر نظرياً بسبب صعوبة تصميم تجارب الوراثة الكمية نتيجة النظريات المتغيرة.

تركزت نتائج البحوث العلمية طيلة عقود الأرعينات وحتى الثمانينات من القرن العشرين حول المواقع والصفات الاكثر اهمية لمربي النبات من حيث:

1. انواع التغاير الوراثي الحاصل فعلاً 2. تأثير التربية الداخلية والتهجين
3. الفعل الجيني ومعدل درجة السيادة والتدهور الوراثي وعدد الجينات التي تتحكم بالصفة و 4. تفاعل الوراثة مع البيئة و 5. طرائق الانتخاب والاستجابة للإنتخاب.

تعرَّف الصفات الكمية، مثل صفة الحاصل ومكوناته الاخرى بالاضافة الى بعض الصفات الأخرى مثل صفات النضج وشكل البذور ولونها ونسبة الزيت والبروتين والكربوهيدرات والتفرع وغيرها بأنها تلك الصفات التي تتحكم بها مجموعة كبيرة من الجينات، وتتأثر كثيراً بالبيئة. اما اصفة النوعية فهي تلك التي يحكمها عدد قليل من الجينات وتتاثر قليلا بالبيئة مثل صفات لون الازهار او وجود السفا او مقاومة الامراض. مع الاشارة الى عدم وجود فرق في وراثة كلا النوعين من الصفات، اذا ما اخذنا بنظر الاعتبار التاثيرات الجينية البسيطة للصفات الكمية.

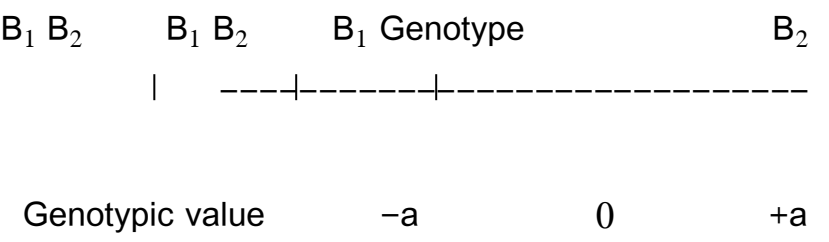
التغاير الوراثي Genetic variability

يعد فهم مربي النبات للمادة الوراثية التي يتعامل معها ومعرفة آلية وطريقة واسلوب انتقال الصفة من جيل الى اخر بالمورثات (الجينات) وتأثيرها في الشكل الظاهري للنبات من الامور الاساسية التي تؤهله لأن يكون مربي نبات ناجح. وعليه، لابد من توفر بعض الامور التي تؤهله لتنفيذ برنامج التربية وتشمل:

الفكرة الاساسية

يعتمد تقدير توارث الصفة على الفهم الدقيق والصحيح للقيم الوراثية والتي يجب ان تكون دقيقة القياس اعتماداً على الشكل المظهري. يمكن تعريف القيم المظهرية phenotypic values بانها اداء تركيب وراثي معين في البيئة التي زرع فيها. ان القيم المظهرية التي يرمز لها (P) والقيم الوراثية genotypic value والتي يرمز لها (G) والانحراف البيئي environmental deviation ويرمز له (E) نجدها في معادلة القيمة المظهرية التي يعبر عنها P= G+ E.

يطلق اصطلاح التركيب الوراثي genotype على تجمع الجينات في فرد معين فيكون المالك الوحيد لها، وتعرف القيمة الوراثية للتركيب الوراثي بانها معدل القيم المظهرية المحتملة والتي يعبر عنها بالانحراف عن المتوسط العام للمجتمع. اي بعبارة اخرى، ان معدل القيم المظهرية عند زراعة تراكيب وراثية في بيئات مختلفة، يكون فيها متوسط الانحراف البيئي مساوياً للصفر، والشكل التالي يوضح العلاقة بين التراكيب والقيم المظهرية لموقع جيني مفرد.



ان نقطة الاصل (0) في الشكل اعلاه تمثل منتصف المسافة بين قيمة كل من التركيبين الوراثيين المتماثلين $B_2\ B_2$ و $B_1\ B_1$ فيعطي ارتفاق الاليل B_1 مع الاليل B_2 التركيب الوراثي $B_1\ B_2$ والذي ينحرف الى يمين الصفر فيكون بقيمة موجبة وعلى طول المسافة بين 0 و a+، إذ تختلف التراكيب الوراثية فيما بينها تبعاً لدرجة السيادة dominance. لتحديد توزيع هذا الموقع الجيني بالنسبة لمتوسط الجماعة النباتية، يجب تقدير قيم التراكيب الوراثية بحساب نسبة تكرارها، إذ ان توزيع كل موقع جيني منفرد يجب ان يرتبط بمتوسط المجتمع النباتي المأخوذ منه.

يتطلب تقدير التأثيرات الوراثية والتباينات توفر بعض انواع التراكيب الوراثية في العائلة المأخوذة منها. لتحليل خواص المجتمع الذي يفترض ان يكون مؤلفاً من تراكيب عوائل مختلفة، فان من الضروري التعامل مع مظاهر متعلقة بنقل القيمة من الاب الى الابن offspring، وهذا لا يمكن اجراؤه بالقيمة الوراثية فقط بسبب ان الاباء تعبر عن نفسها من خلال جيناتها وليس من خلال تركيبها الوراثي الذي تورثه للاجيال اللاحقة، اذ تتوالف تراكيب وراثية جديدة باتحاد الامشاج (الكاميتات) المختلفة في كل جيل. وعليه، يكون قياس الصفة مطلوباً لتحديد القيم المتحققة بمساعدة الجينات المحمولة على كل فرد والتي يتم انتقالها الى النسل (الذرية) الناتجة.

يعرَف معدل التأثير الجيني في موقع ما بانه متوسط الفرق الناتج من استبدال اليل واحد باخر. فعلى الرغم من عدم امكانية قياس معدل تأثير الجين مباشرةً، فان قيم التربية التي تمثل معدل تأثير الجينات يمكن قياسها تجريبياً، حيث ان تزاوج اي فرد مع عدد من الافراد عشوائياً في المجتمع يمكن من خلاله تقدير قيمة التربية بضعف معدل انحراف الفرد عن نسله في المجتمع، وهذا الانحراف يجب ان يكون مزدوج لأن نصف عدد الجينات في النسل الناتج ستوزع بواسطة الافراد التي يتم تقييمها. اما المكون الاخر للقيمة الوراثية الذي يجب اخذه بنظر الاعتبار، فيعزى الى الانحراف المتغلب dominance deviation لموقع منفرد وهو ما يعرف

بالفرق بين القيمة الوراثية وقيمة التربية. على الرغم من حدوث الانحرافات المتغلبة من خلال التفاعل بيين المواقع الجينية، فان اهميتها تعتمد على التكرار الجيني في المجتمع، ولا يمكن قياسها بسهولة على اساس درجة التغلب.

ترتبط اغلب الصفات الكمية بالجينات على المواقع المتعددة، وان مجموع القيمة الوراثية ربما له قيمة إضافية بسيطه عند القيم الوراثية للموقع المنفرد وربما لا يضيف اي قيمة. في حالة عدم الاضافة يقال عن تلك الجينات انها غير متداخلة (متفاعلة) ويطلق عليها مصطلح epistasis ويتم التعبير عن التباين المظهري بالمعادلة: $\boldsymbol{\sigma}^2P = \boldsymbol{\sigma}^2G + \boldsymbol{\sigma}^2E + \boldsymbol{\sigma}^2GE$

اذ ان $\boldsymbol{\sigma}^2G$ تمثل التباين الوراثي و $\boldsymbol{\sigma}^2E$ التباين البيئي و $\boldsymbol{\sigma}^2Ge$ التباين المشترك لتأثير التداخل الوراثي – البيئي.

يمكن تجزئة التباين الوراثي الى مكوناته من التباين الاضافي والسيادي كما في المعادلة: $\boldsymbol{\sigma}^2I = \boldsymbol{\sigma}^2G = \boldsymbol{\sigma}^2D + \boldsymbol{\sigma}^2A +$

اذ ان $\boldsymbol{\sigma}^2D$ يمثل التباين الوراثي المتغلب (السيادي) و $\boldsymbol{\sigma}^2A$ التباين الوراثي الاضافي و$\boldsymbol{\sigma}^2I$ التباين الوراثي المتفوق الناجم عن فعل الجينات غير الاليلية (المترادفة).

تقدير الفعل الجيني Estimation of Gene Action

تختلف طرائق تقدير الفعل الجيني تبعاً لفلسفة مربي النبات، حيث لكل طريقة انموذجها الرياضي ومنها:

اولاً: طرائق تعتمد على مصادر الاختلاف في جدول تحليل التباين ومنها:

1. طريقة Robinson واخرون (1955)

$$\sigma^2 g = \sigma^2 \mathrm{m}$$
$$\sigma^2 d = \sigma^2 \mathrm{f} - \sigma^2 \mathrm{m}$$

حيث: $\sigma^2 g =$ التباين الاضافي و $\sigma^2 d =$ التباين السيادي و $\sigma^2 m =$ التباين للاب الذكري و $\sigma^2 f =$ التباين للاب الانثوي

2. طريقة Griffing (1956)

$$\sigma^2 A = 2\sigma^2 gca$$
$$\sigma^2 D = \sigma^2 \mathrm{sca}$$

إذ ان: $\sigma^2 A$ = التباين الاضافي و $\sigma^2 D$ = التباين السيادي و $\sigma^2 gca$ = التباين لقابلية التآلف العامة و σ^2sca = التباين لقابلية التآلف الخاصة وتقابلها طريقتي Hayman (1954) وJinks (1954).

3. طريقة Gardner (1963)

$$\sigma^2 A = \frac{4(M1 - M5)}{2re}$$

$$\sigma^2 D = \frac{(M3 - M5)}{re}$$

حيث ان: $\sigma^2 A$ = التباين الاضافي و $\sigma^2 D$ = التباين السيادي و r = عدد المكررات و e = عدد البيئات و $M1$ = تباين الاباء للجيل الثاني في القطاع و $M3$ = تباين الاباء للجيل الثاني x تباين السلالة النقية في القطاع و $M5$ = تباين الخطأ التجريبي.

ثانياً: طرائق تعتمد المتوسط الحسابي

وهذه الطرائق تعتمد احد انموذجين رياضيين هما:

1. انموذج المعالم الوراثية الثلاثي، والذي يعرف بالانمذج السيادي – الاضافي، لأنه يستند على فرض عدم وجود التأثير التفوقي وارتباط الجينات المتعددة وتداخل الوراثه– البيئة والوراثة السايتوبلازمية وبالتالي السلوك غير الطبيعي للكروموسومات. عُرِف بالانموذج الثلاثي نتيجة التأثيرات الثلاث لـ h و d و m (Mather، 1949)، كما في ادناه:

معدل درجة السيادة Average Degree of Dominance

لمعرفة وتقدير درجة السيادة اهمية كبيرة لدى مربي النبات، اذ تمكنه من الانتخاب بسهولة ودقة للصفة او الصفات بصورة مباشرة او تلك التي ترتبط بالصفة الرئيسة التي يراد تحسينها. يتراوح تقدير معدل درجة السيادة بين صفر وواحد صحيح، فان كان مساوياً للصفر دلّ على عدم وجود سيادة وان تدرجت قيمته بي التقديرين (0 و 1) فان السيادة جزئية، بينما تكون السادة تامة اذا بلغ تقديره واحد صحيح، وتعد السيادة فائقة عندما تزيد عن قيمة واحد صحيح.

طرائق تقدير معدل درجة السياده

1. طريقة Comstock و Robinson (1948)

$$\tilde{a} = \frac{\sqrt{2D}}{A}$$

حيث: ã = معدل درجة السياده و

D = التباين السيادي و A = التباين الاضافي

2. طريقة Mather (1949)

$$\tilde{a} = \frac{\sqrt{H}}{D}$$

حيث: H = التباين السيادي و D = التباين الاضافي

3. طريقة Robinson (1949)

$$\tilde{a} = \frac{\sqrt{2(F-M}}{M}$$

حيث: M = ¼ التباين الاضافي و F = ¼ التباين الاضافي + ¼ التباين السيادي

4. طريق Gardner واخرون (1953)

$$\tilde{a} = \frac{\sqrt{(M3-M5)}}{(M1-M5)}$$

حيث: M1 = متوسط مربع الجيل الثاني في القطاع و

M3 = متوسط مربع الجيل الثاني x متوسط مربع السلالة النقية في القطاع

M5 = متوسط مربع المتبقي.

وهناك طريقة Kempthorne و Cunow (1961) والتي تختص بالحديث عن التباين الاضافي الذي يساوي ضعف تباين قابلية التآلف العامة.

التدهور الوراثي Inbreeding Depression

ويصطلح عليه " معامل التربية الداخلية inbreeding coefficient" وهو مقياس لدرجة النقاوة او الأصالة الوراثية التي يصل اليها التركيب الوراثي بسبب التربية الداخلية، التي تنجم عن استمرار التلقيح الذاتي لعدة اجيال. يعد التدهور الوراثي معياراً يساعد مربي النبات في معرفة النباتات او السلالات التي وصلت او في طريقها الى النقاوة الوراثية، من حيث تقدير التدهور الوراثي في صفاتها التي يراد تحسينها، لأجل استثمارها في برامج تربية وانتاج الهجن.

قد تبدو العلاقة بين متوسط الصفة ومعامل التربية الداخلية خطية لأغلب الصفات المدروسة للذرة (Levings واخرون، 1967)، اذ كانت العلاقة بين التراكيب الوراثية المختلف عن بعضها وراثياً خطية لثلاث صفات كمية، حيث الانخفاض في وزن العرنوص نسبياً ويعني ان معامل التربية الداخلية اقل قليلاً من النصف في حالة الـ autotetraploid. تبين كما ان التدهور نتيجة التربية الداخلية أكبر كثيراً مما يتوقع عند مستويات التضاعف الكروموسومي العالية (Dewey، 1966)، إذ ان حاصل العلف لذرية التلقيح الذاتي في نباتات ثنائية ورباعية وسداسية العدد الكروموسومي كانت 35.9% و50.4% و 67.4%، وعلى التوالي، وهي أقل من حاصل ذرية السلالات غير النقية، وأيد Hecker (1972) ذلك في محصول البنجر السكري ثنائي ورباعي العدد الكروموسومي.

تقدير عدد الجينات Estimation of Number of Genes

تعد معرفة عدد الجينات التي تتحكم بالصفة، سواءَ كانت وصفية او كمية غاية في الاهمية لمربي النبات، لأجل إستثمارها في برامج التربية بطريقة فعالة وكفوءه بما يخدم الهدف من ناحية تأكيد فرص النجاح وتقليل الجهد والزمن المطلوب. ربما يصعب تحديد عدد الجينات بدقة في اي تضريب بسبب الاختلافات الوراثية والبيئية وتداخلاتها، وتعقيدات التلازم والعبور الوراثي بين الجينات، مما يؤكد امكانية تقدير عددها.

طرائق تقدير عدد الجينات Methods of Numbers of Genes Estimation

1. طريقة Burton (1951)

$$n = \frac{0.25(0.75-h+h2)D2}{\sigma 2F2-\sigma 2F1}$$

حيث: n = عدد الجينات و h= $\frac{P1-F1}{P1-P2} + \cdots$ و D = P1 − P2 و P1 متوسط الاب الاول و P2 = متوسط الاب الثاني و F1 متوسط الجيل الاول و F2 متوسط الجيل الثاني و $\boldsymbol{\sigma}^2F_1$ تباين الجيل الاول و $\boldsymbol{\sigma}^2 F_2$ تباين الجيل الثاني.

2. طريقة Wright (1952)

$$n = \frac{(\mu p2 - \mu p1)^2}{8\sigma^2 s}$$

حيث: $\mu p1$ = متوسط الاب الاول و $\mu p2$ = متوسط الاب الثاني و $\sigma^2 s$ = التباين الوراثي.

3. *طريقة* Lande (1981)

$$n = \frac{(p2 - p1)^2}{8\,\sigma^2 \atop 8}$$

حيث: P1 و P2 تمثلان متوسطي الاب الاول والثاني و $\sigma^2 \atop 8$ = تباين الجيل الثاني – تباين الجيل الاول أو تباين الجيل الثاني – تباين الجيل الرجعي الاول – تباين الجيل الرجعي الثاني.

يعرَف معدل التأثير الجيني في موقع ما بانه متوسط الفرق الناتج من استبدال اليل واحد باخر. فعلى الرغم من عدم امكانية قياس معدل تأثير الجين مباشرةً، فان قيم التربية التي تمثل معدل تأثير الجينات يمكن قياسها تجريبياً، حيث ان تزاوج اي فرد مع عدد من الافراد عشوائياً

في المجتمع يمكن من خلاله تقدير قيمة التربية بضعف معدل انحراف الفرد عن نسله في المجتمع، وهذا الانحراف يجب ان يكون مزدوج لأن نصف عدد الجينات في النسل الناتج ستوزع بواسطة الافراد التي يتم تقييمها. اما المكون الاخر للقيمة الوراثية الذي يجب اخذه بنظر الاعتبار، فيعزى الى الانحراف المتغلب dominance deviation لموقع منفرد وهو ما يعرف بالفرق بين القيمة الوراثية وقيمة التربية. على الرغم من حدوث الانحرافات المتغلبة من خلال التفاعل بيين المواقع الجينية، فان اهميتها تعتمد على التكرار الجيني في المجتمع، ولا يمكن قياسها بسهولة على اساس درجة التغلب.

ترتبط اغلب الصفات الكمية بالجينات على المواقع المتعددة، وان مجموع القيمة الوراثية ربما له قيمة إضافية بسيطه عند القيم الوراثية للموقع المنفرد وربما لا يضيف اي قيمة. في حالة عدم الاضافة يقال عن تلك الجينات انها غير متداخلة (متفاعلة) ويطلق عليها مصطلح epistasis ويتم التعبير عن التباين المظهري بالمعادلة: $\sigma^2P = \sigma^2G + \sigma^2E + \sigma^2GE$

اذ ان σ^2G تمثل التباين الوراثي و σ^2E التباين البيئي و σ^2Ge التباين المشترك لتأثير التداخل الوراثي – البيئي.

يمكن تجزئة التباين الوراثي الى مكوناته من التباين الاضافي والسيادي كما في المعادلة: $\sigma^2G = \sigma^2D + \sigma^2A + \sigma^2I$

اذ ان σ^2D يمثل التباين الوراثي المتغلب (السيادي) و σ^2A التباين الوراثي الاضافي وσ^2I التباين الوراثي المتفوق الناجم عن فعل الجينات غير الاليلية (المترادفة).

التوريث Heritability

يعرَّف انتقال أي صفة من الأباء الى الابناء بانه توريث لها، او هو درجة التشابه في الصفة بين الاباء والابناء، وهو درجة توارث الصفة، استناداً الى التباين الحاصل فيها من جيل لأخر، اي نسبة التباينات الوراثية بالنسبة للتباين الكلي، وله من الاهمية ما يسعى لأستثماره من قبل مربي النبات او الحيوان في برامج التحسين الوراثي لأجل التنبؤ بالاستجابة للانتخاب وكذلك لمعرفة البيئات المثالية للانتخاب (Singh و Ceccarelli، 1996). ومن الجدير بالذكر، تم اصطلاح اكثر من تسمية واكثر من تعيف للتوريث، فتمت تسميته في برامج تربية الحيوان بالمكافيء الوراثي ولدى مربي النبات باسم التوريث ودرجة التوريث والنسبة المئوية

للتوريث. تتراوح نسبة التوريث بين صفر وواحد صحيح تم تقدير توريث الصفات استناداً الى تحليل التباين ومصادر الاختلاف ومتوسطات المربعات المحوبة والمتوقعة، في تجارب الاصناف المختلفة في بيئة واحدة او عدة بيئات وفق تصميم القطاعات التامة التعشية او غير تامة التعشية وعند مستوى احتمال (فترة ثقة) 0.05 او 0.01 (Singh و Ceccarelli، 1996).

صنَّف Falconer (1989) علاقات توريث الصفات بالاتي:

المجاميع المتطابقة وراثياً، حيث العلاقة الموروثة في النباتات التي تتكاثر خضرياً.

تجارب الربية والانتخاب

العلاقة بين الاب – الابن

العلاقة بين الاخوة

العلاقة بين انصاف الاخوة

العلاقة بين الاقارب الاخرين

علاقة اعتماد الابن على الام ضمن الاب

اعتماد الجيل الثالث F_3 على الجيل ا لاول F_1

يمكن القول ان هناك اربعة احتمالات لتقدير توريث الصفة هي:

1. من توفر بيانات الصفة المدروسة للاجيال غير الانعزالية (P_1 و P_1 و F_1) والجيل الانعزالي F_2.

2. من توفر بيانات الصفة المدروسة للاجيال غير الانعزالية (P_1 و P_1 و F_1) والجيل الانعزالي F_2 والجيل الرجعي للابوين الاول والثاني BC1 و BC_2.

3. من توفر بيانات الصفة المدروسة للاجيال الانعزالية المتقدمة بعد زراع وتقييم سلالات في تجارب بمكررات وفق تصاميم تجريبية معروفة.

4. من توفر بيانات الصفة المدروسة للاجيال الانعزالية المتتالية ($F_2 – F_3$) او ($F_3 – F_4$). وربما تضاف احتماية تقدير التوريث باستخدام التهجينات التبادلية على وفق تقديرات قابليتي التآلف العامة والخاصة.

هناك مفهومين للتوريث، هما:

التوريث بالمفهوم الواسع، والذي يمثل التباين الوراثي الكلي (التأثير الاضافي وغير الاضافي) بالنسبة للتباين المظهري (التأثير الوراثي والتأثير البيئي وتداخلهما) ويرمز له h^2_b.

التوريث بالمفهوم الضيق، وهو نسبة التباين الوراثي الاضافي فقط بالنسبة للتباين المظهري، ويرمز له h^2_n.

طرائق تقدير التوريث Methods of Heritability Estimation

افرزت البحوث الكثيرة في دراسات توارث الصفات وخصوصا الكمية منها طرائق عديدة منذ اكثر من ثمانية عقود، نذكر منها:

1. طريقة Lush (1940) وهي طريقة انحدار الذرية عن الاباء parent –offpring regressions وفق المعادلة: $h^2 = 2b$ حيث تمثل b معامل الانحدار.

2. طريقة Lush (1943) والتي اعتمدها وفقاً للتباين الوراثي والمظهري (الكلي) بالمعادلة:

$$h^2_b = \boldsymbol{\sigma}^2 H / \boldsymbol{\sigma}^2 O$$

حيث: $\boldsymbol{\sigma}^2 H$ = التباين الوراثي و $\boldsymbol{\sigma}^2 O$ = التباين الكلي

3. طريقة Lush (1949) وهي تحوير لطريقته في عام 1940كونها تختص بانحدار الذرية على الاب الانثوي وفق الاتي:

$$h^2_b = \boldsymbol{\sigma}^2 g + \boldsymbol{\sigma}^2 d + \boldsymbol{\sigma}^2 i / \boldsymbol{\sigma}^2 g + \boldsymbol{\sigma}^2 d + \boldsymbol{\sigma}^2 i + \boldsymbol{\sigma}^2 e + \boldsymbol{\sigma}^2 j$$

$$h^2_b = \boldsymbol{\sigma}^2 g / \boldsymbol{\sigma}^2 g + \boldsymbol{\sigma}^2 d + \boldsymbol{\sigma}^2 i + \boldsymbol{\sigma}^2 e + \boldsymbol{\sigma}^2 j$$

حيث: $\boldsymbol{\sigma}^2 g$ = التباين الاضافي و $\boldsymbol{\sigma}^2 d$ = التباين السيادي و $\boldsymbol{\sigma}^2 i$ = التباين التفوقي و $\boldsymbol{\sigma}^2 e$ = التباين البيئي و $\boldsymbol{\sigma}^2 j$ = التباين المشترك، اي التداخلات غير الخطية للوراثة والبيئة.

4. طريقة Mather (1949)وهي بشكلين، للجيل الانعزالي الثاني والجيل الانعزالي الثالث وكما يأتي:

أ. للجيل الثاني

$$h^2_b = \frac{½A + ¼\,D}{½A + ¼\,D + E} \times 100$$

$$h^2_b = \frac{½A}{½A + ¼\,D + E} \times 100$$

ب. للجيل الثالث

$$h^2_b = \frac{\frac{3}{4}A + \frac{3}{16}D}{\frac{3}{4}A + \frac{3}{16}D + E} \times 100$$

حيث ان: A = التباين الوراثي الاضافي و D = التباين الوراثي المتغلب (السيادي) و E = التباين البيئي.

5. طريقة Robinson واخرون (1949) والتي تختص بتجزئة التباين

$$h^2_n = \frac{4M}{K\frac{Ew+A}{K} + Ep + F + M}$$

حيث ان :

M= التباين التجميعي للنسل العشوائي نتيجة اختلاف الاباءالذكرية و

K= المتوسط المتناسق harmonic mean لنباتات الخط و

Ew= التباين البيئي لنباتات الخط الواحد و

Ep= التباين البيئي بين خطوط النباتات في المكرر الواحد و

A= التباين الوراثي بين الاخوة full sib و

F= التباين التجميعي بين انصاف الاخوة half sib نتيجة اختلاف الاباء الانثوية

6. طريقة Burton (1951)

$$h^2_b = \frac{VF2 - VF1}{VF2}$$

اذ: VF_1 = التباين للجيل الاول و VF_2 = التباين للجيل الثاني

7. طريقة Mahmud و Kramer (1951)

$h^2=(\sigma^2 F2- \sqrt{(\sigma^{(2}\ P1\ x\ \sigma 2\ P2)}\ \ )/(\ \sigma^2\ F2)\ x\ 100$

حيث : σ^2 P1 = يباين الاب الاول و σ^2 P2 = تباين الاب الثاني و $\sigma^2 F2$ = تباين الجيل الثاني.

8. طريقة Smith (1952)

$h^2_n = \sigma^2G/(\sigma^2G+ \sigma^2D^{+}\sigma^2E)$

حيث ان : σ^2G = التباين الاضافي و σ^2D = التباين السيادي و σ^2E = التباين البيئي.

9. طريقة warner (1952) والمعروفة بإسم طريق التهجينات الرجعية

$h^2_n = 2VF_2 - (VBC_1 + VBC_2)/\ VF_2$

حيث: VF_2 = تباين الجيل الثاني و VBC_1 = تباين الجيل الرجعي الاول و VBC_2 = تباين الجيل الرجعي الثاني.

10. طريقة Weber و Moorthy (1952)

$h^2_b=[(\sigma^2F_2- \sigma^2E\ )/(\sigma^2\ F_2)]\ \ x\ 100$

حيث: σ^2F_2 = تباين الجيل الثاني و σ^2E = $\sqrt[3]{VP1xVP2\ x\ VF1}$ اي الجذر التكعيبي لتباين الاب الاول x تباين الاب الثاني x تباين الجيل الاول.

11. *طريقة* Hanson واخرون (1956) وتعرف بطريقة الانعزال الوراثي لتكوين العوائل النباتية

$h^2 = \sigma^2P/\ \sigma^2Ph$

حيث: σ^2P = تباين العائلة و σ^2Ph = التباين الكلي

12. طريقة Crumpacker و Allard (1962)

$$h^2_n = \frac{½D}{¼D + ¼H1 + ¼F + E}$$

حيث: D = التباين الإضافي و $H1$ = التباين السيادي و F = التباين الإضافي x التباين السيادي و E = التباين البيئي.

13. طريقة Hanson (1963).

$$h^2_n = \frac{\sigma 2\, t}{\sigma 2\, t\, \sigma 2\, ta + \sigma 2\, \mathcal{E}}$$

حيث: $\sigma 2\, t$ = التباين الوراثي و $\sigma 2\, ta$ = التباين الوراثي x تباين الموقع و $\sigma 2\mathcal{E}$ = تباين الخطأ.

14. طريقة Martin و Wilcox

$$h^2_b = \frac{\sigma 2\, G}{\sigma 2G + \sigma 2\, e}$$

حيث: $\sigma 2\ G$ = التباين الوراثي و $\boldsymbol{\sigma}^2 e$ = تباين الخطأ

15. *طريقة* Fick (1975)

$$h^2_b = \frac{\sigma 2F2 - \sigma 2e}{\sigma 2F2}$$

إذ ان: $\boldsymbol{\sigma}^2\ F_2$ = تباين الجيل الثاني و $\boldsymbol{\sigma}^2\ e$ = (تباين الجيل الاول + تباين الاب الاول + تباين الاب الثاني)/ 3

16. طريقة Singh و Chaudhary (1977)

$$h^2_b = \frac{\sigma 2\ G}{\sigma 2\ P} \times 100$$

إذ أن: $\boldsymbol{\sigma}^2 G$ = التباين الوراثي و $\boldsymbol{\sigma}^2 P$ = التباين المظهري، اي مجموع التباينبن الوراثي والبيئ.

17. طريقة Kassem (1978)

$$h^2_b = \boldsymbol{\sigma}^2 f / (\boldsymbol{\sigma}^2 f - \boldsymbol{\sigma}^2 e / r)$$

حيث: $\boldsymbol{\sigma}^2 f$ = التباين الوراقي للعشيرة و $\boldsymbol{\sigma}^2 e$ = التباين البيئي و r = عدد المكررات.

18. طريقة Falconer (1981) وتعرف بطريقة معامل التوريث المتحقق

$H^2 = R/S$

حث R = الاستجاب المتحققة بالانتخاب و S هو الفارق الانتخابي.

19. طريقة Khalifa واخرون (1982)

$h^2_b = VF_2 - 1/3(VP_1 + VP_2 + VF_1)/ VF_2$

$h^2_n = 2VF_2 - (VP_1 + VP_2)/ VF_2$

حيث: VP_1 = تباين الاب الاول و VP_2 = تباين الاب الثاني و VF_1 = تباين الجيل الاول و VF_2 = تباين الجيل الثاني.

20. طريقة Singh و Chaudhary (1985)

$h^2_b = 2\ \boldsymbol{\sigma}^2gca + \boldsymbol{\sigma}^2sca/ (2\ \boldsymbol{\sigma}^2gca + \boldsymbol{\sigma}^2sca + \boldsymbol{\sigma}^2e)$

$h^2_n = 2\ \boldsymbol{\sigma}^2gca / (2\ \boldsymbol{\sigma}^2gca + \boldsymbol{\sigma}^2sca + \boldsymbol{\sigma}^2e)$

حيث ان: $\boldsymbol{\sigma}^2gca$ = تباين قابلية التآلف العامة و $\boldsymbol{\sigma}^2sca$ = تباين قابلية التآلف الخاصة و $\boldsymbol{\sigma}^2e$ = تباين الخطأ التجريبي (التباين البيئي).

21. طريقة Nyquist (1991)

$h^2_n = \boldsymbol{\sigma}^2A / (\boldsymbol{\sigma}^2A + \boldsymbol{\sigma}^2e/2)$

إذ تعني $\boldsymbol{\sigma}^2A$ التباين الاضافي و $\boldsymbol{\sigma}^2e$ تباين الخطأ التجريبي.

وكذلك تقدير التوريث باعتماد انحدار الابناء – الاباء (باجراء التلقيح الذاتي) وكما في المعادلة:

$$E[b_{s1.s_0}] = C_{001/} Var(S_{0\ plants}) = \frac{½\sigma 2A + ½\sigma 2D + ½\sigma 2D1 + \sigma 2AA}{\sigma 2P} = h^2_1$$

22. طريقة Resende و Higa (1994)

$h^2_d = ¾\ \sigma^2A / \sigma^2d$

$h^2_f = [(3 + nb)/ (4nb)]\ x\ \sigma^2A / (\sigma^2P + \sigma^2e/b + \sigma^2d/ nb)$

$h^2_p = [¾\ n]\ \sigma^2A / \sigma^2e + \sigma^2d/n$

$h^2_{ib} = \sigma^2A /\sigma^2P + \sigma^2e + \sigma^2d$

$h^2_{ie} = \sigma^2A /\sigma^2P + \sigma^2e + \sigma^2d + \sigma^2b$

حيث ان: h^2_d = نسبة التوريث للفرد ضمن الخط و h^2_f = متوسط نسبة التوريث للذرية و h^2_p = متوسط نسبة التوريث للخط و h^2_{ib} = نسبة توريث الفرد ضمن القطاع و h^2_{ie} = نسبة التوريث للنبات و σ^2A =التباين الوراثي الاضافي و σ^2d = التباين المظهري للنبات ضمن الخط و σ^2P = التباين الوراثي للذرية و σ^2e = التباين البيئي للخط و σ^2b = التباين المظهري للنبات ضمن القطاع و n = عدد النباتات في الخط و b = عدد القطاعات.

23. طريقة Kearsey و Pooni (1996)

$h^2_n = [VA / VA + VD + VE] \times 100$

حيث: VA = التباين الاضافي و VD = التباين السيادي وVE = التباين البيئي.

24. Holland واخرون (2003).

$$\hat{h}^2_f = \frac{\sigma 2F}{\sigma 2P} = \frac{½\sigma 2A + ¼\sigma 2D + ¼\sigma 2AA}{½\sigma 2A + ¼\sigma 2D + ¼\sigma 2AA + \frac{[½\sigma 2AE + ¼\sigma 2DE + ¼\sigma 2AAE]}{e} + \frac{\sigma 2\varepsilon}{er}}$$

حيث: σ^2F = التباين المرافق للاخوة الاشقاء full sibs ويساوي $½\sigma 2A + ¼\sigma 2D + ¼\sigma 2AA$ و σ^2P = متوسط التباين المظهري و σ^2A = التباين الاضافي و σ^2D = التباين السيادي و σ^2AA = التباين الاضافي x التباين الاضافي و σ^2AE = التباين الاضافي x التباين البيئي وσ^2DE = التباين السيادي x التباين البيئي و σ^2AAE = التباين الاضافي x التباين الاضافي x التباين البيئي و $\sigma^2\varepsilon$ = تباين الخطأ التجريبي و e= عدد البيئات و r = عدد المكررات.

هنلك طرائق اخرى لا تختلف كثيراً عما ذكر في اعلاه، ومن المؤكد ان استخدام البرامج الحاسوبية والمفوفات الرياضية سيفرز طرائق اخرى تسهل قياس وتقدير نسبة التوريث بمفهوميه الواسع والضيق، لتتيح خيارات غير معقدة بين يدي مربي النبات.

الانتخاب والاستجابة للانتخاب Selection and Selection Response

ان الهدف الاساس من برامج الانتخاب هو زيادة تكرار الاليلات المرغوبة في المجتمع من خلال احلالها محل الجينات غير المرغوبة، اي باستبدالها بجينات مرغوبة، فيتغير متوسط اداء الصفة المسؤوله عنها في المجتمع الذي يرتبط بمعدل تأثير الجينات. اما معدل تأثير الجينات فيسبب بدوره تحييد قيم التربية من خلال معامل الانحدار الذي يقاس بتكرار الجين. وعليه فان التباين الوراثي الاضافي في موقع جيني معين يمثل التباين الحاصل الذي يعزى الى الانحرافات الحاصلة عن الانحدار. فاذا كان التباين الكلي لموقع جيني ما اكبر من مجموع التباينات الاضافية والمتغلبة، فيعزى الفرق الى تباين التفوق الناجم عن تفاعل الجينات غير الاليلية epistasis. ان استخدام التصاميم والاحصاء في التجارب التطبيقية يسهل تقدير هذه المكونات الوراثية فيساعد في تفسير تقديرات التباينات الوراثية. نظريا يمكننا اهمال تأثير الجينات المستبدلة المتأثرة بالبيئة، اي يمكن اهمال التباين المشترك لتفاعل الوراثة – البيئه، اي يمكن افتراض عدم وجود حالة التفوق للجينات غير الاليلية بالاضافة الى امكانية عد التباين الناجم عن التربية الداخلية مساوياً للصفر في المجتمع المدروس. اما التباين المشترك بين الاباء والابناء (الذرية الناتجة) فهو ناتج التزاوج العشوائي في المجتمع ويمثل نصف التباين الاضافي ($1/2\ \sigma^2A$) اما التباين المشترك بين الاخوة غير الاشقاء (ابناء العم) half – sib فيمثل $¼\sigma^2A$ بينما يكون بين الاخوة الاشقاء full – sib ($1/2\ \sigma^2A + ¼\sigma^2D$) وهو ما يمثل المستويات المختلفة للتربية.

ذكر Cockerham (1963) تقدير التباينات الوراقية بشكل ملخص، وناقش فيها محددات ومشاكل التقدير للتباين الوراثي بوجود مستويات مختلفة من التربية الداخلية. يمكن تقدير التباينات الوراثية لأغلب انواع المحاصيل خلطية التلقيح بتصاميم التزاوج التي لا تعتمد على السلالات النقية، اما لنباتات ذاتية التلقيح، فيكاد يكون انتاج كمية كافية من البذور صعباً ان لم يكن مستحيلاً من غير استخدام السلالات النقية لتسهيل عملية التقدير.

تستخدم التهجينات التبادلية diallel crosses بكافة التوافيق الممكنة الثنائية والمحورة لتقدير التباينات الوراثية، اذ تهتم مكونات التباين لقابلية التآلف العامة والخاصة general and specific combining ability بتقدير التباين الوراثي الاضافي والسيادي، فضلا عن تباين التفوق للجينات غير الاليلية. تعتمد تقديرات قابليتي التآلف العامة والخاصة على مستويات التربية الداخلية للاباء بالاضافة الى طريقة الاختبار مع الاباء او بدونها.

التقدير التجريبي للتباين الوراثي في أنواع المحاصيل

قدم Gardner (1963) و Matzinger (1963) أدق البيانات والنتائج حول تقدير التباين الوراثي لأهم انواع المحاصيل. تم من بعدها تنفيذ كم كبير من التجارب لمحاصيل وصفات عديدة يمكن تلخيص نتائجها كما يأتي:

يتحدد التباين الوراثي لأهم الصفات ضمن مكونيه الاضافي والمتغلب.

تكون تقديرات التباينات الوراثيه غير الاضافيه في كل الانواع النباتية ولأغلب الصفات اقل من التباين الوراثي الاضافي. وان تباين التفوق لا يعد بدرجة من الاهمية في بعض المجتمعات النباتية مثل الذرة (Chi واخرون، 1969 و Eberhartواخرون، 1966 وStuber واخرون، 1966). في الوقت الذي اظهرت دراسات Russell و Eberhart (1970) و wright واخرون (1971) و Stuber وMoll (1971) ان دراسات الهجن الناتجة من سلالات نقية لمحاصيل مختلفة لها تأثيرات التفوق epistasis وبشكل مؤثر.

في الوقت الذي تعد الذرة المحصول الانموذج لاغلب الدراسات، اذ لخص Gardner (1963) و Moll و Robinson (1967) تقدير التباين الوراثي في الكثير من البحوث، موضحا تقدم التبان الوراثي المتغلب في بعض انواع المجتمعات النباتية ومن ضمنها اصناف مفتوحة التلقيح والاصناف التركيبية وبعض الهجن، يمكن استنتاج الحقيقتين اعلاه، مع الاشارة الى ان تفاعل الجينات غير الاليلية يتوزع بتباين صغير جداً بالمقارنة مع التباينات الاضافية والمتغلبة.

تم تفسير التباين الوراثي لعدة صفات في محصول فول الصويا بفعل الجين الاضافي والمتغلب، غير ان التباينات غير الاضافية كانت بتأثيرات معنوية للعديد من الصفات (Brim و Cockerham، 1961 و Hanson واخرون، 1970). اذ اظهرت قابلية التآلف الخاصة انها مقياساً جيداً لبعض الصفات المهمة في محاصيل البقول مثل Mungbean و Cowpea و Lentil، بينما اظهرت قابلية التآلف العامة الاهمية الاكبر من الخاصة لصفات اخرى (Singh و Jain، 1971 و 1972).

1. تفاعل (تداخل) الوراثة- البيئة Genotype-Environment Interaction

يمكن التنبؤ بآلية توارث الصفة وفق ما يفرزه برنامج التربية اعتماداً على القيم الوراثية التي ترتبط بالبيانات المأخوذة من القياسات المظهرية المختلفة والتي هي انعكاس للتأثيرات الوراثية والبيئية في نمو وتطور النبات. ان سوء حظ مختصي الوراثة او تربية النبات يؤشر صعوبة فصل التأثيرات البيئية عن مثيلاتها غير الوراثية في شكل ونمو النبات في الموقع البيئي. تختلف استجابة تركيب وراثي ما عند زراعته في بيئة معينة عما هي عليه في البيئات الاخرى، حيث يظهر نوع من التفاعل او التداخل بين التأثيرات الوراثية والبيئية على طبيعة نمو وسلوك النبات، فيقلل الارتباط بين التركيب الوراثي والمظهري، وتقل بذلك الثقة في استخلاص بيانات تجريبية موثوقة. ذكر Allard و Bradshaw (1964) بان طبيعة التفاعل بين الوراثة والبيئة بالغ التعقيد، فزراعة 10 تراكيب وراثية في 10 بيئات مختلفة، يكون نوع مجتمع التفاعل فيهما بواقع 10^{445}. هذا العدد هو اكبر من العدد الكلي للنباتات الموجودة على سطح الكرة الارضية، لذا فان فصل تفاعل التركيب الوراثي عن البيئة قد يعطينا معلومات ومتوسطات معقولة ومنطقية بتأثيرات معنوية في التحكم بتوارث الصفات. وعليه، فقد اقترح هذان العالمان امكانية التنبؤ بالتباين او عدم امكانية التنبؤ به.

تتضمن التباينات التي يمكن التنبؤ بها تلك العوامل التي يمكن ان يكون هناك معرفة مسبقة بحدوثها مثل الليل والنهار وموعد الزراعة والتغير في درجات الحرارة والرطوبة وهبوب الرياح او سقوط الامطار او تغير اسلوب توزيع سقوطها اوالاصابة بالامراض. عموماً انها تشمل العوامل الجوية، بينما التباينات التي لايمكن التنبؤ بها تشمل العوامل التي يصعب تصنيفها في المجموعة السابقة، مثل الحرائق او انقطاع مياه الري. وعليه، ربما يتغير اداء

التراكيب الوراثية او الاصناف المزروعة بتغيرات البيئة او لا يتغير. يتفق المهتمون ببحوث الوراثه– البيئه بالتراكيب الوراثية الاكثر استقراراً في الاداء الانتاجي والمظهري، اذ ان مثل هذه التراكيب ستعطي استجابة مظهرية متماثلة على الرغم من زراعتها في بيئات مختلفة. اصطلح Allard و Bradshaw (1964) و Allard و Hansche (1964) التراكيب الوراثية المتوازنة، اذ ميزوا نوعين من هذا التوازن، الاول هو التوازن الجماعي populational buffering (المجتمعي) ويتمثل بالاصناف مختلفة التركيب الوراثي heterozygous varieties، والتي تعطي حاصلاً عالياً فتمثل بذلك التوازن الفردي والجماعي. اما الالنوع الثاني من التوازن فهو الفردي individual buffering، ويتمثل بالتراكيب الوراثية المتماثلة homozygous والتي تعتمد في استقرارها وثباتها في اعطاء حاصل عالي في بيئات مختلفة.

تعتمد اهمية هذا التفاعل مع البيئة على اهداف مربي النبات، فان كانت رغبته الحصول على اصناف حاصلها جيد عندما تزرع في بيئات مختلفة، فلابد من اعداد برنامج تربية يجد المربي من خلاله الاصناف التي لها استقراراً وراثياً جيداً، اي يكون تداخلها مع البيئة قليلاً بحيث لا يظهر تأثيرها المعنوي والمحسوس. اما اذا كانت رغبة المربي هي الحصول على اصناف لها قابلية تطبع عالية لبيئة محددة، فان تداخلات الوراثة مع البيئة لها الاولوية والتي يجب ان تكون عالية، اي بمعنى ان هذه الاصناف تكون ذات استقرار وراثي قليل. لا ننسى ان الهدف الرئيس لمختصي وراثة الصفات الكمية هو التأكيد والاهتمام بتأثير التباين الوراثي كأساس للتنبؤ بالتحسين الوراثيفي برامج التربية، فيصبح تأثير تداخل الوراثة– البيئة مصدراً لجزء من الخطأ العشوائي للتباين المقدر. اي ان الفروقات الحقيقية بين النتائج المشاهدة والمتوقعة تكون موجودة بدون ادنى شك، اذا ما اعتمدت حساب التباين الوراقي على تقدير قيم وراثية متحيزه. يستنتج مما تقدم ان المقصود بالتداخل (التفاعل) بين الوراثة والبيئه هو وجود افراد لها تركيب وراثي واحد او اكثر من التراكيب الوراثية التي تختلف استجابتها في بيئة معينة عن بيئة اخرى، فيضهر هذا التداخل واضحاً عندما تكون البيئات التي يتم فيها الاختبار واسهة التباين، مما يؤشر وضوح الفروقات في الاداء بين التراكيب الوراثية في البيئات المختلفة بالشكل المظهري او الحاصل ومكوناته فتسبب التداخل الذي يمكن تفسيره احصائياً لمسألتين هما:

1. يمكن ان تختلف الفروق الحقيقية بين التراكيب الوراثية المزروعة في بيئات مختلفة، ويمكن تقليلها بطرائق الادارة والتسميد او التغذية وتحديد افضل العوامل التي تسبب زيادة الانتاج، مثل أفضل موعد للزراعة وأمثل كثافة نباتية وكمية وموعد اضافة للسماد...الخ.

2. تحديد صفات كل تركيب وراثي وسلوكه في بيئة ما بمقارنة زراعته في البيئات الاخرى. وعليه، تم الاتفاق على تحديد اربعة انواع من التداخلات هي:

صغير x صغير

اي ان التباين بين كل من التراكيب الوراثية والبيئات المستخدمة صغيراً، ومثال ذلك زراعة مجتمع نباتي من القمح ضمن منطقة الموصل (شمال العراق) والتي تمثل بيئة واحدة او عدة بيئات الفرق بينها صغير نسبياً. يعد هذا النوع من التداخلات صعباً، اذ ان وجوده يسبب انخفاض قيمة التداخل.

كبير x صغير

يحدث هذا النوع من التداخل عندما تكون الاختلافات بين التراكيب الوراثية كبيرة وبين البيئات التي يتم فيها الاختبار صغيرة، وهو الشائع في مثل الظروف المحلية، حيث قلة محطات التجارب. لتوضيح ذلك نأخذ المثال التالي: عند توفر سلالات او اصناف من الذرة او زهرة الشمس مدخلة من عدة دول (مصادر مختلفة، اي قاعدة وراثية متباعدة) ودراسة اداؤها في بيئات محددة في المنطقة الوسطى من العراق (محافظات واسط وبغداد وبابل)، فان مقارنة الحاصل الكلي يعد من اهم الصفات المدروسة للوقوف على واقع اداء هذه الاصناف واختيار الأمثل منها سواءاً على مستوى المحافظة او المنطقة الوسطى كلها، والذي يعكس الإختلاف والتباين الوراثي بين الاصناف، بينما تعد البيئة عاملا غير مؤثراً في مثل هذه الدراسات، وبالتالي من الصعب تقدير تأثيرها.

صغير x كبير

يحدث هذا التداخل بين التراكيب الوراثية التي يكون مستوى الاختلاف الوراثي فيما بينها محدوداً او صغيراً، بينما يتم مقارنة اداؤها في مدى واسع من بيئات الاختبار، كأن يتم تقدير

الحاصل الاقتصادي في محافظات دهوك وتكريت وواسط والبصرة او تحت الظروف الديمية والمرويه من جهة وظروف مستويات تسميدية مختلفة، او يتم الاختبار في العراق والاردن والسعودية والسودان والمغرب. تتم مثل هذه الدراسات في برامج التحسين الوراثي بعد استنباط اصناف متفوقة يراد تعميم زراعتها في بلدان مختلفة ، كما في برامج تربية الاغنام او الثيران او اصناف القمح للزراعة المروية او الديمية. وعليه، فان معرفة مقدار التداخل في هذا النوع من الدراسات والاختبارات له اهمية كبيرة نتيجة شيوع استخدامه اولاً وفعاليته وكفاءته ثانياً.

كبير x كبير

تتم مثل هذه الاختبارات عندما تكون الاختلافات في البنية الوراثية للتراكيب الوراثية او بيئات الاختبار كبيرة جداً، اذ يعد هذا النوع من التداخل مهما، ومن الضروري الأخذ به بنظر الاعتبار. تظهر اهمية هذا الاختبار عند استيراد قطعان من الثيران او الدواجن وحتى الاصناف النباتية لبعض المحاصيل المدخلة مثل السلجم وفول الصويا والعصفر او بعض محاصيل الفاكهة والخضر...الخ.

ان برامج التربية والتحسين تعتمد اساساً على مدى التداخلات الوراثية – البيئية، فكلما كانت هذه التداخلات معنوية وكبيرة التأثير كلما تطلب اعتماد برامج التحسين الوراثي للأصناف المحلية او تحسين التطبع بالطرق الكفوءه والسريعة. اشار Mc Dowell (1972) و Subira واخرون (2015) و Bhartiya واخرون (2017) الى وجود مؤشرات للاستجابة المختلفة للظروف البيئية ، بما يخدم برامج التربية والتحسين لمعرفة افضل التراكيب الوراثية (حيوان ونبات).

على الرغم من كثرة الحديث عن التداخل الوراثي– البيئي من الجوانب الكمية والتفسيرات الوراثية، الا ان الطرائق الاحصائية المتبعة في تحليل البيانات لتجارب مقارنة الحاصل قد أستحوذت اهتمام الكثير من علماء تربية النبات ومختصي الاحصاء الوراثي بهدف الوقوف على أمثل الطرائق التي يمكن من خلالها تفسير التداخل الذي يفرزه تحليل التباين. قام Lin واخرون (1986) و Becker و Leon (1988) و Crossa (1990) و Flores واخرون (1998) و Hussein واخرون (2000) و Ferreira واخرون (2006) باجراء مراجعة تفصيلية لتقييم التداخل الوراثي – البيئي من الناحية الاحصائية. كانت طريقة تحليل المكون الرئيس Principal Component Analysis (PCA) وطريقة AMMI اي التداخل

المضاعف والتاثير الاضافي الرئيس Additive Main Effects nd Multiplicative Interactions والتحليل الثنائي للتركيب الوراثي + التداخل الوراثي – البيئي Genotype plus Genotype x Environent Interaction (GGE) Biplot (Zobel واخرون، 1988 و Yan و Kang، 2003 و Ferreira واخرون، 2006)، للبيانات بتمثيلها بالرسوم graphic لمخرجاتها، في الوقت الذي كانت تحلل بيانات الحاصل بالطرائق الاعتيادية، مثل طريقة تحليل التباين (ANOVA) وطريقة تحليل المكون الرئيس (PCA) والانحدار الخطي Linear Regression (LR) والتي غالباً ما تكون غير كافية لأستكشاف ومعرفة وتفسير التداخل الوراثي – البيئي بطريقة كفوءة وفعالة (Zobel واخرون، 1988). يستند تحليل التباين على الانموذج الاضافي الذي يوضح بكفاءة التأثيرات الرئيسة فقط (Snedecor و Cochran، 1980)، فيعرِف التداخل الوراثي – البيئي على انه مصدر اختلاف لا اكثر ولا يحلله احصائياً. بالمقابل، يعد تحليل PCA انموذج مضاعف ولا يحتوي على التأثيرات الرئيسة الاضافية، سواءً للتركيب الوراثي او البيئة، وبالتالي لا يعير اهمية ولا يحلل التداخل، وهو يمثل بحسب التعريف ما تبقى من الانموذج الاضافي. أما انموذج الانحدار الخطي، فيحلل كل من التأثيرات الرئيسة وبكفاءة التداخل الوراثي – البيئي. يكمل تحليل AMMI كل من تحليل التباين وتحليل المكون الرئيس وتحليل الانحدار الخطي باسلوب ومظهر موحد، يكون بالتالي الأكثر ملائمةً كأول تحليل احصائي لتجارب مقارنة الحاصل التي يكون فيها التداخل الوراثي – البيئي معنوياً. إزداد تمثيل التحليل الاحصائي بالرسوم، كما هو الحال في تحليل GGE Biplot و PCA وAMMI منذ عام 2004، إذ قارن Yan واخرون (2007) تحليلي AMMI و GGE Biplot وبينوا محاسن ومساوىء كل منها، فتفوق تحليل GGE Biplot على AMMI بالتمثيل بالرسوم في تحليل البيئات الكبرى mega environments وتقييم التراكيب الوراثية كونه يفسر التركيب الوراثي وتداخله مع البيئة بكفاءة اكبر (Yan و Kang، 2003). م 14سلالة نقية من الذرة في تجارب عدة بيئات بتحليلي AMMI و GGE Biplot واستنتج ان تحليل AMMI هو الاكثر كفاءة وهو الطريقة البديلة لمعرفة التراكيب الوراثية الواعدة، بينما كان تحليل GGE Biplot الاداة الكفوءة في تحليل البيئات الكبرى بما يعرف Which– Won– Where Pattern، وتقييم اداء واستقرار التركيب الوراثي وتقييم البيئة للتمييز ما بين التراكيب الوراثية وبيئات الهدف المطلوبة (Adu واخرون، 2019).

قياس تداخل الوراثة – البيئة Measurement of genotype– environment interaction

استخدمت طرائق عديدة لمعرفة سلوك السلالات والاصناف او التراكيب الوراثية عند زراعتها في بيئات مختلفة. اكثر الطرق شيوعا ههي اجراء الاختبار في بيئات مختلفة على وفق تجارب مقارنة الحاصل بمكررات، ليتم التحليل الاحصائي كما في الجدول (16–1).

يمكن تجزئة مكونات التباين الوراثي الى مكوناته، ومثل ذلك لتداخل الوراثة– البيئة لتحديد نوع التباين الموجود بدقة. هناك طرائق اخرى لتقدير التداخل باستخدام الارتباط بين التراكيب الوراثيه في بيئة معينة وعلاقتها باداء الصفات المدروسة في البيئات الاخرى (Weikai و Holland، 2010 و Subira واخرون، 2015 و Stuber واخرون، 1973)، اذ تشير قيم معامل الارتباط الموجب العالية الى انخفاض قيم التداخل بين الوراثة والبيئه، والعكس صحيح.

الجدول (16–1) تحليل التباين لتجارب زراعة الموارد الوراثية المختلفة في بيئات مختلفة.

مصادر الاختلاف	درجات الحرية	متوسط المربعات	متوسط المربعات المتوقع	قيمة F المحسزبة
البيئات	e–1			
التراكيب الوراثية	g–1	MS_1	$re\sigma^2g + r\sigma^2ge + \sigma^2$	MS_1/ MS_3
البيئات x التراكيب الوراثية	(e–1)(g–1)	MS_2	$r\sigma^2ge + \sigma^2$	MS_2/ MS_3
الخطأ التجريبي	ge(r–1)	MS_3	σ^2	

أشارت دراسات عديدة الى ان مكونات التباين للتداخل تكون عالية المعنوية واكبر من التباين الوراثي لوحده للعديد من الصفات في الذرة (يوسف، 1997 و Gardner، 1963 و Robinson، 1967 و Stuber و Moll، 1967)، اذ اظهرت التأثيرات الاضافية وغير الاضافية لتداخل المعنوي مع البيئة.

تقييم الاستقرار الوراثي Evaluation of Genetic Stability

على الرغم من ان التأثيرات الوراثية ليست مستقلة عن التأثيرات البيئية لأعطاء الشكل المظهري النهائي للنبات، او الكائن الحي عموماً، لاحظ الكثير من الباحثين العلاقة الخطية لإداء التركيب الوراثي في البيئات المختلفة، والتي غالباً ما يكون قياس بعض هذه البيئات خطياً، او يكاد يكون خطياً. وجد Freeman و Perkins (1971) دليلاً قوياً حول وجود هذه العلاقة الخطية، على الرغم من ان هذه العلاقة لا تمثل قيم التداخل الموجودة بين الوراثة والبيئة، ولا تقدم اسباباً لذلك، مما اضطر البعض لأستخدام تحليل الانحدار في وصف هذه الاستجابات المختلفة، والذي اعطى فائدة كبيرة للتنبؤ بالاستقرار الوراثي للتراكيب الوراثية (Finlay و Wilconson، 1963 و Weikai و Holland، 2010).

من الضروري عند استخدام مثل هذا النوع من التحاليل الاحصائية، الاخذ بنظر الاعتبار حساب درجات الحرية ومتوسط المربعات، اذ ان الخطأ في حساب مكونات الانحدار ممكن. قام Baker (1962) بتقسيم درجات الحرية لمتوسط مربعات التداخل الوراثي – البيئي الى مكوناته لكل تركيب وراثي، وحيث ان مجموع درجات الحرية لهذه التجزئه هو g(e−1)، مع الاشارة الى ان التجزئه لا تمثل اجراءاً احصائياً قانونياً ومتبعاً لأن كل متوسط مربعات له درجات حرية محددة به دون الالتفات الى طبيعة التجزئه المستخدمة. ان تجزئة متوسط المربعات التي اتبعها Freeman و Perkins (1971) تذلل الصعوبات التي اشير اليها انفاً، وتتضمن ما يأتي:

عند تكملة جدول تحليل التباين للوصول الى قيمة F، يمكن معرفة اي مكون منها قد وصل الى مستوى التأثير المعنوي. اما ما يتعلق بالانحدار المركب combined regression فيعني تجزئة التباين لأي تركيب وراثي بالنسبة لبقية التراكيب الوراثية الاخرى الداخلة في التحليل الاحصائي، بينما يمثل الانحدار نتيجة الاختلاف الوراثي heterogeneity regression مجموع المربعات التي ترتبط بالاختلاف لمنحنيات الانحدار لكل تركيب وراثي عن منحنى الانحدار الحقيقي الممثل لكل التراكيب الوراثية. تجدر الاشارة الى ان Toi (1971) قد جزأ ما يسمى بالتداخل الى صيغة مماثلة لما ذكرناه، اما Eberhart و Russell (1966) فقاما بتحليل التجارب باسلوب محور عن طريقة Freemnan و Perkins (1971) كما يوضحها الجدول (16−3).

التطبع والاستقرار Adaptability and stability

مثلما اسلفنا قبلاً، فان انتخاب الاباء لبرنامج التهجين على وفق الصفات المتفوقة المرغوبة فيها، فانه لابد ان تؤخذ في الحسبان مسألة التطبع العالي لهذه الصفات، اي قابلية الهجين ليتفاعل ايجابياً مع البيئة التي يزرع فيها، وكيف يمكن محاكاتها من جهة، واستقرار أداء الهجين من حيث الحاصل الذي يعطيه، اي قابليته للاستجابة حيال القدرة الانتاجية لتلك البيئات من جهة ثانية. اذا ما اخذت مثل هذه النقاط بنظر الاعتبار، فان انتخاب الاباء يكون على درجة كبيرة من الاهمية في برامج التربية التي تهدف الى توسيع المساحة البيئية التي يراد تغطيتها بنشر زراعة هذا الهجين او ذاك، وخصوصاً في ظروف التربة والمناخ المتميزين. طورت عدة نماذج احصائية لدراسة وتقدير التداخل الوراثي – البيئي بدقة عالية لتسهيل فهم تطبع واستقرار وتقييم التراكيب الوراثية (Gauch، 1992). مجموعة كبيرة من العلماء والباحثين الرواد (Plaisted و Paterson، 1959 و Finlay و Wilkinson ، 1963 و Wricke، 1965 و Eberhart و Russell، 1966 و Tai، 1971 و Francis و Kannenberg، 1978 و Verma واخرون، 1978 و Lin واخرون، 1986 و Cruz واخرون، 1989 و Gauch، 1992) نشروا بحوثهم المتميزة لتطوير تقنيات التنبوء بتطبع واستقرار الاصناف في البيئات المختلفة. فكانت الدراسات المتعلقة بهذين المعيارين الانتخابيين قد تطورت من تحاليل التداخل الوراثي – البيئي الى تسخير هذه التحاليل باتجاه ايجاد ما يلائم كل بيئة على وفق معطياتها وخصوصياتها في بحوث كل من Oliveira، واخرون (2003) لفول الصويا و Jobim واخرون (1999) للفاصولياء و Coimbra واخرون (1999) للسلجم وفي الحنطة (Felicio واخرون، 1998) والذرة (Adu واخرون، 2019 و Azzo، 2007 و Flachenecker واخرون، 2006 و Scapim واخرون، 2000) والشوفان (Benin واخرون، 2003) وقصب السكر (Milligan واخرون، 2003).

ان بيانات الشوفان في بحث Benin واخرون (2003) باستخدام انموذج القطع الثنائي والذي وصفه Cruz واخرون (1989) عندما قيموا 19 تركيب وراثي من الشوفان في 9 مناطق بيئية ملائمة واخرى غير ملائمة لزراعة لشوفان في جنوب البرازيل على اساس بعض معايير الاداء قد اظهر تفوق قسم منها والاخرى كان اداؤها ادنى من المتوسط العام للبيئات المدروسة. يقاس التطبع والاستقرار بمعنوية الميل، اي قيمة b_i و قيمة معيار الاستقرار عندما

يعود معامل التحديد R^2 لأنموذج الانحدار المصحح لكل تركيب وراثي قيد الدراسة. عندما نشاهد القيم المعنوية لكل من الميل والاستقرار في كلا البيئتين (الملائمة وغير الملائمة) لبعض التراكيب، فانما يدل ذلك على التطبع الواسع واستقرار حاصل الحبوب من حيث الانتاجية في مناطق المعاينة او الدراسة بمواقعها التسع. استخدمت هذه الطريقة كثيراً من قبل الباحثين بهدف تحليل سلوك واداء التراكيب الوراثية في المناطق الكبرى (التطبع الواسع) ومثلها للتطبع الضيق، اي المناطق الصغرى، لكيما تسعف مربي النبات في اختيار الاباء التي يراد من خلالها انتاج الهجن اصطناعياً (الهجن الموجهة)، وكذلم لأعطاء التوصية للمزارعين حول افضل التراكيب الوراثية (Chloupek و Hrstkova، 2005 و Lin واخرون، 1986 و Kraakman واخرون، 2004).

تختلف هذه الطريقة في تحليل البيانات عن طريقة Freemnan و Perkins (1971) في كونها تأخذ بنظر الاعتبار التباين الكلي بين التراكيب الوراثية على انها مكوناً واحداً من خلال ربط وتوحيد مجموع مربعات البيئات والتداخل. توضح سابقاً من الجدول (16–2) ان التجزئة قد شملت شكلين لما تبقى من الانحدار (Eberhart و Russell، 1966).

إعتمد العديد من الباحثين في دراساتهم على حساب متوسط جميع الاصناف المزروعة في بيئة معينة، باعتبار ان ذلك يمثل مقياساً لأستجابة تلك الاصناف في البيئة، والتي تختلف استجابتها فيما لو زرعت في بيئة مختلفة. لا يعطي مثل **الجدول (16–2): مصادر الاختلاف ودرجات الحرية لزراعة تراكيب وراثية مختلفة في بيئات مختلفة وحساب التداخل بينهما.**

مصادر الاختلاف	درجات الحرية
التراكيب الوراثية (g)	g–1
البيئات (e)	e–1
الانحدار المركب	1
المتبقي	e–2
تداخل التراكيب الوراثية x البيئات(g x e)	(g–1) (e–1)
الانحدار نتيجة الاختلاف الوراثي	(g–1)
المتبقي	(g–1)(g–2)
الخطأ التجريبي (بين المكررات)	ge(r–1)

الجدول (16-3): مصادر الاختلاف ودرجات الحرية لتجربة زراعة تراكيب وراثية مختلفة في بيئات مختلفة.

مصادر الاختلاف	درجات الحرية
التراكيب الوراثية (g)	التراكيب الوراثية (g)
البيئات (e)	البيئات (e)
تداخل التراكيب الوراثية x البيئات(g x e)	g (e-1)
البيئات (الخطية)	1
تداخل التراكيب الوراثية x البيئات (الخطية)	(g-1)
الانحرافات المساهمة	g(e-2)
التركيب الوراثي 1 g_1	(e-2)
التركيب الوراثي 2 g_2	(e-2)
التركيب الوراثي n g_n	(e-n)
الخطأ e	e(g-1)(r-1)

هذا الاجراء مقياساً مستقلاً لتأثير البيئة كما نتمناه في تحليل الانحدار، بل تتحدد الطريقة المنفصلة باجراء حسابات مستقلة وكما يلي:

تقسيم المكررات لكل صنف (تركيب وراثي) الى قسمين، يستخدم الاول في قياس البيئة والثاني لتقدير التداخل.

1. استخدام تركيب وراثي واحد او اكثر مقياساً لتأثير البيئة، والتي تزودنا بمعلومات مستقلة ومرغوبة حول التأثيرات البيئية والوراثية، الا انها تتطلب تجارب اضافية مكملة لتثبيت بعض البيانات عن تحليل التداخل، الا انها غير كفوءة في تقليل خطأ المعاينة sampling error .

2. على الرغم من ان دراسة Finlay و Wilconson (1963) قد اظهرت الاستفادة من قياس ثبات واستقرار 277 صنف من الشعير، الا انه لا يوجد اتفاق متكامل حول افضل مصطلح للاستقرار بالاعتماد على طرائق التحليل الاحصائي التي وصفها Yates و Cochran (1938)، اذ استخدما متوسط حاصل الصنف المرتد بالنسبة لمتوسط الحاصل المتوقع بمقياس لوغاريتمي. تضمنت استنتاجاتهما بان يكون معامل الانحدار:

1. بحدود وحدة واحدة تشير الى معدل الاستقرار و

2. اذا كانت قيمة الوحدة المشار اليها اكبر من واحد، فان ذلك يعني ان درجة الاستقرار الوراثي هي اقل من المعدل، والعكس صحيح.

يعبر عن الاستقرار المظهري للصنف بمعامل الانحدار الذي قيمته صفر، وبالتالي يمكن تعريف الصنف المستقر (ثابت الاداء) stable variety بانه الصنف الذي يعطي حاصلاً جيداً في البيئات الضعيفة واوطأ نسبياً في البيئات الملائمة، بينما يعرَف الصنف المثالي ideal variety بانه الصنف الذي يعطي اعلى حاصل في الظروف الملائمة لنموه، وبالتالي قد يكون اداؤه في بيئة معينة عالياً ولا يستجيب لظروف بيئة اخرى بنفس الطريقة.

اما Eberhart و Russell (1961) فقد طورا طريقة تحليل الانحدار لتقييم الاستقرار الوراثي بعاملين هما:

- ميل خط الانحدار
- الانحراف عن خط الانحدار

وفق النموذج الرياضي $Y_{ij} = \mu + B_i I_j + B_{ij}$ حيث ان Y_{ij} تمثل متوسط الصنف المزروع (i) في البيئة (J) و B_j معامل الانحدار الذي يمكن قياسه لمختلف البيئات التي زرع فيها الصنف و B_{ij} الانحراف عن خط الانحدار بينما يمثل I_j الدليل البيئي environmental index.

وعليه، يكون تعريف الصنف الثابت بانه الصنف الذي له معامل انحدار مقداره واحد اي ان قيمة $b_i = 1.0$ وله اقل ميل عن خط الانحدار ($S^2d = 0$).

استخدم Johnson واخرون (1968) عند دراسته 12 صنف من القمح الشنوي الاحمر الصلب مع صنف اخر قياسي بدلا من حساب الانحراف عن خط الانحدار وأيده Breese (1969). اما طريقة Wricke (1960) فتعتمد اساساً على متغير واحد سمي المتعادل ecovalance اذ تم تشخيصه على انه اقل توضيحاً من الطرق الثلاثه المذكرة انفاً. ربما تعد طريقة Eberhart و Russell (1966) لأستخدامها المقياس الحسابي افضل من طريقة Finlay و Wilconson (1963)، التي تستخدم التعبير اللوغاريتمي، كونها اكثر وضوحاً، بل

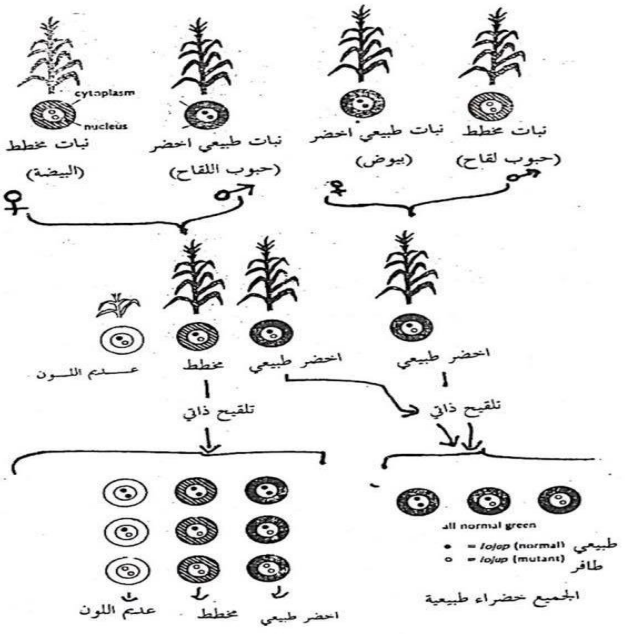
تعد طريقة الحساب اللوغاريتمي اكثر تفصيلاً عندما تكون الاصناف المدروسة مختلفة عن بعضها بصورة تدريجية. للاطلاع تفصيلياً على مثل هذه الدراسات لابد من العودة الى Howett (1972) و Tai (1971) و Breese (1969) و Spraque (1966).

تأثير الأم Maternal influence

يشمل التباين البيئي كل المسببات غير الوراثية المؤثرة في التباين الكلي للصفة. يعد تأثير العوامل البيئية من اهم التأثيرات في دقة التجارب الوراثية، فيكون لعوامل التغذية (التسميد) والعوامل الجوية (درجة الحرارة وسعات الاضاءة، اي موعد الزراعة) من العوامل التي يمكن التحكم بها، بينما يعد تأثير الأم مؤثراً أخراً من المؤثرات البيئية، اذ له اهمية خاصة في بعض النباتات الراقية وبعض الحيوانات الثدية، وحتى بعض الكائنات الدقيقة. يقصد بتأثير الأم هنا تأثير سايتوبلازم الخلية الأنثوية وطبيعته وبالتالي أثره في إعطاء بعض الصفات للكائن الحي والتي ربما لا تكون موجودة فيما لو تم اجراء التهجين العكسي، اي جعل الأب اماً والأم أباً. يوضح الشكل (16-1) مثل هذا التأثير في نبات الذرة بسبب وجود بعض الصفات التي تظهر نتيجة اشتراك سايتوبلازم الأم في إظهارها، اي ان هناك مورثات (جينات) موجودة في السايتوبلازم فقط وهي مسؤولة عن اظهار هذه الصفات، فيسميها البعض العوامل غير الملموسة intangible factors (Falciner، 1985)ك، كما يوضحها الجدول (16-4).

تستلم الكائنات احادية الجنس اي التي تحمل امشاج من نوع homo gametic عدد متساوٍ من الجينات من كلا الابوين، وتنقل الام بالاضافة الى ذلك بعض صفاتها الوراثية من خلال سايتوبلازم البويضة لتجهيز الجنين بالمواد الغذائية. يطلق على هذه التأثيرات اسم التأثيرات الأمية، ومن هنا يمكن تعريف تأثير الأم بانه حاصل جمع التأثيرات الأمية قبل الولادة و بعدها، من خلال الجينات التي ساهمت بها الام، وخصوصاً في الاحياء متعددة الولادات multiparous. استخدمت طرائق مختلفة لتقدير اهمية التأثيرات الأمية مجتمعةً او جزء منها، من دراسة تأثير السايتوبلازم على أساس اجراء تصاميم التهجين المتبادل او إجراء التحليلات الوراثية لسجلات التربية وسجلات الأداء فتشمل:

أ. مقارنة الارتباط بين الأباء والأمهات مع الاخوة نصف الاشقاء half–sibs، فالتشابه بين الأباء والأخوة نصف الأشقاء يمثل0.25 اي ربع تقدير التباين الوراثي وقليل من تأثيرات الجينات غير الأليلية التي تظهر التأثير المتفوق.



الشكل (16–1): وراثة الاوراق المخططة في الذرة دلالة على الوراثة السايتوبلازمية

أما التشابه بين الامهات والاخوة نصف الاشقاء فيمثل تأثير الأم ايضاً، وعليه، يكون الارتباط بين الامهات والاخوة نصف الاشقاء مطروحاً منه الارتباط بين الأباء والاخوة نصف الاشقاء (0.25) ويعطي تقديراً لأهمية بيئة الHم ولا تكون المكونات البيئية موجودة في التشابه بين الHباء والHخوة نصف الأشقاء (Lush، 1948).

ب. مقارنة التشابه بين الأب والأم مع أبائهم، إذ ان التشابه بين الأب والأبناء = 0.5 التباين الوراثي، بينما التشابه بين الأم والأبناء فيضاف الى ذلك تأثيرات الأم، وبذلك فان الإختلاف في التشابه بين الاباء والامهات مع ابائهم يعطي تقدير لتأثير الأم. تجدر الاشارة الى عدم استخدام هذه الحالات بشكل واسع من الناحية التطبيقية، عندما تكون عينة القياس صغيرة، فضلا عن عدم امكانية تعميم النتائج على كل افراد الجنس الواحد.

الجدول (16-4) تقسيم التباين الكلي في الوزن بعد الولادة في الانسان الى مسبباته المختلفة.

مسبب التباين	% للمجموع
التباين الوراثي	18
تباين التأثير الاضافي	15
تباين التأثير غير الاضافي	1
تباين تأثير الجنس	2
التباين البيئي	82
التباين الناتج عن التركيب الوراثي للام	20
التباين الناتج عن التأثير البيئي العام اي محيط الام العام	18
التباين الناتج عن التأثير البيئي المباشر اي محيط الام المباشر	6
التباين الناتج عن تأثير عمر الام عند الحمل او الولادة	1
التباين الناتج عن تسلسل الولادة	7
التباين الناتج عن الظروف غير المسيطر عليها	30
المجموع	100

د. الاستجابة للانتخاب Response to selection

تأخذ وراثة الصفات لأي محتمع نباتي بنظر الاعتبار جانبين مهمين هما:

متوسط الصفة لما يعطيه المجتمع النباتي، حاصل الحبوب مثلاً و

ما يعطيه المجتمع من متوسط الصفة (حاصل الحبوب) اذاهجن مع جبل وراثية اخرى، ويعطي هجناً مختلفة.

يمكن ابتكار طرائق الانتخاب مباشرةً لتحسين كل الانواع، عندما يكون الغرض من برنامج التربية استنباط صنف جديد او سلالة نقية. من المنطقي هنا ان يتم اختيار احدى طرائق الانتخاب الفعالة التي يمكن تسخيرها في تحسين النبات نفسه، بينما يكون هذا التحسين

ناتجاً من تحسين اخر في قابلية انتاج هجن مختلفة، عندما يكون الهدف انتاج هجين جديد، فيكون اختيارنا لأحدى الطريقتين ليس امراً قاطعاً.

التغايرات الوراثية والاستجابة المتوقعة Genetic Variances and Expected Response

يرتكز الهدف الرئيس في الحصول على اساس وراثي كفوء ومتطور ومؤثر من برامج الانتخاب على دور الوراثة الكمية للصفات المرغوبة، فالتوريث heritability يعرف بانه مقدار التباين الوراثي الى التباين المظهري. يمكن معربفة القيم الوراثية وتجزئتها الى مكوناتها الاضافية وغير الاضافية والقيم المظهرية للحصول على التحصيل الوراثي المتوقع كما في المعادلة: $\Delta = (Y_s - Y)\sigma^2A / \sigma^2P$ اذ تمثل Y_s متوسط الصفة للافراد المنتخبة و Y حاصل العينة المأخوذة من المجتمع و $(Y_s - Y)$ هو الفارق الانتخابي في الصفة المدروسة والتي غالباً ما تمثل بمقياس معياري يسمى K ، وبالتعويض يمكن ان تكون المعادلة $\Delta = k \sigma^2A / \sigma^2P$ اذ تمثل Δ التحصيل الوراثي.

ان الانتخاب بين العوائل النباتية افضل من الانتخاب بين الافراد اي النباتات منفردةً، حيث يراد بعض التحوير في التعبير عنها. مثال لذلك هو معرفة متوسط العوائل المنحدرة من ابوين اثنين full–sib ومعرفة قيم التربية الداخلية لكل فرد في العائلة، فتكون المعادلة كالتالي: $½ \sigma^2A / \sigma^2P^f$ اذ تمثل σ^2P^f التباين بين متوسطات العوائل النباتية، فتكون الاستجابة المتوقعة للانتخاب في عوائل الاخوة full–sib وفق المعادلة:

$$\Delta F_s = k\sigma^2 A / \sigma^2P^f$$

تقييم تجارب أساليب الانتخاب Experimental evaluation of selection procedures

1. الاستجابة للانتخاب ضمن المجتمع النباتي

على الرغم من بساطة الانتخاب الاجمالي mass selection والذي يعني انتخاب كل النباتات المرغوبة والمتشابهة في المظهر الخارجي بما يمثل الطريقة الاقل تعقيداً والاقل دقةً في تحسين المحاصيل، اما عيوب هذا الاسلوب فهي:

1. عدم الاهتمام بتأثير البيئة، اي قد يتم الانتخاب نتيجة ظروف بيئية معينة، فتكون النباتات المنتخبة متشابهة مظهرياً ولكنها تختلف عن بعضها في التركيب (البنية) الوراثية.

2. تحتاج الى وقت كبير، اذ تستغرق سنوات طويلة للحصول على التحسين الوراثي المطلوب، خصوصاً اذا كان برنامج التحسين لنباتات خلطية التلقيح مثل الذرة وزهرة الشمس والبرسيم والجت وغيرها.

3. بسبب الانتخاب المستمر سنة بعد اخرى، سيقل حجم التغايرات الوراثية وحدوث التربية الداخلية التي ينجم عنها التدهور الوراثي inbreeding depression.

4. لاتكون هذه الطريقة فعالة في الانتخاب المباشر للصفات ذات درجة التوريث الواطئة، مثل حاصل الحبوب.

اعطت الدراسات الكثيرة في هذا المجال معلومات كافية ودقيقة حول طرائق واسلوب الانتخاب الاجمالي (Gardner، 1961)، كما يمكن الاستعانة ببحوث ودراسات Harris واخرون (1972) و Johnson (1963) في تحسين الذرة و Matzinger و Wernman (1968) في التبغ الملقح ذاتياً وفق نظام تزاوج مسيطر عليه لدورات الانتخاب. ان مقارنة مدى الاستجابة للانتخاب وفق اساليب الانتخاب الاجمالي وانتخاب العائلة family selection، يجب ان يأخذ بنظر الاعتبار الفرق في شدة الانتخاب وعدد الاجيال المطلوبة لكل دورة انتخاب، اذ يمكن تقييم النباتات منفردةً في مساحة ضيقة قياساً بنباتات العائلة، فضلاً عن كبر شدة الانتخاب المعروفة في برامج الانتخاب الاجمالي، كما في اغلب الطرق الاخرى. ان اجراء مقارنة نظرية لابد ان تأخذ في الحسبان مثل هذه العوامل، اذ ربما تقترح ان تكون الاستجابة للانتخاب اكبر مما هي عليه في انتخاب الذرية، والتي بدورها تعني التحصيل الوراثي لكل

جيل، وبضمنها الصفة واطئة التوريث (Moll و Robinson، 1959). وعليه، يمكن توقع الاستجابة للانتخاب ان تكون تحصيلا وراثياً لكل دورة انتخاب ، في حالة انتخاب العائلة.

2. الاستجابة للانتخاب بين المجتمعات Inter population selection response

تم تصميم طرائق الانتخاب التكراري recurrent selection لقابلية التآلف الخاصة specific combining ability والانتخاب المتبادل reciprocal للحصول على كفاءة انتخاب مباشر لأداء الهجن، اذ يتوقع ان يكون اداؤها كفوءاً في برامج التحسين مباشرةً لدى اجراء الانتخاب بين الجماعات النباتية، بينما يكون اقل كفاءةً من استجابتها في المجتمع النباتي الواحد. يمكن الاستزادة حول الموضوع من مراجعة بحوث Moll و Stuber (1971) و Russell واخرون (1973) و Horner واخرون (1973). وجد مجيد ويوسف (2011) و Eberhart واخرون (1973)، زيادة تدريجية في قوة الهجين من تضريب هجن اصناف تركيبيه من الذرة. اظهرت البيانات الاولية التي حصل عليها Darrah واخرون (1972) من مقارنة طرائق الانتخاب في كينيا ان الانتخاب المتبادل كان اكثر كفاءةً في تحسين محاصيل خلطية التلقيح من طرائق الانتخاب الاخرى والتهجين بين المجتمعات النباتية المختلفة.

3. تأثير الانتخاب في التغاير الوراثي Effect of selection on genetic variance

يتم تحسين متوسط اداء الافراد او المجتمعات نتيجة تغيير التكرار الجيني، فيؤثر بالتالي على التغاير الوراثي. من المألوف ان تزداد التغايرات الوراثية في دورات الانتخاب الاولى، حيث تكون التكرارات الاولية للأليلات المرغوبة (أليلات الصفة التي يراد تحسينها) واطئة، وبالتالي تقل على الاغلب التغايرات الوراثية، اي الحد من متوسط الاستجابة في الدورات التالية، مثلما هو الحال في الصفات المعقدة، خصوصاً تلك التي تتأثر بعدة مواقع جينية لها تأثيرات صغيرة فتتغير هذه التغايرات الوراثية ببطىء مع كل دورة انتخاب.

4. ارتباط الاستجابة للانتخاب ودليل الانتخاب Correlated responses and selection index

تم من خلال التجارب العديدة لتقييم طرائق الانتخاب المختلفة التأكيد على الصفات الاولية منفردةً بغية تسهيل تفسيرها وتحليلها. ان المقارنة بين القيم المشاهدة والمتوقعة لأستجابات الارتباط كانت اقل توافقاً من الاستجابات التي تمت مناقشتها بصورة مباشرة سابقا، وخصوصاً بالنسبة لبعض الصفات الفسيولوجية، مثال ذلك، وجد Sharma و Sharma (2007) و Kutlu و Olgun (2015) ان الانتخاب لكبر مساحة الساق peduncle area ستزيد حاصل الحبوب في الحنطة القاسية، حيث ارتباطها المعنوي الاكبر من ارتباط مساحة ورقة العلم او مساح السنبلة بحاصل الحبوب. كما حصل Matzinger و Wernman (1968) بعد اربع دورات انتخابية لوزن الورقة لنبات التبغ على متوسط جيد ومتفق بين القيم المشاهدة والمتوقعة لقيم الاستجابة للارتباط، والتي لم تكن خطية في علاقتها مع دورات الانتخاب. في تجربة اخرى على التبغ استخدمت فيها صفات اخرى وجد ان قيم استجابات الارتباط المشاهدة والمتوقعة لزيادة القلويات مثلاً كانت بتوافقات ضعيفة على الرغم من تحقيق زيادة في الحاصل، وكما توقعها Matzinger واخرون (1972)، في الوقت الذي وجدت توافقات جيدة بين قيم استجابة الارتباط المشاهد والمتوقع لعدد عرانيص النبات بينما كانت ضعيفة لصفتي ارتفاع العرنوص وعدد الايام للتزهير الذكري (Moll و Robinson، 1966). أفادت الدراسة التي قدمها Abd El-Mohsen و Abd El-Shafi (2014) بان حاصل الحبوب لحنطة الخبز ارتبط طردياً ومعنوياً مع كل من عدد فروع النبات وعدد سنيبلات السنبل وعدد حبوب السنبلة ووزن الف حبة ودليل الحصاد، بينما كان ارتباطه بعدد الايام للتسنبل وارتفاع النبات عكسياً، مما يؤشر تسهيل الانتخاب للصف الثانوية لتحسين الحاصل (الجدول، 16-5)، ومثل تلك النتائج وجدها Singh واخرون (2012) و Kumar واخرون (2018).

ربما تفيد دراسة الارتباط بين الصفات في تحسين كمية ومقدار الاستجابة للانتخاب للصفة الاولية، فاذا كان للصفة الاولية Y توريثاً واطئاً وترتبط بدرجة كبيرة مع الصفة X التي لها درجة توريث عالية، فانه يمكن الاستفادة من هذا الارتباط في تحسين الصفة Y بصورة غير مباشرة بالانتخاب للصفة X . تم تحسين حاصل حبوب الذرة بالانتخاب غير المباشر لعدد عرانيص النبات (Lonnquist، 1968 و Sharma و Sharma، 2007). كما اعطت

خمس دورات من الانتخاب لصفة الخصوبة وتعدد العرانيص زيادة بمتوسط 28% في حاصل الحبوب لكل دورة انتخاب للصنف Hays golden، بينما اوضح Gardner (1961) ان الزيادة في حاصل الحبوب كانت بمعدل 3.8% لكل دورة انتخاب مباشر ولنفس المجتمع النباتي. زودنا Lonnquist بشدة انتخاب اكثر من Gardner وبين ان الفرق بين طريقتي الانتخاب الذي لم يكن كافياً لحساب الفرق في الاستجابة، اي ان احسن استجابة للانتخاب كانت من خلال الانتخاب غير المباشر بسبب درجة التوريث العالية للخصوبة والارتباط العالي لها مع الحاصل (Baloch واخرون، 2016).

يستنتج مما تقدم بان طريقة الانتخاب غير المباشر لها اهمية كبيرة في حالات محددة، ويقترح ان لا يكون الاعتماد على الارتباط الوراثي مع اعلى درجة توريث للصفات، بل يستعاض عنها بدليل يربط كل الصفات بمعلومات واضحة ومعروفة (Searle، 1965 و Dodig واخرون، 2015). انشأ Brim واخرون (1959) مجموعة دلائل لتحسين فول الصويا، مثلما ناقشوا القيم غير الحقيقية الناتجة من اخطاء في التقديرات والحسابات الاحصائية عندما يكون دليل الاوزان index weights هو الاساس.

الجدول (16-5): الارتباط ومعامل الانحدار ومعامل التحديد لمختلف الصفات في اصناف من حنطة الخبز

الصفة وارتباطها بحاصل حبوب النبات	معامل الارتباط (r)	معامل الانحدار (b	معامل التحديد (R^2)
عدد الايام لـ 50% تسنبل	-o.090^{ns}	-0.02	0.008
ارتفاع النبات (سم)	-0.330 ^{ns}	-0.19	0.11
عدد اشطاء النبات (الفروع)	0.603**	0.67	0.36
عدد سنيبلات السنبلة	0.672**	0.52	0.45
عدد حبوب السنبلة	0.619**	0.32	0.38
طول السنبلة (سم)	0.539**	0.30	0.29
وزن 1000 حبة (غم)	0.634**	0.64	0.40
دليل الحصاد	0.640**	0.63	0.41

Ns تعني غير معنوي و ** تعني معنوي عند مستوى احتمال اكبر من 0.01

الاستنتاجات من الوراثة الكمية لطرائق التربية

اهداف التربية

ان الفكرة التي تجذب اهتمام مربي النبات تدور حول تحسين الصفات التي ترتبط بصورة مباشرة او غير مباشرة بالقيمة الاقتصادية. مثال ذلك الصفات التي لها مردود معنوي واقتصادي لصفة الحاصل او التركيب الكيميائي او الصفات النوعية الاخرى، اما صفات النضج وطول النبات وانتصابه standability فتؤثر مبدئياً على الانتاج وبقوة. على مربي النبات اختيار عدة انواع من الظروف الزراعية في تقييم المواد الوراثية لديه، من خلال اثارة التساؤلات حول تداخل الوراثة مع البيئة للوقوف على ما يفيده منها، اذ ان تعقيدات هذه التداخلات على الرغم من استخدام الكثير من البرامج الاحصائية الحاسوبية في تفسير جزء كبير من تباين التداخل، فان المشكلة لا زالت قائمة على الرغم من استخدام تأثير ظروف الشد والظروف المثلى لقياس الصفات للوقوف على التحليل الكفوء الذي يخدم التفسير العلمي والتطبيقي والمنطقي. ان الهدف النهائي هو تطوير مجتمع نباتي واحد او مجتمعين باستخدام التقنيات المضمونة وعمل التزاوجات بين المنتخبات من النباتات لتحقيق التحسين الوراثي المطلوب.

تطور المادة الوراثية بالتربية والتحسين

هناك مدى واسع من الاختلافات الوراثية في كل انواع المحاصيل، فالجبل (الطرز) الوراثية عديدة ومختلفة يمكن من خلالها تحديد طريقة التربية. ادت زراعة بعض انواع المحاصيل بمدى واسع من الظروف البيئية وبمساحات واسعة الى حدوث كوارث وراثية جسيمة اكدتها الادلة الملموسة والقاطعة حول مرض اللفحة الصفراء في الذرة heminthosporium في الولايات المتحدة الامريكية عام 1970 ومثله لفحة البطاطا في ايرلندا او الوبائية بالمسبب المرضي للفحة الرمادية في الذرة ايضاً. وعليه، اهتمت المراكز البحثية الدولية ومربي النبات باستخدام المجتمعات النباتية التي لها اساس وراثي واسع broad – base genetic population بطرائق الانتخاب التكراري. يتم في الخطوة الاولى لتطوير وتحسين المجتمعات النباتية بانتخاب المواد الوراثية المتفوقة ليتم تقييمها (سواءً كانت محلية او مدخلة) بحسب Eberhart واخرون (1967).

ان برامج غربلة المواد الوراثية وخصوصاً المدخلة من خلال تجارب مقارنة الاداء وكذلك بتقييم قابلية التآلف العامة GCA او باجراء التلقيحات الاختبارية واختبارها (Comstock و Moll، 1963) من اكثر البرامج الضرورية لتقييم المصادر الوراثية النباتية الموجودة عالمياً ولمختلف المحاصيل.

الاختبار والتقييم

يفضل قبل البدء ببرنامج الانتخاب التكراري وجود بعض مقاييس الاستجابة التي يمكن توقعها بمرور الزمن، فالقرار المتعلق بخطة الانتخاب التي سيتم استخدامها وشدة الانتخاب التي يفترض ان تتأثر بالتباينات الوراثية الكبيرة. ربما يكون ليس من الضروري ان يحدد الوقت والمصادر لأنتاج مكونات التباين المحسوبة بدقة، ولكن اهمية التباين الاضافي لصفات معينة يبدو انه متشابهاً بين المجتمعات النباتية في النوع الواحد، مما يساعد المربي في اتخاذ القرار المناسب.

ان دراسات الوراثة الكمية لعدد واسع من انواع المحاصيل قد تضمن اهمية استحصال المكون الوراثي الاضافي او قابلية التآلف العامة اكثر من المكونات غير الاضافية (قابلية التآلف الخاصة)، كما ان مكونات التباين التفوقي (الجينات غير الاليلية) قد يمكن اهمالها في العديد من حالات التنبؤ بالاستجابة للانتخاب. زودنا Dudley و Moll (1969) بمقارنة تصاميم مختلفة واقترحا ان يكون التصميم الاكثر اهمية هو التصميم الابسط الذي يجهزنا بالمعلومات المطلوبة.

ان النتائج المستقاة من دراسات وبحوث عديدة لمحصول الذرة تضمنت 256 نسل، ومثالها عوائل الاخوة، تمثل الحد الادنى لتقدير مكونات التباين الاضافي والمتغلب، مما يتطلب زراعتها في بيئتين على الاقل. ربما يصعب الحصول على العدد الكافي من البذور لهذا العدد من السلالات او الانسال في العديد من الانواع النباتية ذاتية التلقيح، مثلما ان الطرق التجريبية المستخدمة في انتاج السلالات النقية (Stuber، 1970) ربما تكون اكثر ملائمة لأعطاء التقدير المطلوبن وبالتالي الحصول على افضل تنبؤ للاستجابة للانتخاب.

صنع القرار في تربية النبات استناداً الى الاحصاء الوراثي الكمي

الاحصاء الوراثي الكمي هو كل ما يتعلق بوراثة الصفات الكمية، ويتحكم باغلب الصفات المرغوبة عدة جينات، بتأثير تراكمي او تجميعي. لأجل التعامل الكفوء مع الصفات الكمية، يحتاج مربي النبات فهم طبيعة التحكم الوراثي والبيئي الواسع بها. لخص M. J. Kearsey هذه العلاقه باثارة التساؤلات التي لابد لمربي النبات الاجابة عليها لسلط الضوء باتجاه تحسين الصفات الكمية، وحتى مثيلاتها النوعية بالاتي:

1. هل ان الصفة المراد تحسينها موروثة اي تنتقل من الاباء الى الابناء؟
2. كم هو مقدار التغاير الموجود في المادة المراد تحسينها يعود الى الوراثة؟
3. ما هي طبيعة التغاير الوراثي؟
4. كيف يتم تنظيم هذا التغاير الوراثي، اي كيف يتم التعامل معه؟

بالاجابة على هذه التساؤلات، يمكن لمربي النبات، بتطبيق المعرفة العلمية، الاجابة المؤكدة من خلال:

أ. ماهو افضل صنف تيم نربيته؟

ب. ما هي طريقة الانتخاب الاكثر كفاءة لتحسين الصفة المرغوبة؟

ت. هل يتم الانتخاب لصفة واحدة ام يمكن الانتخاب لغدة صفات مرغوبة مجتمعةً في نفس الوقت (Acquaah، 2012).

أهم المراجع

– مجيد، عزيز حامد وضياء بطرس يوسف. 2011. تقدير قوة الهجين وبعض المعايير الوراثية في ا لذرة الصفراء. مجلة الزراعة العراقية (عدد خاص) 16(4)8–16.

- Abd El-Mohsen, A. A.; and M. A. Abd El-Shafi. 2014. Regression and path analysis in Egyptian bread wheat. J. Agri-Food and Appl. Sci. (JAAS) 2(5)139-148.

- Acquaah, G. 2012. Principles of plant genetics and breeding. 2nd ed. PP740. Wiley-Blackwell Publihings, USA.

- Adu, G. B.; B. Badu-Apraku; R. Akromah; A. Haruna; I. K. Amegbor; and M. K. Amadu.2019. grain yield and stability of early-maturing singl-

cross hybrids of maize across contrasting environments. J. Crop Improv. https://doi.org/101080/15427528.2019.1661055

- Allard, R. W. and A. D. Badshaw. 1964. Implication of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. Crop Sci. 4:503-508.

- Allard, R. W. and P. E. Hansche. 1964. Some parameters of population variability and their Implication plant breeding. Advances in Agronomy 16:281- 325.

- Baker, L. H. and R. N. Curnow. 1969. Choice of population size and use of variation between replicate populationsin plant breeding selection. Crop Sci. 9: 555-560.

- Baloch, A.; M. Baloch; M. J. Baloch; R. A. Kandhro; M. N. Kandhro; N. Gandahi; G. m. Baloch; I. A. Baloch; M. Ali; and A. M. Baloch. 2016. Int. J. Biol. Biotech. 13(1)107-110.

- becker, H. C.; and J. Leon. 1988. Stability analysis in plant breeding. Pant Breeding 101(1): 1-23. doi:10.1111/pbr.1988.101.issue-1.

- Benin, G.; F. I. F. Carvalho; A. C. Oliveira; I. C. Assmann; E. L. - Floss; C. Lorencetti; V. S. Marchioro; and J.A.G. da Silva. 2003. Environmental effects on grain yield in oat and their influences on genetic parameter estimates (in Portuguese; English summary). Rev. Bras. Agrociênc. 9:207-214

- Bhartiya, A.; J. P. Aditya; V. Kumari; N. Kishore; J. P. Purwar; A. Agrawal; and L. Kant. 2017. GGE biplot & AMMI analysis of yield stability in multi-environment trial of soybean [Glycine max (L.) Merrill] genotypes under raifed condition of north western himalayan hills. The J Anim. & Plant Sci. 27(1)227-238.

- Brim, C. A. and C. C. Comstock. 1961. Inheritance of quantitative characters in soybeans. Crop Sci. 1:187-190.

- Brim, C. A.; H. W. Johnson and C. C. Cockerham. 1959. Multiple selection criteria in soybeans. Agron. J. 51:42-46. Doi:10.2134/agronj1959.00021962005100005x.

- Brim, C. A. and C. W. Stuber. 1973. Application of genetiv male sterility to recurrent selection schemes in soybeans. Crop Sci. 13:528-530.

- Caldwell, B. E. and C. R. Weber. 1965. 5:223-226.

- Castro, G. M.; C. O. Gardner; and J. H. Lonnquist.1968. crop Sci. 8:97-101.

- Chandhanamutta, p. and K. J. Frey. 1973. Indirect mass selection for grain yield in oat population. Crop Sci. 13:470-473.

- Chi, R. K.; S. A. Eberhart and L. H. Penny. 1969. Covariances among relatives in maize (*Zea mays* L.) variety. Genetics 63: 511-520.

- Chloupek, O.; and P. Hrstkova. 2005. Adaptation of crops to environment. Theor. Appl. Genet. 111: 1316-1321.

- Cockerham, C. C. 1963. Estimation of genetic variances. In Hanson, W. D.; H. F. Robinson (eds). Statistica genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci.- Nat. Res. Coune. Publ. 982:53-94.

- Comstock, R.E. and R. H. Moll. 1963. Genotype-environment interactions. In Hanson, W. D.; H. F. Robinson (eds). Statistica genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci.- Nat. Res. Coune. Publ. 982:169.

- Coimbra, J. L.M.; A. F. Guidolin; A. Meroto Junior; L. Sangoi; M. Ender; and F. I. F. Carvalho. 1999. Phenotypic stability in canola genotypes on the Catarinense plains (in Portuguese; English summary). Rev. Cient. Rural 4: 74-82.

- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multi-lication trials. Adv. Agron. 44:55-85.

- Cruz, C.D.; R.A. Torres; R. Vencovsky. 1989. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. Rev. Bras. Genét. 12: 567-580.

- Darrah, L. L. ; S. A. Eberhart and L. H. Penny. 1972. A maize breeding methods study in Kenya. Crop Sci. 12:605-608.

- Dewey, D. R. 1966. Inbreeding in diploid, tetraploid and hexaploid crested wheatgrass. Crop Sci. 6: 144-147.

- Dodig, D.; J. Savic; V. Kandic; M. Zorić; B. V. Radović; A. Popović; and S. Quarrie. 2015. Response of wheat plants under post-anthesis stress induced by defoliation: I. contribution of agro-physiological traits to grain yield. Expl. Agric.1-21. Cambridge Univ. Press doi: 10.1017/s0014479715000034

- Dudley, J. W. and R. H. Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetiv variances in plant breeding. Crop Sci. 9: 257-262.

- Dudley, J. W.; T. H. busbice; and C. S. Levings. III. 1969. Estimate of genetic variance in Cherokee alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Sci. 9: 228- 231.

- Eberhart, S. A. 1971. Regional maize diallel with US and semi-exotic varieties. Crop Sci. 11: 911-914.

- Eberhart, S. A. and C. O. Gardner. 1966. A general model for genetic effects. Biometrics. 22: 864-881.

- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters in comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

- Eberhart, S. A.; R. H. Moll; H. F. Robinson; and C. C. Cockerham. 1966. Epistatic and other genetic variances in two varieties of maize. Crop Sci. 6: 275-280.

- Eberhart, S. A.; M. N. Harrison F. Ogada. 1967. A comprehensive breeding system. Zuechter 37: 169-174.

- Empig, L. T.; C. O. Gardner; and W. A. Compton. 1972. Theoretical gains for different population improvement procedures. Nebr. Agric. Exp. Sta. bull. (M.p. 26.).

- Falconer, D. S. 1981. Introduction to quantitative genetics. 2nd ed. Longman group, New York, pp. 340.

- Felício, J. C.; C. E. O.; R. Camargo Germani; and C.P.R.S. Magno. 1998. Environment and genotype interaction on the grain yield and technological quality of wheat in the state of São Paulo, Brazil (in Portuguese; English summary). Bragantia 57: 149-161.

- Ferreira, D. F.; G. B. Demetrio; B. F. J. Manly; A. A. Machado; and R. Vencovsky. 2006. Statistical model in agriculture:: Biometrical methods for evaluating phenotypic stability in plant breeding. Cerne Lavras 12(4):373-388.

- Finlay, IK. W. and G.wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. agric.res. 14:742-754.

- Fisher, R. A. 1918. The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance. Trans. Roy. Soc. Edinburgh 52: 399-433.

- Flores, F.; M. Moreno; and T. Cubero. 1988. A comparison of univariate methods to analyze environments. Field Crop Res. 56(2):271-286. doi:10.1016/s0378-4290(97)00095-6.

- Fonseca, S. and F. L. Patterson. 1968. Hybrid vigor in a seven-parent diallel cross in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci. 8: 85-88.

- Francis, T.R.; and L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. 1. A descriptive method for grouping genotypes. Can. J. Plant Sci. 58:1029-1034.

- Freeman, G. H. and J. M. Perkins. 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relation between genotypes grown in different environments and measures of these environments. Heredity 27: 15-23.

- Frey, K. J. 1967. Mass selection for seed width in oat populations. Euphytica 16: 341-349.

- Gauch, H. G. Jr. 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial design. 1st ed. Elsevier Science. www,elever.com

- Gauch, H. G. Jr. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Sci. 46:1488-1500. doi:10.2135/cropsci2005.07-0193.

- Gardner, C. O. 1961. An evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. Crop Sci. 1:241-245.

- Gardner, C. O. 1963. Estimates of genetic parameters in corn fertilizing plants and their implications to plant breeding. In Statistical genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci. – NRC. Publ. 982: 225-248.

- Hallauer, A. R.; and J. H. Sears. 1969. Mass selection for yield in two varieties of maize. Crop Sci. 9: 47-50.

- Hallauer, A. R.; and J. B. Miranda, Fo. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames, IA. USA.

- Hanson, W.D.; A. H. Probst and B. E. Caldwell. 1967. Evaluation of apopulationof soybean genotypes with implication for improving self- pollinated crops. Crop Sci. 7: 99-103.

- Harris, R. E.; C. O. Gardner and W. A. Compton. 1972. Effect of mass selection and irradiation in corn measured by random S_1 lines and their test crosses. Crop Sci. 2: 594-598.

- Heker, R.J. 1972. Inbreeding depression in diploid and autotetraploid suger beet (*Beta vulgaris* L.). Euphytica 21: 106-111.

- Hogarth, D. M. 1971. Quantitative inheritance studies in sugar cane. I. estimation of various components. Aust. J. Agric. Res. 22:93-102

- Holland, J. B.; W. E. Nyquist; and C. T. Cervantes-Martínez. 2003. estimation and interpreting heritability for plant breeding: An update. Plant Breeding Reviews. 22:9-112.

- Horner, E. S.; W.h. Chapman; M. C. Latrick and H. W. Lundy. 1969. Comparison of selection based on yield of topcross progenies and of S2 progenies in maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 9: 539-543.

- Horner, E. S.; H. W. Lundy; M. C. Latrick and W.h. Chapman. 1973. Comparison of three methods of recurrent selection in maize. Crop Sci. 13: 485-489. ESTAB: A SAS Progra for comuting genotype by environment stability statistics. Agron. J. 92:454-459. doi:10.2134/agronj2000.92345x.

- Hussein, M. A.; A. Bjornstad; and A. H. Astveit. 2000. SASG X

- Jobim, C. I. P.; S. L. Westphalen; L. C. Federizzi. 1999. Analysis to the genotype x environment interaction for yield grain in common bean (in Portuguese; English summary). Pesquisa Agropec. Gaúcha 6: 27-38.

- Johnson, V. A.; L. Shafer and J. W. Schmidt. 1968. Regression analysis of general adaptation in hard red winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Sci. 8:187-191.

- Jowett, D. 1972. yield stability parameters for sorghum in East Africa. Crop Sci. 12: 314-317.

- Kraakman, A. T. W.; R. E. Niks; P.M.M.M. Van der Berg; P. Stam; and F. A. Van Eeuwijk. 2004. Linkage disequilibrium mapping of yield and yield stability in modern spring barley cultivars. Genetics 168: 435-446.

- Kumar, S.; P. Kumar; V. K. Arya; R. Kumar; and S. A. Kerkhi. 2018. Estimates of genetiv components and regression analysid for grain yield and various morphological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). J.Appl. & Naural Sci.10(1)6-11.

- Kutlu, I.; and M. Olgun. 2015. Determination of genetic parameters for yield components in bread wheat. Int. J. Bioscience (IJB) 6(12)61-70.

- Leving, C. S. III; J. W. Dudley and D. E. Alexander. 1967. Inbreeding and crossing in autotetraploid maize. Crop Sci. 7:72-73.

- Lin, C.S.; M. R. Binns; and L. P. Lefkovitch. 1986. Stability analysis: Where do we stand? Crop Sci. 26: 894-900.

- Lonnquist, J. H. 1968. Further evidence on testcross versus line performance in maize. Crop Sci. 8:50-53.

- Marani, A. 1963. Heterosis and combining ability for yield and its components in cotton. Crop Sci. 3: 552-555.

- Marani, A. 1968. Heterosis and inheritance of quantitative characters in interspecific crosses of cotton. Crop Sci. 8: 299-303.

- Matzinger, D. F. 1963. Experimental estimates of genetic parameters and their Application in self fertilizing plants. In Statistical genetics and plant breeding. Nat. Acad. Sci. – NRC. Publ. 982: 253-279.

- Matzinger, D. F. 1968. Genetic variability in flue-cured varieties of *Nicotiana tabacum* L. III: C58 X Dixie Bright 244. Crop Sci. 8: 732-735.

- Matzinger, D. F.; T. J. Mann and C.C. Cockerham. 1966. Genetic variability in flue-cured varieties of *Nicotiana tabacum* L. II: Dixie Bright 244 x Coker 139. Crop Sci. 6: 476-478.

- Matzinger, D. F.; T. J. Mann and H. F. Robinson. 1960. Genetic variability in flue-cured varieties of *Nicotiana tabacum* L. I: Hicks broadleaf x Coker 139. Agron. J. 52: 8-11.

- Matzinger, D. F.; E. A. Wernsman and H. F. Ross. 1971. Diallel cros among burly varieties of *Nicotiana tabacum* L. in the F_1 and F_2 generations. Crop Sci. 11: 275-279.

- Matzinger, D. F.; E. A. Wernsman and C.C. Cockerham. 1972. Recurrent family selection and correlated response in *Nicotiana tabacum* L. Crop Sci. 12: 40-43.

- Matzinger, D. F.; E. A. Wernsman. 1968. Four cycles of mas selection in a synthetic variety of an autogamous species. *Nicotiana tabacum* L. Crop Sci. 8: 239-243.

- Mautray, J. B. jr. and R. V. Frakes. 1973. Effect of genetic diversity on heterosis in Tall Fascue. Crop Sci. 13: 1-4.

- Moll, R. H. and H. F. Robinson. 1966. Observed and expected response in four selection experiments in maize. Crop Sci. 6: 319-324.

- Moll, R. H. and H. F. Robinson. 1967. Quantitative genetic investigation of yield in maize. Zuechter 37: 192-199.

- Moll, R. H. and C. W. Stuber. 1971. Comparison of response to alternative selection procedures initiated with two populations of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 11: 706-711.

- Moll, R. H.; M. F. Lindsey and H. F. Robinson. 1964. Estimates of genetic variances and level of dominance in maize. Genetics 49: 411-423.

- Moll, R. H.; J.H. Lonnquist; J. V. Fortuno and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. Genetics 52: 139-144.

- Oliveira, A. B.; J. B. Duarte; and J. B. Pinheiro. 2003. Employing of AMMI analysis on yield stability evaluation of soybeans. Pesqui. Agropec. Bras. 38: 357-364.

- Plaisted, R. L.; and L. C. Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. Amer. Potato J. 4: 1093-1094.

- Robinson, H. F. 1955. Birth weight in cousins. Ann. Hum. Genet. 19: 262-268.

- Russell, W. A.; S. A. Eberhart and O. Vega.1973.recurrent selection for specific combining ability in two maize populations. Crop Sci. 13: 257-261.

- Scapim, C. A.; V. R. Oliveira; A. L. Braccini; C. D. Cruz; C. A. B. Andrade; and M. C. G. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (Zea mays L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genet. Mol. Biol. 23: 387-393.

- Sharma, S. N.; and Y. Sharma. 2007. Correlation analysis of yields and related phryiological variables in twelve heneration of durum wheat. Acta agronomica Hungarica. 55(1)125-129. Doi: 10.1556/AAgr.55.2007.1.13

- Singh, K. B. and R. P. Jain. 1971. Analysis of diallel cross among the varieties of *Phaseolus aureus* Roxb. Theor. Appl. Genet. 279-281.

- Singh, K. B. and R. P. Jain. 1971. Diallel analysis of pod length and seed size in mungbean. Indian J. Genet. Plant Breed. 31: 62-66.

- Singh, K. B. and J. K. Singh. 1971. Heterosis and combining ability in Blackgram. Indian J. Genet. Plant Breed. 31: 491-498.

- Singh, K. B. and J. K. Singh. 1972. Indian J. Genet. Plant Breed. 32: 67-72.

- Singh, M; and S. Ceccarelli. 1996. Estimation of heritability of crop traits fro variety trail data. Technical Manual No. 1. Int. Center for Agric. Res. In the Dry Area (ICARDA). Allepo, Syria.

- Singh, V.; R. Krishna; L. Singh; and S. Singh. 2012. Analysis of yield traits regarding variability, selection parameters and their implication for genetic improvement in wheat (*Triticum aestivum* L.). SABRAO J. Breed. & Genet. 44(2)370-381.

- Snedecor, G. W.; and W. B. Cochran. 1980. Statistical ethods. 7th ed. Ames: iowa State University. USA.

- Sprague, G. F. 1966. Quantitative genetics in plant improvement. In Plant Breeding (K. j. Frey, ed.). PP. 315-354. Iowa State Univ.

- Sprague, G. F. and W. I. Thomas. 1967. Further evidence of epistasis in single and three-way cross yields of maize (*Zea mays* L.). Crop Sci. 7: 355-356.

- Sriwatanapongse, S. and C. P. Wilsie. 1968. Intra-and intervariety crosses of *Medicago sativa* L. and *Medicago falcate L.* Crop Sci. 8: 465-466.

- Stuber, C. W. 1970. Estimation of genetic variances using inbred relatives. Crop Sci. 10: 129-135.

- Stuber, C. W. and R. H. Moll. 1971. Epistasis in maize (*Zea mays* L.) II: Unselected populations. Genetics 67: 137-149.

- Stuber, C. W.; W. P. Williams and R.H. Moll. 1973. Epistasis in maize (*Zea mays* L.) III: Significance in pridictions of hybrid performances. Crop Sci. 13: 195-200.

- Subira, J.; F. Alvaro; L. F. Garcia del Moral; and C. Conxita. 2015. Breeding effects on cultivar x environment interaction of durum wheat yield. Europian J. Agron. 68:78-88.

- Verma, M. M.;, G. S. Chahal; and B. R. Murty. 1978. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. Theor. Appl. Genet. 53: 89-91.

- Weikai, Y. and J. Holland. 2010. A heritability- adjusted GGE biplot for test environment evaluation. Euphytica 171: 355-369.

- Sun, P. L. F.; H. L. Shands and R. A. Forsberg. 1972. Enheritance of kernel weight in six spring wheat crosses. Crop Sci. 12: 1-5.

- Tai, G. C. C. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184-190.

- Weber, C. R.; L. T. Empig and J. C. Throne. 1970. Heterotic performance and combining ability of two way F_1 soybean hybrids. Crop Sci. 10: 159-160.

- Widner, J. N. and K. L. Lebsock. 1973. Comining ability in durum wheat. Crop Sci. 13: 164- 167.

- Wricke, G. 1965. About the calculation of the covariance between spring wheat and oat (in German). Z. Pflanzenzuch. 52: 127-138.

- Wright, J. A.; A. R. Hallauer; L. H. Penny and S. A. Eberhart. 1971. Estimating genetic variance in maize by use of single and three way crosses among unselected inbred lines. Crop Sci. 11: 690-695.

- Yan, W.; and M. S. Kang. 2003. GGE Biplot analysis: A graphical tool for breeders, genetists and agronomists. Boca Raton, FL: CRC Press.

- Yan, W.; and M. S. Kang; S. Woods; and P. L. Cornelius. 2007. GGE Biplot vs AMMI analysis of genotype by environment data. Crop Sci. 47:641-653. doi:10.2135/cropsci2006.060374.

- Young, S. S. Y. 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selrction for genetic gains under less – restrictedconditions. Genet. Res. 2: 106-121.

- Young, S. S. Y. 1964. Multi-stage selection for genetic gain. Heredity 19: 131-145.. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.

doi:10.2134/agronj1988.00021196200800030002x.

الفصل السابع عشر

التهجينات المتباعدة
Inter Specific Hybridization

يتضمن التحسين لمجتمعات النباتات المنزرعة،نقل الجينات المرغوبة من انواع نباتية اخرى، بل نقلها بين الاجناس المختلفة ايضاً، لتطوير اداء المجتمعات النباتية الجديدة، اذ يتوقع ان يتم دمج و/ او توليف الكروموسومات بين اثنين من الانواع المنزرعة، ويسمى التهجين بين الانواع Inter Specific Hybridization، وكذلك خلق نوع من التحفيز الوراثي عند التهجين بين الاجناس المختلفة، كما في حالة تضريب الذرة بالقمح ويسمى Inter Generic Hybridization.

اهداف التهجينات المتباعدة Objectives of Inter Specific Hybridization

يتحدد مدى تطوير وتحسين اي صنف نباتي جديد بعدد الصفات غير المرغوبة في اباء الصنف التي يتم التهجين المتباعد بينها، اذ ان طبيعة المادة الوراثية التي تتمثل بالاصناف او السلالات النباتية قيد التجربة والاختبار، والتي تمتلك صفات كمية ونوعية جيدة تعد الاختيار الاول لمربي النبات، فيحاول جاهداً التفتيش عن جينات الصفة المرغوبة في تراكيب وراثية اخرى بحيث تمتلك أقل ما يمكن من الصفات غير المرغوبة. من المؤ كد ان تم تقييم جميع التراكيب الوراثية المتداوله في الانواع المنزرعة مسبقاً وقبل البدء ببرنامج التربية الجديد.، اذ يكون التفكير بالانواع المرتبطة بالنوع النباتي الذي يريد مربي النبات تحسينه عندما لا تتوفر جينات الصفة المرغوبة في الانواع المنزرعة، وضمن نباتات نفس النوع. وعليه، لابد من نقل الجينات المرغوبة بتقنية تكاد تخلو من الصعوبة، بما يسمى بالمعين الجيني الاولي او الابتدائي primary gene pool (تكون الصعوبة في ضعف النباتات الهجينة، وربما يصعب المحافظه علي استمرار نموها حتى فترة التزهير وتكوين البذور، او احتمال عدم حدوث الارتفاق الكروموسومي في الانقسام الميوزي، وان حدث فربما يكون ضعيفاً فيؤدي الى العقم). أما في حالة المعين الجيني المعقد، من الدرجة الثالثة tertiary gene pool فيتضمن نقل الجينات بين الانواع وجوب توفر القنيات الخاصة، اذ لا يمكن الوصول بالنبات الهجين الى

فترة اعطاء البذور. وعليه، صار الى الحصول على جنين الهجين، وتسخير تقنية زراعة الانسجة لأستكمال دورة النمو حتى اطلاق البذور، اذ يحتمل ان يكون الناتج عقيماً وربما يموت النبات قبل الوصول الى مرحلة النضج، فيلجأ المربي الى طريقة التطعيم grafting لتأمين الحصول على البذور الهجينة.

يمثل انتاج نباتات لأنواع منزرعة جديدة وبمواصفات مرغوبو من اثنين او اكثر من الانواع النباتية المتباعدة عن بعضها وراثياً، الهدف الاساس من التهجينات المتباعدة. من الامثلة المعروفة والمتداولة نبات القمح الشيلمي (الترتيكيل) *X triticosecale* والذي يمثل نوعاً منزرعاً استحدثه الانسان من تهجين القمح الرباعي *Triticum durum* او القمح السداسي المجموعة الكروموسومية *Triticum aestivum* مع الشيلم *Secale cereal*، فيتضمن الاطقم الكرووسومية (الجينوم) A و B و R (2n=42) او A و B و D من قمح الخبز و جينوم R من الشيلم (2n=56). تجدر الاشارة الى ان القمح الشيلمي الثماني اقل شيوعاً من مثيله السداسي من حيث الاستخدام التجاري في الوقت الحاضر.

تقنيات نقل الجين Techniques for gene transfer

ان تطور اسلوب تحسين الاصناف في الانواع المنزرعة بتقنيات نقل الجينات من الانواع الاخرى قد اتخذ شرطين اساسيين هما: 1) الحصول على البذور الخصبة او الإكثار الخضري في الجيل الاول والاجيال اللاحقة و 2) ازالة الصفات غير المرغوبة من النوع الواهب للجين او الجينات المنقولة. وبحسب Hadley و Openshaw (1980)، فان احد او كلا الشرطين يكون مطلوباً في عملية نقل الجين بين الانواع المختلفة.

تأمين الحصول على البذور والنباتات الخصبة Scurrying viable seeds and plants

يتضمن اسلوب نقل الجينات الى الانواع المنزرعة قيوداً اهمها: مع اي من الانواع يتم التهجين المتباعد؟ بحيث يضمن الحصول على البذور الهجينة الخصبة، ومن دون الحجة الى استخدام التقنيات الخاصة، كما هو الحال مع حالة المعين الجيني الاولي. غالباً ما تكون الصفات الزهرية لنباتات الانواع غير المنزرعة غير اعتيادية، اي ان التعامل مع الصفات

الزهرية ليس على قدر من السهولة في التطبيق. فعملية التضريب بين الانواع، حتى في حالة المعين الجيني الاولي تكون على درجة من الصعوبة اكبر مما لو تم التضريب بين الانواع المنزرعة نفسها. ربما تمتلك نباتات الانواع المنزرعة القدرة على الحذف الكروموسومي فيقل عدد اطقم البذور في نباتات الجيل االو الاجيال التي تليه. من الامثلة المعروفة، فول الصويا من النوع *Glycine Soia* والذي له معين جيني اولي في نباتات النوع المنزرع *Glycine max*، اذ يصعب اجراء التزاوج بين هذين النوعينن ان تم فبصعوبة، وربما يعود ذلك الى صغر حجم الزهرة وطبيعة النمة الزاحف للنوع البري *Glycine Soia* فتنتقل كروموسوماته التي لم تكن مثيلاتها موجودة في النوع المنزرع *Glycine max* فيحدث العقم الجزئي في النسل الهجين الناتج. لذا كان لابد من توفر تقنية خاصة للحصول على البذور او نباتات الهجن الخصبة. تتم مواجهة نفس المشكلة وربما اعقد منها في حالة المعين الجيني الثانوي secondary gene pool (كما تم شرحه سابقاً). ندرج شرحا مسهباً لأهم النقاط التي يجب معرفتها وفهمها للوصول الى النتائج المثمرة والمضمونة النجاح.

معوقات الاخصاب

ربما لا تؤدي المرحلة الاولى من برنامج نقل الجين الى النجاح نتيجة فشل اتحاد الكاميتات الذكرية والانثوية. قد يعود فشل الاخصاب الى خلل في نمو حبوب اللقاح او عدم كفاءة نمو الانبوب اللقاحي، اذ قد يكون السبب هو عدم قابلية الكاميتات الذكرية اجتياز الكيس الجنيني والوصول الى البيضة وتخصيبها. تعود معوقات هذه المرحلة الى ما يسمى "معوقات قبل الاخصاب" نتيجة عدم توافق التهجين. هناك عدة تقنيات مستخدمة لإنجاح اسلوب الحصول على الزايكوت من التهجينات المتباعدة، والتي استطاعت تذليل صعوبات عدم توافق التهدين cross incompatibility.

1. انتخاب الاباء

ربما يحصل عدم توافق التهجين نتيجة الاختلاف الوراثين وهذا ليس حصراً على التهجينات المتباعدة بين الانواع النباتية البرية والمنزرعة، بل يتعداه الى التراكيب الوراثية للانواع المنزرعة. الوسيلة المضمونة هي تزاوج التراكيب الوراثية المتوافقة والمختلفة لكل نوع لتمثل اباء الهجين. يمكن التخلص من التداخل غير المرغوب فيه بين الجينات اثناء تطور البذور باستخدام آباء لها تراكيب او بنية وراثية مختلفة الاصل من كلا النوعين في اجراء التهجين.

2. التهجينات المتبادلة

الوسيلة المستخدمة لضمان تزاوج انواع نباتية تختلف فيما بينها بعدد الكروموسومات هي جعل النباتات التي لها عدد اكبر من الكروموسومات ممثلة للام في التزاوج. على الرغم من ثبوت نجاح هذه الوسيلة، الا ان بعض الحالات قد افرزت نجاح استخدام انواع نباتية لها عدد اقل من الكروموسومات كأم. ترتبط النظم الوراثية بعدم توافق التهجين، وقد ينجح التهجين باتجاه واحد وليس العكسي بسبب العدد المختلف لكروموسومات الاباء، فيوصى باجراء التهجينات المتبادلة للتزاوجات المتباعدة على الرغم من زيادة احتمال عدم نجاح المحاولة. اما ظهور التداخلات غير المرغوبة بين العوامل الوراثي للنواة والسايتوبلازم في خلايا الزايكوت،فيؤدي بالتالي الى تكوَن جنين غير طبيعي. قد يغير السايتوبلازم الناتج في النسل الهجين بين النوعين مقدار تحمل الجنين الهجين. ان اجراء التهجينات المتبادلة بين عدد من التراكيب الوراثية لكل نوع سيزيد من فرص تكوُن تداخلات عرغوبة بين النواة والسايتوبلازمبهدف تكوين البذور الهجينة، بالاضافة الى ان التهجينات المتبادلة ستساعد في التغلب على التداخلات غير المرغوبة بين لجنين والسويداء والانسجة الامية. اما عند اجراء التهجين بين الانواع النباتية التي تختلف في

ما بينها بعدد الاطقم الكروموسومية وعدد الكروموسومات، يتكون جنين له طقم كروموسومي واحد من كل نوع ثنائي العدد الكروموسومي (2n). تكون حصة الاندوسبرم طقمين كروموسوميين من الام وطقم كروموسومي من الاب فيصبح 3n، بينما يكون لغلاف البذرة وبقية الانسجة طقمين فقط من الام. يفهم من ذلك ان عدد الكروموومات في خلايا الاندوسبرم والانسجة الامية يعتمد على النوع النباتي المستخدم كأم، وان التهجينات المتبادلة بين الانواع المختلفة ستزودنا بأفضل فرصة للحصول على العلاقة المطلوبة والمرغوبة.

3. تحوير مستويات التضاعف

اختلاف نوعين نباتيين عند تضريبهما معاً في مستوى التضاعف، لابد من تحوير احد هذين الابوين بما يلائم الاب الاخر، بحيث يزيد فرص الحصول على الزايكوت. يمكن ان يحور مستوى التضاعف بمضاعفة عدد الكروموسومات chromosome doubling او بتضريب نباتات نفس النوع التي لها مستويات تضاعف مختلفة، كما هو الحال في احتمال الحصول على نباتات رباعية العدد الكروموسومي tetraploid من تضريب نباتات ثنائية

المجموعة الكروموسومية diploid في نوع نباتي معينن لأجل استخدام البذور الهجينة في التضريب مع النباتات رباعية العدد الكروموسومي لنوع نباتي اخر.

4. خليط حبوب اللقاح

قد يحدث عدم توافق التهجين نتيجة ودود بروتينات المدقة التي يتداخل وجودها سلبياً مع بروتينات اللقاح، ويمنع بالتالي إنبات ونمو الانبوب اللقاحي بصورة طبيعية. ربما ينتفي هذا التداخل غير المرغوب فيه بالتزاوج المتباعد بتكوين خليط من حبوب اللقاح من الانواع المتوافقة مع لقاح الاباء غير المتوافقة (Hadley و Openshaw، 1980).

5. تحويرات المدقة

يمكن عرقلة التزاوج بغفشال نمو الانبوب اللقاحي في نباتات الانواع ذات القلم style القصير للحصول على الطول الملائم لإجتياز المبيض في الانواع النباتية طويلة القلم. ان استخدام نباتات قصيرة القلم كإناث يعد احد الاختيارات التي يلجأ لها مربي النبات، وعلى الرغم من ذلك لا ينجح التزاوج، فيكون التضريب المتبادل الاكثر حظاً في الحصول على الصفة المرغوبة. أمكن استخدام نباتات طويلة القلم كإناث، حيث تطلب قطع القلم قبل تجهيز حبوب اللقاح. يمكن ان تنجح هذه التقنية في الانواع النباتية مثل الذرة، حيث تبقى المدقة القصيرة متفتحة لتلقي حبوب اللقاح.

6. المعاملات الكيميائية للمدقة او حبوب اللقاح

يكن إزال المركبات الكيميائية الموجودة في الميسم او حبوب اللقاح، والتي تمنع او تعرقل نمو الانبوب اللقاحي في التزاوجات غير المتوافقة باضافة مذيبات عضوية الى الميسم او حبوب اللقاح. ربما يكون الانبوب اللقاحي بطيء النمو في التزاوجات المتباعدةن بحيث تموت البيضة قبل وصول حبة اللقاح اليهان او قد تجهض الزهرة قبل ان تجتاز نوية السبرم المبيض. ان استخدام منظمات النمو يمكن ان يشجع نمو الانبوب اللقاحي او يزيد فترة بقاء المدقة محافظة على حيويتها وخصوبتها.

7. التزاوجات واسعة النطاق

يكون تردد نجاح التلقيح في التهجينات المتباعدة قليلاً، مما يستوجب اجراء عدد كبير من التهجينات المتباعدة لأجل زيادة فرص الحصول على عدد غير محدد من البذور. قد تنتفي الحاجة الى اجراء الإخصاء emasculation او تقليلها الى ادنى ما يمكن باستخدام أمهات غير متوافقة ذاتياً self–incompatibility او امهات لديها العقم الذكري الوراثي او الوراثي – السايتوبلازمي. يعد استخدام المؤشرات الجينية marker genes الاسلوب الافضل والاسرع في الاخصاء بما يقلل الى الحد الادنى، بحيث لا يزيل التلقيح الذاتي نهائياً، ويتم التمييز من خلاله بين نباتات التلقيح الذاتي عن النسل الهجين، فأساليب التلقيح الكفوءة هي التي ساعدت على زيادة عدد التزاوجات.

من البديهي ان تكون نباتات الهجن في الجيل الاول قوية وخصبة، بينما تقل قوتها وادؤها الوراثي في الجيل الثانين وربما تظهر صفة العقم نتيجة:

أ. وجود الاليلات المتماثلة السائدة على المواقعى الجينية المتعددة، بما يسهل تطور نباتات النوع الاخر. تكون لقائح الجيل الاول والتي تنتج من التهجين قوية ومختلفة وراثياً وسرعان ما تنعزل في الجيل الثاني وتظهر توليفات جينية غير مرغوب فيها، سواءَ للاليلات السائدة او المتنحية. تجدر الاشارة الى ان نباتات الجيل الثاني الات التي لا تمتلك الاليلات السائدة على كل موقع من المواقع الجينية، او التي لا تكون متماثلة وراثيا لكل الاليلات المنتخبة ستكون عقيمة وتنخفض كفاءتها.

ب. قد تبقى الاختلافات القليله التي لا تؤثر في ازدواج او ارتفاق كروموومات نباتات الهجن في جيلها الاول في كروموسومات كلا النوعين النباتيين، بل يحدث اعادة توليف القطع الكروموسومية في الانقسام الميوزي وتنتج كروموسومات مختلفة او متضاعفة في كاميتات هجن الجيل الاول.

8. تقنية دمج البروتوبلاست

يمكن تسخير تقنية دمج البروتوبلاست في انتاج الهجن التي لا يمكن الحصول عليها بالاخصاب الجنسي. تعد القدرة على تطبيق تقنية دمج البروتوبلاست وزراعة الخلايا ثم استنباتها واكثارها الهدف الرئيس من التقنية.

9.منع اجهاض الازهار والثمار

يعتمد المحافظة على استمرار نمو الازهار او الثمار دون اجهاضها بعد الاخصاب على عدد البيوض الموجودة في المبيض، والتي تحافظ على تطور البذور. تحفز قلة فرص نجاح الاخصاب في التهجينات المتباعدة العمليات المهمة في تطور المبيض. ساعدت بعض التقنيات على تأخير إجهاضالازهار لفترة كافية، لتتيح للنبات الوصول الى مرحلة تكوين الاجنة فيمكن زراعتها على اوساط غذائية اصطناعية خارج الجسم الحي.

عند تعذر الحصول على البذور في التهجين المتباعد في الحقل، اي عدم امكانية الحفاظ على التهجين حتى النضج الفسيولوجي، فيمكن نقل الاجنة الهجينة كما ذكرنا سابقاً الى اوساط غذائية اصطناعية تحتوي على العناصر المغذية اللازمة للنمو والبقاء، سواءًباستنباتها بصورة مباشرة من الاجنة او غير مباشرة بتكوين انسجة الكالس callus. من المهم جداً الاشارة الى ان ظروف زراعة الاجنة خارج الجسم الحي قد اصبحت شائعة ومألوفة في العديد من الانواع النباتية، وتم الحصول على نباتات احادية المجموعة الكروموسومية haploid لتطوير اصناف جديدة في محايل الشعير والقمح وزهرة الشمس وفول الصويا والسلجم والكتان وغيرها (Daurova واخرون، 2020 و Matsuoka و Nasuda، 2014 و Lidder و Sonnino، 2012 و Murray، 2003).

10. فشل تطور البذور الهجينة

قد لا تتبع فرص نجاح الإخصاب في التهجينات المتباعدة نفس الاسلوب والطريقة التي يتم فيها تطور الجنين الطبيعي او حتى الاندوسبرم (السويداء)، اذ ان هناك اسباب عديدة تؤدي الى الحصول على بذور غير طبيعية (Hadley و Openshaw، 1980) وكما في ادناه.

قد يتعارض التداخل السلبي بين جينات كلا النوعين النباتيين مع انقسام الخلايا وتمايزها.
قد يكون هناك تداخل غير مرغوب فيه في خلايا الزايكوت بين جينات النواة والسايتوبلازم.
قد يكون هناك ارتباط غير مرغوب فيه بين الجنين والاندوسبرم وانسجة المادة الامية.
ربما يكون عدم كفاية لعدد البيوض المخصبة لمنع اجهاض الازهار او الثمار.

تسعى التقنيات المتقدمة والحديثة باستمرار الى التغلب على ماكل عدم كفاية البذوالهيجينة، وان نجاح اي من هذه التقنيات يعتمد على الاسس البيولوجية للمادة التي يتعامل معها مربي النبات، لا سيما تلك التي في متناول اليد حيث السعي لحل جميع عقباتها.

أهم المراجع

Fehr, W. R. 1987. Principles of cultivar development. Vol. 1. Theory and technique. PP. 536. Macmillan Publishing Company, USA.

Daurova,A.; D. daurov; D. Volkov; K. Zhapar; D. Rainbek; M. Shamekova; and K. Zhambakin. 2020. Doubled haploids of interspecific gybrids between *Brassica* napus and *Brassica rapa* for canola production with valuable breeding traits. OCL,27,45. https://doi.org/10.1051/ocl/202020041

Hadley, H. H.; and S. T. Openshaw. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization, PP. 133-159. In W.R. Fehr and H. H. Hadley (eds.). hybridization of crop plants. Am. Soc. Agron., Madisom, WI; USA.

Hawkes, J. G. 1977. The importance of wild germplasm in plant breeding. Euphytica 26:621-625.

Lidder, P.; and A. Sannino. 2012. Biotechnologies for the management of genetic resources for food and agriculture. Adv. Genet. 78:1-167.

Matsuoka, Y.; and S. Nasuda. 2014. Genetic mechanisms of allopolyploid speciation through hybrid genome doubling: Novel insights from wheat (*Triticum* and *Aegilops*) studies. Int Rev. Cell & Molecular Biol. 309: 199-258.

Murray, B. G. 2003. Crop improvement: Hybridization and plant breeding. Encyclopedia of Applied Plant Sciences.

الفصل الثامن عشر

استحصال السلالات المتماثلة من مضاعفة نباتات احادية المجموعة الكروموسومية
Homozygous Lines from Doubled Haploid

تم التطرق الى تطوير السلالات النقية بالطرائق التقليديه للتربية الداخلية والانتخاب ضمن نباتات المجتمع الواحد ولعدة اجيال لأستخدامها مباشرة كأصناف زراعية متفوقة او في برامج انتاج الهجن. يمثل انتاج سلالات متماثلة في نباتات ثنائية الجموعة الكروموسومية باسلوب التضاعف للكروموسومات في نباتات احادية المجموعة الكروموسومية haploid بطرائق بديلة عن التربية الداخلية واختزال الوقت المطلوب حصيلة المعرفة العلمية والجهود الحثيثة والمستمرة لمختصي علوم وراثة وتربية وتغذية النبات والكثير الاخرين من علماء العلوم الاخرى المرتبطه بعلم النبات. يمكن الحصول على النباتات الاحادية المتماثلة homozygous من نباتات مختلفة وراثياً heterozygous من كاميتات (امشاج) هذه النباتات، والتي تمثل نصف العدد الكروموسومي، الذي تتم مضاعفته بالكولشيسين colchicin للحصول على النباتات المتماثلة كلياً في كل المواقع الجينية واستخدامها بكفاءة في برامج التربية.

ظهور النباتات الاحادية بصورة طبيعية Naturally Occurring Haploids

يعود تطور النباتات من كاميتات ذكرية او انثوي بغياب الاخصاب الى ما يسمى التكاثر العذري parthenogenesis ، اي تطور الجنين من خلية جنسية بدون اخصابها. ان تطور وظهور مثل هذه النباتات في الطبيعة يمكن ان يحدث في كل من الگاميتات الذكرية والانثوية، حيث التضاعف الذاتي في الذرة بنسبة 10% نتيجة تعرض الاحاديات لمواد كيميائية او ظروف بيئية معينة (Chase، 1949).

الحصول على النباتات الاحادية method of Obtaining Haploids

تختلف الوسائل والطرائق والتقنيات التي يتم من خلالها الحصول على النباتات الاحادية، وبحسب المصدر الوراثي او الگاميتي او بحسب الجزء النباتي الذي تنتج منه الاحاديات الجديدة، وكما يأتي:

أ. الحصول على النباتات الاحادية من الآباء الانثوية

اقترحت طريقة استخدام النباتات الاحادية التي تظهر طبيعياً كوسيلة للحصول على سلالات متماثلة ثنائية العدد الكروموسومي اول الامر في الذرة من قبل Chase (1949)، اذ قدَر نسبة ظهورها 1% تقريباً ، وان 99% من هذه الاحاديات تطور بالتكاثر العذري من

الگاميتات الانثوية. تستخدم مختلف الطرائق الوراثية والخلوية والفروق المظهرية لتحديد وتمييز النباتات الاحادية عن ثنائية العدد الكروموسومي.

تستخدم الاباء الانثوية ذات المواصفات المرغوبة لهجن الجيل الاول او المجتمع الانعزالي ذات الاختلاف الوراثي للحصول على الثنائيات، اذ لابد ان يكون الاب الانثوي من نفس النوع للمجتمع الاصلي المستخدم في تطوير السلالات النقية والحصول عليها بالتلقيح الذاتي. يمكن استخدام نباتات هجن الجيل الاول بسبب انعزال گاميتاتها الانثوية. للاستفادة من النباتات الاحادية المشتقة من گاميتات انثوية لابد يكون تشخيصها وتمييزها عن مثيلاتها الثنائية، والتي سبق ان انتخبت من النباتات الملقحة خلطياً او ذاتياً، بحيث ان ذريتها ناتجة من التلقيح الخلطي للاب الانثوي مع الاب الذكري المنتخب، ولذي سبق وان شخص وتم تطويره من نباتات احادية لها قدرة انتاجية معروفة، كما لو كان الاب الذكري الداخل في التهجين متماثلاً وله أليل معلم سائد، بينما الاب الانثوي متماثلاً وله أليل متنحي (الجدول 18-1). وعليه، فان صفات الاب الذكري تتصف بالمظهر السائد للأليل المعلم وثنائي العدد الكرووسومي، كونه انتخب من نباتات مخصبة (الگاميتات الذكرية والانثوية)، بينما تتصف ذرية النباتات الاحادية بمظهرها المتنحي استناداً لأليلها المتنحي. يمكن ان تكون ذرية النباتات الثنائية ناتجة من التلقيح الذاتي او الخلطي، اي من حبوب لقاح اب متنحي الاليل سبق وان تم تعليمه. لتوضيح ذلك، اقترح Chase (1952) استخدام نباتات اللون الارجواني لتمييز النباتات الاحادية عن الثنائية في محصول الذرة، اذ تكون النباتات الانثوية حاملة للأليل المتنحي للون الاخضر الاعتيادي abplr، بينما يحمل الاب الذكري الأليل السائد للون الارجواني ABPLR وتتم عملية الاستنبات للبذور الهجينة ثم فحص البادرات استناداً للونها، فتعد النباتات الخضراء احادية، وربما تكون ناتجة من التلقيح الذاتي او التلقيح من نباتات من نفس التركيب الوراثي.

ان الحصول على النباتات الاحادية من ثنائية المجموعة الكروموسومية بالتلقيح الذاتي او الخلطي مع اب ذكري له أليل متنحي معلم (مؤشر) recessive for the marker allele يتطلب استخدام أليل يعبر عنه في اندوسبرم البذرة (الجدول 18-1). ان إندوسبرم ذرية النباتات الاحادية والثنائية سيحوي اثنين من الاطقم الكروموسومية (الجينوم) من النبات الام وطقم كروموسومي واحد من النبات الأب، فاذا كان الاب الانثوي بمواصفات اندوسبرم متنحي والاب الذكري له اندوبرم متغلب، فان الذرية للنباتات الاحادية ستتصف المظهر المتغلب المعلم dominant marker phenotype اما ذرية النباتات الثنائية فتكون بالمظهر المتنحي المعلم Recessive phenotype. لون الاليرون الارجواني يمثل صفة اللون الشائع لأندوسبرم الذرة الصفراء، ويمتلك الأب الأنثوي المرغوب الأليلات المتنحية للأليرون عديم اللون، بينما يمتلك الأب الذكري أليلات اللون الأرجواني المتغلبة. فيما يلي وصفا تفصيلياً لم تم توضيحه في اعلاه وبحسب موسم الزراعة.

الجدول (18-1) استخدام المؤشرات الوراثية في معرفة النباتات الاحادية المجموعة الكروموسومية المشتقة من الگاميتات الانثوية لهجن الجيل الاول.

النبات	التركب الوراثي		التركيب المظهري
	البادرة	الاندوسبرم	
الاباء			
الاناث- هجن الجيل الاول	Aa	bbb	متنحي في البذور والبادرات
الذكور	AA	BBB	متغلب في البذور والبادرات
الذرية			
- النباتات احادية المجموعة الكروموسومية	Aa	Bbb	متنحي في البادرات ومتغلب في الاندوسبرم
النباتات ثنائية المجموعة الكروموسوية			
- الناتجة من التلقيح الذاتي او من التهجين مع اب ذكري متنحي	Aa	bbb	متنحي في البادرات والاندوسبرم
- الناتجة من تهجين اب ذكري متنحي	Aa	Bbb	متغلب في البادرات والاندوسبرم

الموسم الاول يتم عمل تزاوجات ألأب الأنثوي المختلف وراثيا مع الأب الذكري المناسب والذي يمتلك جينات معلمة، سواءً في البادرات او الأندوسبرم. تحصد البذور في نهاية الموسم وتحفظ البذور التي تمتلك الشكل المظهري للجينات المعلمة.

الموسم الثاني تستنبت البذور وعند وصولها الى مرحلة البادرات تزال البادرات التي لها جينات التغلب المعلمة للأب الذكري، بينما يتم تقييم النباتات التي تمتلك الجينات المتنحية المعلمة للأب الأنثوي. يتضمن هذا التقييد عد عدد الكروموسومات بالإختبارات المجهرية لخلايا اطراف الجذور، ويحتفظ بالنباتات الاحادية وتتم صيانتها بنقلها الى الظروف الحقلية تدريجياً.

يجرى التلقيح الذاتي لكل نبات احادي وتم انتاج النباتات الاحادية المضاعفة doubled haploid، اذ انها اصبحت ثنائية المجموعة الكروموسومية نتيجة عجم حدوث الانقسام الميتوزي، اذ تنتج الخلايا الثنائي للاب والام ويحدث الاخصاب.

يمكن اجراء التضاعف الكروموسومي باستخدام المواد الكيميائية المعدة لهذا الغرض مثل الكولشيسين، اذ تحصد بذور كل نبات بصوره فردية.

الموسم الثالث تزرع البذور الناتجة من الموسم الثاني وفق ما ذكر في اعلاهويجرى التلقيح الذاتي للنباتات عن وصولها الى مرحلة الاكثار الجنسي، ويمكن اجراء التلقيح الخلطي، اي تلقيح النباتات بحبوب لقاح نبات فاحص للبدء بتقييم قابلية التآلف combining ability. كل خطوات تقييم السلالات المتماثلة وراثياً، ثنائية المعدد الكروموسومي، هي نفسها التي تستخدم في تقييم السلالات المحسنة وراثياً بالتلقيح الذاتي وفق الطرائق التقليدية للتحسين الوراثي.

ب. الحصول علىالنباتات الاحادية (المشتقة) من الأباء الذكرية

يمكن الحصول على النباتات الاحادية من الگاميتات الذكرية عندما تفشل نواة السبرم (الحيمن) sperm nucleus في الاتحاد مع نواة البيضة egg nucleus. يرجع سايتوبلازم الخلايا الاحادية الى الگاميت الانثوين وان تطور الخلايا الاحادية للأب الذكري الى نباتات احادية المجموعة الكروموسومية يعود الى ما يسمى androgenesi، اي ما يعبر عن تطور الجنين من نواة الخلية الذكرية بعد دخول الكيس الجنيني. لذا اقترح Chase (1951) استخدام النباتات الاحادية المشتقة من الأب الذكري في نقل صفة العقم الذكري السايتوبلازمي الى السلالات النقية الخصبة ذكرياً في الذرة، وهذا يسهل الحصول على سلالات تمتلك العقم الذكري السايتوبلازمي من دون أليلات تجديد الحصوبة في النواة، لإستخدامها اباءاً انثوية في انتاج بذور الهجن، اي تعد سلالات العقم A (A line) كا وردت في الفصل الرابع عشر.

تمت اول محاولة ناجحة لأستخدام androgenesis في تحويل السلالات الخصبة ذكرياً اللى سلالات عقيمة ذكرياً في نباتات الذرة من قبل Goodsell (1961)، اذ حصل الباحث على نباتات احادية المجموعة الكروموسومية من الاب الذكري، ولو بتكرار واطىءن نتيجة استخدام الجين المعلَم المتغلب dominant marker gene في العقم الذكري السايتوبلازمي على النباتات الأنثوية للإسراع في الحصول على البذور الاحادية للإب الذكري (الجدول 18–2). ان تهجين نبات عقيم ذكرياً له جذور ارجوانية اللون للأب الأنثوي *ABP1R* مع نبات اخر ذكري له جذور بيضاء اعتيادية *Abp1r* ستعطي في جيلها الاول بادرات لها جذور ارجواني مع احتمال وجود حالات استثنائية للنباتات التي لم تستلم ألأليل المتغلب للإب الأنثوي، الاحاديينما يحتوي سايتوبلازم النباتات الاحادية عوامل العقم الذكري. استطاع Goodsell (1961) عزل بادتين من بعض الهجن تمثلان نباتين احاديي المجموعة الكروموسومية من الأب الذكري، لها جذور بيضاء من ذرية 000 150 نبات تمت غربلتها في سنة واحدة، واستطاع في السنة التالية الحصول على 3نباتات بنفس الاسلوب من 000 250 نبات. تكون النباتات الناتجة من الاب الذكري حاملة للعقم الذكري السايتوبلازمي من الاب الأنثوي والجينات النووية من الأب الذكري.

الجدول (18–2): استخدام النباتات الأحادية المشتقة من الأباء الذكرية في نقل صفة العقم الذكري السايتوبلازمي الى السلالات النقية في محصول الذرة.

النبات	الجين المعلم			أصل الجينات النووية
	التركيب الوراثي	التركيب المظهري	السايتوبلازم	
الاباء				
- الأنثوية	AA	متغلب	عقيم ذكرياً	
- الذكرية	Aa	متنحي	خصب ذكرياً	
الذرية				
النباتات الثنائية بعملية الإخصاب	Aa	متغلب	عقيم ذكرياً	من كلا الابوين
النباتات الأحادية من الأب الذكري	A	متنحي	عقيم ذكرياً	من الاب الذكري

حصل Kermicle (1969) على جين طافر سمي ig في نبات الذرة واستخدمه في تحفيز اتاج النباتات الاحادية م الاب لذكري، فساعد في الاستفادة من امكانية الحصول على النباتات الثنائية المتماثلة في برامج التربية. مان هذا الجين الطافر نتيجة طفرة طبيعية (تلقائية) في السلالة النقية Wisconsin–23في الذرة، حيث ذكر بان التزاوج بين النباتات الأنثوية الحاملة لجين igig مع النباتات الذكرية التي تمتلك جين IgIg قد اعطى تكراراً للنباتات الاحادية بمقدار 23.5×10^{-3} بالمقارنة مع تكرارها الذي كون صفراَ، اي لايمكن الحصول على اي نبات احادي باستخدام النباتات الانثوية الحاوية على التوليفة الجينية IgIg. تمت معرفة النباتات الاحادية باستخدام بذور لها الجين المتغلب الملَم للأب الأنثوي الذي يمتلك igig وله الأليلات المتنحية للأب الذكري. نوضح الجدول (18–2) وفق اليات موسم الزراعة وكما في ادناه:

<u>الموسم الاول</u> يجرى التزاوج بين النباتات الأنثوية التي لها جين متغلب معلم في البذور او البادرات واليلاتها igig عقيمة الذكر سايتوبلازمياً مع سلالة نقية بمواصفات زراعية مرغوبة واليلاتها متنحية بالنسبة للجين الوراثي المعلَم وله توليفة من نوع IgIg وخصب ذكرياً. يحتفظ ببذور او بادرات الجيل الاول التي تمتلك الجين المتنحي وتهمل تلك التي تمتلك الجين المتغلب المعلَم.

<u>الموسم الثاني</u> يتم تقييم نباتات الجيل الاول التي لها جين متنحي معلَم، واما النباتات الاحادية فتلقح مع نفس السلالة الابوية النقية المستخدمة كأب ذكري في الموسم الاول. يتم الحصول على البذور، اذا ما تطورت النباتات الثنائية على التركيب الانثوين وبذا فان خلايا البيضة الاعتيادية ستكون جاهزة للتلقيح والاخصاب.

الموسم الثالث تزرع البذور الناتجة من الموسم الثاني وتختبر النباتات النامية بتقييم العدد الكروموسومي في اطراف الجذور. تكون النباتات الثنائية متماثلة الجينات بالنسبة للسلالة النقية المستخدمة كأب ذكري، وتكون بالتالي حاوية على جينات العقم الذكري السايتوبلازمي.

ت. تعدد الاجنة

كما اسلفنا قبلاً، يحدث التكاثر العذري بصورة طبيعية ويلعب دوراً بوجود الاخاب في الحصول على بذور متعددة الاجنة وذات جنين احادي المجموعة الكروموسومية. تستخدم النباتات الاحادية التي يتم الحصول عليها بهذا الاسلوب في انتاج السلالات المتماثلة وراثياً. عموماً، تظهر البذور متعددة الاجنة بتكرار واطىء بحيث تصل نسبتها الى واحد من عدة آلاف من البذور. حصل Thompson (1977) على بذور لها 23 توأم ثنائي الجنين من ذرية الجيل الاول لهجين الكتان المتكونه من 215 بذرة، اذ كان اغلب هذه البذور ثنائية الجنينن احدهما جنين هجين فردي والأخر جنين أحادي المجموعة الكروموسومية من اصل انثوي.

ث. الحصول على النباتات الاحادية من التهجينات المتباعدة بين الأنواع والأجناس

تم الحصول عملياً على النباتات الاحادية من ذرية التهجينات المتباعدة بين الانواع والاجناس النباتية، اذ يعد التداخل بين جينات الانواع المختلفة وكذلك تداخل جينات النواة– السايتوبلازم السبب الرئيسي في انتاج مثل هذه النباتات وفق الاعتبارات التالية:

- الإزالة الكروموسومية chromosome elimination

تم الحصول على النباتات الاحادية بتكرار عالٍ في التهجين بين النوع المنزرع من الشعير *Hordium vulgare* والنوع البري المعمر *Hordium bulbosum* (Kasha و Kao، 1970). حصل هذان الباحثان على نباتات متماثلة وراثياً وثنائية العدد الكروموسومي من مضاعفة كروموسومات النباتات الاحادية، واعتبرت هذه الوسيلة طريقاً ومصدراً لتحسين الاصناف المنزرعة باسلوب السلالة النقية. أثبت هذان الباحثان ان النباتات الاحادية المنتجة من هذه التهجينات انها نتاج فقد كروموسومات الشعير البري المعمر في الاجنة الهجينةن مما يؤشر بالدليل الملموس حالة الفقد او الازاله الكروموسومية.

شاع استخدام التهجينات المتباعدة بين اصناف الشعير المنزرع والنوع البري المعمر *Hordium bulbosum* للحصول على النباتات الاحادية ومن ثم مضاعفتها فسميت الطريقة بإسم الشعير البري " طريقة بالبوزم"، ويعد الصنف مينغو Mingo الكندي احد اناف الشعير المستنبط بعذه الطريقة (Foster، 1970). على العموم، هناك ثلاثة خطوات رئيسة وعامة في انتاج وتحسين السلالات النقية ثنائية العدد الكروموسومي بالتهجينات المتباعدة هي:

- تطور الاجنة وإخصابها على النباتات الأنثوية .
- زراعة الاجنة الاحادية المجموعة الكروموسومية والحصول على النباتات الاحادية الكروموسومات.

- مضاعفة العدد الكروموسومي للحصول على النباتات ثنائية العدد الكروموسومي.

يعتمد حدوث الإزالة الكروموسومية على النوع النباتي المستخدم كنبات أم يحمل الأجنة المخصبة، اذ يحتوي سايتوبلازم الشعير البري مثلاً على الجينات غير المرغوبة deleterious genes في نمو وتطور النبات. وعليه، فالتوجه إستخدام الشعير المنزرع أما تحمل الاجنة المخصبة (Kasha، 1974).

أوصى Walsh ومعاونيه (1973) بضرورة عدم استخدام البذور التي يتم الحصول عليها بعد التضاعف الكروموسوميعندما يتم تقييم الفات الكمية، وذلك لضعف اداء النباتات التي يتم الحصول عليها من البذور الناتجة من النباتات المضاعفة، بل يمكن تقييم الصفات النوعيه لذرية هذه النباتات المضاعفة (الجدول، 18–4).

وجد من الدراسات والبحوث العديدة في هذا المجال بأن حدوث الإزالة الكروموسومية بعد اجراء التهجينات المتباعدة لس فقط مع الشعير البري من نوع *bulbosum*، بل بين عدة انواع من الشعير، بل ايضاً بين اجناس التبغ. مع الاشارة الى ان التهجينات بين الحنطة والشعير *bulbosum* قد اعطت نباتات احادية المجموعة الكروموسومية، ولو بنسب نجاح محدودة ولزمن محدد في حينها (Barcley، 1975).

تداخلات النواة – السايتوبلازم nuclear– cytoplasm interaction

ان استخدام التداخلات بين النواة والسايتوبلازم لمعرفة ماهية النباتات الاحادية، بعد اجراء التهجينات المتباعدة، لم تصل الى المستوى الكفوء والمتقدم من الدراسة والتحليل. اشار Tsunewaki واخرون (1968) في دراستهم لحدوث هذا النوع من التداخلات بين جينات النواة والسايتوبلازم باستخدام الجنس Aegilops كأم والقمح الشيلمي (التريتيكيل) المستنبط من الحنطة السداسية salmon كأب واهب لحبوب اللقاح، فوجدوا حوالي 30% من الذرية الناتجة كانت نباتات احادية وحوالي 6.5% نباتات توأمية، وان بذور كلا الحالتين كانت ناتجة بالاصل من حالة التكاثر العذري الناتجة عن تطور خلايا البيضة.

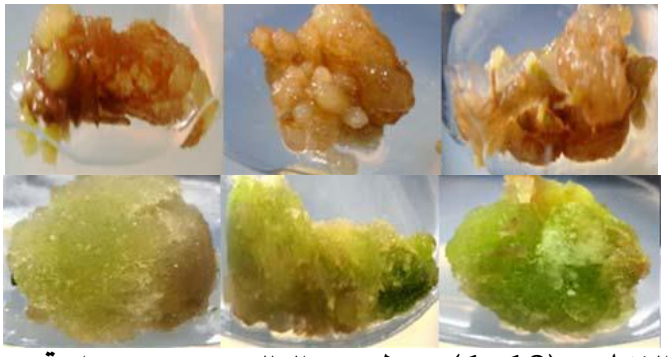
ج. الحصول على النباتات الاحادية من زراعة المتوك وحبوب اللقاح

تنتج النباتات الاحادية في بعض انواع المحاصيل من المتوك وحبوب اللقاح المعزولة منها في انتاج مثل هذه النباتات (الشكل، 18 – 2و1)، اذ يضاعف العدد الكروموسومي للنباتات الناتجة منها. يحصل مربي النبات على نباتات متماثلة يمكن ادخالها فيما بعد في تجارب التقييم والاختبار. لا يفوتنا ان نذكر بان خلايا اللقاح او خلايا البيضة تكون حاملة لنصف العدد الكروموسومي الاصلي للنبات، وبذا يكون انتاج نباتاتمن كل منها يمثل النباتات الاحادية الحاملة لنصف العدد الاصلي. يتضمن انتاج النباتات الاحادية من خلايا اللقاح او البيوض خطوتين هما:

الجدول (18-3) الاسلوب العام لطريقة بالبوزم في إنتاج النباتات الاحادية المضاعفة doubled haploid في الشعير من التهجين بين النوعين *vulgare* و *bulbosum* *.

عدد الايام بعد الاخصاء	الاسلوب المستخدم في الشعير	
	المنزرع 2n=2x=14	البري 2n=2x=14
صفر	إجراء الإخصاء وازالة حبوب اللقاح.	-
2	التلقيح بحبوب لقاح الشعير البري.	جمع حبوب اللقاح عالية الحيوية
5-3	المعاملة بحامض الجبرلين GA_3 بمعدل قطرة/ زهير وبتركيز 75 ج ب م ولفترة 2-3 يوم.	-
16-14	فحص الاجنة المتكونة وزراعتها ف انابيب في الظلام وبدرجة حرارة 22ْم.	-
28-22	نقل الاجن التي حصل بها تمايز الخلايا والنمو الى غرفو النمو على نفس د رجة الحرارة وبمعدل اضاءة 12 ساعة/ يوم.	
50-40	معاملة البادرات(عند مرحلة 2-3 ورقة) بالكولشيسين لمدة 5 ساعات وبتركيز 0.1 % ثم غسل البادرات بالماء الجاري ونقلها الى اصص لإستمرار النمو.	

*المصدر (Kasha، 1974).



الشكل (18-1) تطور الكالس من زراعة حبوب اللقاح لنبات القمح

الجدول (18-4): متوسط نسب النجاح المتحقق في محطة Welsh لتربية النبات في الفترة 1977- 1978 وفق طريقة بالبوزم في إنتاج الشعير من النباتات الاحادية المضاعفة*.

ت	الخطوات	% النجاح	
		1977	1978
1	أطقم البذور (% للتلقيح)		
2	للهجن المتوافقة	اقل من 80	اقل من 80
3	للهجن غير المتوافقة جزئياً	27	30
4	البذور المفحوصة (% لأطقم البذور)	61	65
5	الأجنة المزروعة (% للبذور المفحوصة)	35	44
6	النباتات الاحادية المنتجة (% للأجنة المزروعة)	50	55
7	النباتات الهجينة المنتجة (% للأجنة المزروعة)	9	7
8	نسبة الازدواج الكروموسومي	اقل من 80	اقل من 80
	العدد التقريبي للنباتات الاحادية المضاعفة والمنتجة لكل 100 زهيرة ملقحة (الهجن المتوافقة)	9	13

*المصدر Pickering (1979).

الشكل (18-2) استنبات وتطور النبيتات من كالس النخيل

أ. الحصول على اجنة او كالس "مجموعة خلايا غير متخصصة اول الأمر" من خلايا اللقاح.
ب. تمايز هذه الاجنة او خلايا الكالس من خلايا تمت زراعتها مسبقاً على اوساط غذائية اصطناعية لتتطور فتعطي نباتات احادية، اي لها عدد n من الكروموسومات.

كانت اول الدراسات المنشورة حول زراعة المتوك والحصول على اجنة احادية العدد الكروموسومي عام 1964 من قبل Guha و Maheshwari على نبات الداتورة *Datura*

mill *innoxia* وتلاه بحثهم سنة 1966 حول انتاج نباتات لها نصف العدد الاصلي من الكروموسومات للداتورة. اما بالنسبة لنباتات الاصناف المنزرعة، فجاءت نتائج Bourgin و Nitsch (1967) في فرنسا، اذ حصلا على نباتات احادية الكروموسومات من زراعة المتوك، تلتها دراسات متماثل على التبغ وبصورة مستقلة في اليابان من قبل Nakata و Tanaka (1968) و Tanaka و Nakata (1969) ثم دراسات اخرى على الرز (Oono، 1971) ثم توالت بعدها الكثير من الدراسات وعلى الكثير من نباتات المحاصيل الحقلية والبستنية ونباتات الزينة.

جاءت دراسات اخرى عام 1970 حول زراعة الخلايا الجسمية somatic cells والتي لها 2n من الكروموسومات للتغلب على المشاكل الناجمة من زراعة حبوب اللقاح او غيرها، إذ حصل Kameya و Hinata (1970) على عنقود من خلايا حبوب اللقاح المزروعة في وسط سائل، حيث توضح من استخدام قطرات من هذا الوسط السائل بزراعته على وسط غذائي اصطناعي امكانية تنميتها وتطورها. اما Sharp واخرون، (1971) فقد حصلوا على كالس احادي المجموعة الكروموسومية من حبوب لقاح الطماطة، بتطبيق تقنية الزراعة المحضونة nurse culture technique، بينما حصل Nitsch (1974)على نبيتات plantlets التبغ من حبوب لقاح مزروعة على وسط مركب، واستخدم نفس الاسلوب في عدة انواع نباتية. تجدر الاشارة الى التغاير بين الانواع النباتية في استجابتها ونجاحاتها في تطبيق التقنيةللحصول على نباتات لها نصف العدد الكروموسومي من زراعة خلايا المتوك. لابد من العودة الى Sunderland (1973 و 1974) لمعرفة العوامل الرئيسة والتي تعد اسايسات زراعة المتوك، اذ شملت تفصيلاً واضحاً للتقنية، وبذا كان لابد من ايضاح النقاط المهمة التي يجب مراعاتها من قبل مربي النبات، اذا ما تعامل مع هذه التقنية للحصول على النباتات الاحادية وهي:

- **نباتات الاصل**

يتم الحصول على التغاير الوراثي بين النباتات الاحادية المجموعة الكروموسومية في برامج التربية بالاستفادة من النباتات المختلفة عن بعضها وراثياً، كمصدر لحبوب اللقاح او المتوك، والتي هي الاخرى بطبيعة الحال على درجة واضحة من الاختلاف الوراثي. توضح نباتات الجيل الاول هذا الاختلاف الوراثي، مثلما توضحه النباتات المنعزلة وراثياً في الجيل الثاني او نباتات التزاوج العشوائي او اصناف مفتوحة التلقيح.

- **مراحل تطور المتوك**

تتأثر كثيراَ النباتا الاحادية التي نحصل عليها من تقنية زراعة المتوك بمراحل تطور نمو المتوك المستنبتة منها عند زراعتها، اي **توقيت** أخذ المتوك من النبات. تمثل مرحلة الخيوط الرباعية **tetrad** بعد الانقسام الميوزي الاول مباشرةً الفترة الحرجة التي يتحدد فيها اخذ المتوك من نباتاتها الاصلية،_مه التذكير بان توقيت اخذ المتوك وتحديد المرحلة المثلى

يختلفان ايضاً باختلاف الانواع النباتية، بل حتى الاصناف المنزرعة ضمن النوع النباتي الواحد.

- **بيئة الزراعة**

لوسط الزراعة وبيئتها الدور المهم في نجاح زراعة المتوك والحصول على النباتات الاحادية. فالسط الغذائي المحضر والاضاءة ودرجة الحرارة دوراً بارزاً في إحداث الانقسام الخلوي لحبوب اللقاح وتكوين الاجنة او نسيج الكالس. اما الاجنة فيكون الحصول عليها الهدف الذي يسعى اليه مربي النبات، اذ تتطور هذه الاجنة الى نباتات كاملة وتكون في الغالب خالية من الكروموسومات غير الطبيعية.

اما بيئة زراعة المتوك فتختلف عن بعضها البعض باختلاف النوع النباتي من جهة، واختلاف فروع او اشطاء النبات الواحد، وربما تحدد بعض مكونات الوسط الزرعي سرعة ونجاح الاستنبات والنمو، إذ يتوضح ذلك من متابعة البحوث المنشورة حول الموضوع واختلاف النتائج المتحققة.

الحصول على نباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية Formation of Diploid

يمكن ان يتضاعف العدد الكروموسومي للنباتات الاحادية تلقائياً مثلما يستخدم الكولشيسين في إحداث التضاعف الكروموسومي. يقيَم اداء النباتات المتضاعفة من حيث صفاتها الزراعية بنفس الطريقة والاسلوب المتبع في تقييم السلالات المحسنة بالطرائق التقليدية للتلقيح الذاتي. ندرج اهم الخطوات الاساسية لتقنية زراعة المتوك بحسب ما اوضحها Nitsch (1969) وكما يأتي:

الخطوة الاولى اتخاب البراعم الزهرية في التوقيت المناسب من تطورها، مثال ذلك يجب ان تكون حبوب اللقاح في متوك التبغ *Nicotiana tabacum* في المرحلة التي يكون فيها الإزهار في اعلى مرحلة لإطلاق البتلات، بحيث تجتاز هذه البتلات سبلات الازهار.

الخطوة الثانية تغمس النهاية المقطوعة للبرعم الزهري (والذي يكون مثل سويقة الزهرة) في البارافين المصهور ثم يطهر البرعم الزهري كله بغمسه في محلول مطهر (70 % إيثانول و 30% ماء مقطر)، ثم يترك بعدها في محلول عالق مرشح يحتوي على 7% من محلول هايبوكلورات الكالسيوم.

الخطوة الثالثة تزال الاسدية المطهرة وتزرع على الوسط الغذائي المناسب والمعد لهذا الغرض، وفي ظروف معقمة وخالية من الملوثات في جهاز تعقيم الهواء laminar air flow.

الخطوة الرابعة تنمى الزروعات في ظروف بيئية مسيطر عليها من حيث درجة الحرارة (نهاراً 28° م. وليلاً 22° م.) واضاءة ساطعة لا تقل عن 5500 لوكس/ م^2، ثم تنقل الزروعات الخالية من التلوث بعد 4–6 اسابيع الى وسط غذائي اخر خالي من اندول حامض الخليك IAA ويحتوي على سكر السكروز بنسبة 1%.

الخطوة الخامسة بعد ان يتم تطور النظام الجذري للنبيتات على الوسط الغذائي الجديد، تنقل الى وسط اخار خالٍ من الأگار ومكوناً من مواد عضوية متحللة (الخث peat) والڤيرمكيولايت vermiculite بنسبة حجمية تكون عادةً 1:1 وتسقى الزروعات بمحلول

مغذي مثل هوگلاند hogland، ويستحسن ان تغطى الاصص باغطية بلاستيكية شفافة تسمح بمرور الضوء لمدة اسبوعلمنع تعرضها للجفاف وتوفير بيئه رطبة في محيطها. تزال الاغطية بعد ذلك للبدء بتعريض النباتات النامية لظروف بيئية اصعب من سابقتها تمهيداً لأقلمتها ونقلها الى الظلة الخشبية او الحقل التجريبي (المشتل).

محاسن ومساوىء استخدام النباتات الاحادية المضاعفة
Advantages and Disadvantages of Doubled Haploids

1. الفوائد المتحققة

أ. الحصول على نباتات متماثلة بعدد أجيال أقل مما هو مطلوب في برامج التربية الداخلية بالطرائق التقليدية. اي تقليل الوقت اللازم والجهد المبذول في تطوير السلالات النقية. ان تطور تطبيق واستخدام التقنية جعل انتاج النباتات الاحادية غير مكلف اقتصادياً.

ب. يكون الانتخاب بين ذرية النباتات المتماثلة الناتجة من النباتات الاحادية المضاعفة اكثر كفاءة ودقة من الانتخاب في الذرية المختلفة وراثياً في برامج التربية التقليدية.

ت. تعد مصدراً مهماً للبذور المتماثلة من حيث اطلاقها كصنف جديد.

2. المساوىء الناتجة

أ. عدم توفر فرصة التقييم المظهري خلال فترة انتاج النباتات المضاعفة، اي بمعنى ان لمربي النبات الفرصة الكافي لمتابعة وملاحظة الاداء الحقلي لكل جيل من اجيال التربية الداخلية بالطرائق التقليدية، حيث يمكن متابعة الاداء والسلوك الحقلي للسلالة النقية بطريقة افضل مما للنباتات الاحادية المضاعفة، والتي يعد تقييم صفاتها غير كافياً وربما غير كفوءاً.

ب. تحتاج التقنية المتعلقة بانتاج النباتات الاحادية المضاعفة الى اجهزة خاصة وخبرة عالية من المساعدين في ادارة كل الاعمال المطلوبة للوصول الى اخر خطوة م الانتاج.

ت. لا يمكن لمنتج النباتات الاحادية تطبيق تقنية زراعة المتوك وحبوب اللقاح ان يحدد تكرار وعدد النباتات التي سيحصل عليها كما هو الحال في برامج التربية الداخلية التقليدية.

ث. يعطي انتاج النباتات الاحادية التي تكون على قدر من التميز لتراكيب وراثية معروفة نتائج غير ذات قيمة لكون انتاج المتضاعفات من النباتات الاحادية ربما يكون مصدرها گاميتات مختلفة وراثياً.

د. ربما يكون سلوك واداء السلالات النقية الناتجة من النباتات الاحادية المضاعفة ادنى من سلوك واداء السلالات النقية الناتجة من برامج التربية التقليدية.

أهم المراجع

- Barclay, J. R. 1975. High frequencies of haploid production in wheat (*Triticum aestivum* L.) by chromosome elimination. Nature 256:410-411.
- Bourgin, J. P.; and J. P. Nitsch. 1967. Obtaining de Nicotiana tabacum hploides a partir d'etamines cultuvees *in vitro*. Ann. Physiol. Veg. Q377-382 (English summary).
- Chase, S. S. 1949a. spontaneous doubling of the chromosome complement in monoploid sporophytes of maize. Proc. Ia. Acad. Sci. 56:113-115.
- Chase, S. S. 1949b. Monoploid frequencies in a commercial double cross hybrid maize and its component single cross hybrids and inbred lines. Genetics 34:328-332.
- Chase, S. S. 1951. The monoploid method of developing inbred lines. Proc. 6th Ann. Hybrid Corn Indus. Res. Conf. 6:29-34.
- Chase, S. S. 1952. Production of homozygous diploid of maize from monoploids. Agron. J. 44:263-267.
- Foster, A. E. 1987. Pp83-125. Barley. In W. R. Fehr (ed.), Principles of cultivar development. Vol. 2. crop species. Acmillan, New York.
- Goodsell, S. 1961. Male sterility in corn by androgenesi. Crop Sci. .
- Guha, S.; and S. C. Maheshwari. 1964. *In vito* production of embryos from anther of *Datura*. Nature 204:497.
- Guha, S.; and S. C. Maheshwari. 1966. Cell division and differentiation of embryos in the pollen grains of *Datura in vitro*. Nature 212:97-98.
- Kameya, T.; and K. Hinata. 1970. Induction of haploid plants from pollen grains of *Brassica*. Jap. J. breed. 20:82-87.
- Kasha, K. J. 1974. Haploids from somatic cells. Pp67-68. In K. J. Kasha (ed.), haploids in higher plants. University of Guelph, Ontario.
- Kasha, K. J.; and K. N. Kao. 1970. High frequency haploid production in barley (*Hordeum vulgare* L.). Nature 225:874-876.
- Kermicle, J. L. 1968. Androgenesis conditioned by a mutation maize. Science 166:1422-1424.

- Morgan, D. T.; and R. D. Rappleye. 1950. Twin and triplet pepper seedlings: A Study of polyembryony in *Capsicum frutescens* L. J. hered. 41:91-95.
- Nakata, K.; and M. Tanaka. 1968. Induction of haploid rice plant from anther culture. Proc. Jap. Acad. 44:554-557.
- Niizeki, H.; and K. Oono. 1971. Rice plants obtained by anther cuture. In Les cultures de tissusde plantes. colloques Interntionaux du CNRS No.193. Paris.
- Nitsch, C. 1974. La culture de pollen isolé sur milieu synthetique. C. R. Acad. Sci. Ser. D. 278:1031-1034.
- Nitsch, J. P.; and C. Nitsch. 1969. Haploid plants from pollen grains. Science 163:85-87.
- Pickering, R. A. 1979. Use of the doubled haploid technique in barley breeding at the Welsh Plant Breeding Station. Report of the Welsh Plant Breeding Station for 1978, pp.84-85.
- Sharp, W. R.; D. K. Dougall; and E. F. Paddock. 1971. The use of nurse culture in the development of haploid clones in tomato. Planta 104:357-361.
- Sunderland, N. 1973. Pollen and anther culture. In H. E. Street (ed.), Plant tissue and cell culture. Blackwell Scientific Publishers, Oxford.
- Sunderland, N. 1974. Anther culture as a means of haploid induction. Pp.91-122. In K. J. Kasha (ed.), Haploid in higher plants. University of Guelph, Ontario.
- Tanaka, M.; and K. Nakata. 1969.. Tobacco plants obtained by anther culture and experiment to get diploid seeds from haploids. Jap. J. Genet. 44:47-54. (English summary).
- Thompson, T. E. 1977. Haploid breeding technique for flax. Crop Sci. 17:757-760.
- Tsunewaki, K.; K. Noda; and T. Fujisawa. 1968. Haploid and twin formation in a wheat strain Salon with alien cytoplasms. Cytologia 33:526-538.
- Walsh, E. J.; E. Reinbergs; and K. J. Kasha. 1973. The importance of seed source in preliminary evaluations of doubled haploids in barley. Can. J. Plt. Sci. 53:257-360.

الفصل التاسع عشر

الأسس الوراثية وتطبيقات تربية تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة
Genetic Basis and Breeding Applications of Somaclonal Variations

تعرَف تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة somaclonal variations (SCV) بأنها التغايرات الوراثية وغير الوراثية الحاصلة في النباتات المستنبتة من زراعة الخلايا والانسجة النباتية، والتي تمثل فرصة لظهور التغايرات الطبيعية التي لا تحدث بتردد واضح وكبير في برامج التربية التقليدية، اي ان ظهورها بتكرار عشوائي لا يستند الى نظرية او تطبيق. يمكن ان تستخدم التغايرات الوراثية الناتجة منها في تطوير اصناف جديدة. اوضحت البحوث والدراسات الحديثة في مجال زراعة الانسجة والخلايا النباتية ولا زالت تقدم بصورة تفصيلية مثل هذه التغايرات، نتيجة تكرار زراعة الخلايا على اوساط غذائية اصطناعية بصورة متكررة، وافرز ذلك الاستخدام المتعدد لتغايرات الخلايا الجسمية المكلونة انتاج الاصناف النباتية الجديدة.

تعد تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة طريقة مكملة لتربية الطفرات المستحدثة، بما يجعلها اضافة جديدة لأنتاج الاصناف النباتية، مثلما تعد حقيقة جديدة مضافة لأسس واساليب تربية النبات.

لوحظ في السنوات السابق ان إكثار النباتات من الخلايا الجسمية المكلونة بتقنية الزراعة النسيجية يعطي نباتات غير متماثلة وراثياً، بل تعد معيناً لأنتاج تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة. تمت مناقشة واقع هذه التغايرات واستقر الرأي على انها نتيجة حاصلة من الاختلاقات الوراثية في الخلايا الجسمية قبل ثبوتها واستقرارها وراثياً pre-existing genetic differencesاو انها حالة مستحدثة من التغايرات التي تسببها مكونات معيتة في وسط الزراعة. اكدت أغلب المصادر العلمية ان كلا الحالتين ممكنة للحصول على تكرار عالٍ من التغايرات الوراثية في أصناف محاصيل معروفة. أخذ هذا المفهوم اهتمام مربي النبات لأجل فهم الاساس الوراثي للتقنية ومن ثم معرفة فوائد ومساوىء هذه التطبيقات للتقنية.

الاساس الوراثي Genetic Basis

من إكثار واستنبات الخلايا والانسجة وحتى النبيتات نتج زوال حالة التشكل epigenetic للتغايرات الوراثية، مثلما هو نتيجة لوجود التغايرات الوراثية. غالباً ما تحدث مثل هذه التغايرات الناتجة عن التشكل في زراعة الانسجة، وعلى الرغم من استثناء حالة تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة، فان بقية الحالات غير ذات فائدة في تحسين المحاصيل، كما انها لا تعبر عن نسل النباتات المكثرة كما في العديد من الامثلة، كما في البطاطا وقصب السكر، اذ تربك تغايرات التشكل هذه تحليل الإكثار اللاجنسي للنباتات المذكورة آنفاً.

تم التعرف على العديد من التغيرات الوراثية، سواءَ تلك التي تحدث بالطفرات الطبيعية (التلقائية) او المستحدثة ومثلها تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة، ومثالها تلك النباتات المتغايرة التي لها عدد كروموسومي متغير كما سجلها الكثير من العلماء والباحثين. فالتضاعف الكروموسومي polyploidy كثير الحدوث، اذ يلاحظ وجود كروموسومات غير طبيعية، حيث عرفت آلية واصل هذخ التضاعفات، مثلما عرف التضاعف الكروموسومي في الانواع النباتية المختلفة من النباتات مثل قصب السكر والبطاطا والتبغ. تبين من الممكن مضاعفة العدد الكروموسومي الى الضعف، كما عرف ان فقد كروموسوم واحد (2n–1) لن يكون مؤذياً او غير مرغوباً، إذ ان تغير العدد الكروموسومي يعد حالة شائعة تؤدي الى تقليل الخصوبة الى جانب تحوير النسب الوراثية في نسل نباتات التلقيح الذاتي. فالتغايرات الحاصلة في جين واحد (مثل حالة التغلب او التغلب الجزئي او الجين المتنحي) قد عرفت في الكلونات الجسمية لعدة محاصيل. تجدر الاشارة الى اكتمال التحليل الوراثي الدقيق والتفصيلي لتثبيت صفات جين منفرد في محصول الصطماطة، حيث تم رسم الخرائط الوراثية لمواقع محددة لعدة كلونات جسمية. اثبت Dennis واخرون (1987) ان تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة لجين Alcohol dehydrogenase (Adh–1) كان نتيجة تغير قاعدة واحدة بالاضافة الى هذه التغايرات المتوقعة والشائعة الحدوث لأي من المطفرات المتداولة، إذتظهر عدة متغايرات وراثية وبأكثر من المتوقع من حيث تكرارها نتيجة تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة.

تغايرات جينات السايتوبلازم Cytoplasmic Gene Changes

كثيرة الحدوث تلك التغايرات الحاصلة في جينات الكلوروبلاست، فتتوضح القدرة الحقيقية للخلية الحية من خلال سايتوبلازمها الذي يتحكم بالعقم الذكري، كما في الذرة (Earle واخرون، 1987)، مثلما تفسر الحساسية للسموم الفطرية الناتجة من الفطر المتخصص *Drechslera maydis* من نسل T والتي تعد الدليل المسبب للفحة الاوراق الجنوبية في الذرة التي لها العقم الذكري السليتوبلازمي من نوع تكساس T–cms. يتحكم DNA المايتوموندريا (mt–DNA) بصفتين من فات البذور التي تحوي العقم الذكري السايتوبلازمين الحساسية للفطر المسبب للفحة الاوراق والعقم الذكري السايتوبلازمي، وهذا ما اكده Gengenbash واخرون (1977) عند انتخابهم نباتات مقاومة للسموم الفطرية المتسببة عن فطر لفحة الاوراق الجنوبية في الذرة، من خلال الزراعة النسيجية وإكثار النباتات المقاوم للوصول الى سلالات نقية ابوية تقاوم السموم الفطرية، لكيما تولف لأنتاج بذور الهجن، اذ كانت السلالات خصبة ذكرياً مع وجود صفات اخرى غير مرغوبة. فسرت النتائج باستنساخ انزيم endonuclease من DNA المايتوكوندريا في النباتات التي انتجت بزراعة الخلايا. لوحظت طفرة واحدة خصبة ذكرياً وغير حساسة للسموم الفطرية مثلت طفرة مغايرة لـ DNA المايتوكوندريا. وجدت تغايرات غير معروفة كثيرة الحدوث في DNA المايتوكوندريا ولم يسبق ان تم الكشف عنها في النباتات المستنبتة من الاجزاء المختلفة للنبات. ان حدوث طفرة في DNA اي من مكونات الخلية عدا

النواة، او في خليط من هذه المكونات يؤهلها لأ تصبح شائعة او سائدة في اغلب الاحتمالات من حيث ظهورها في سلسلة انقسام الخلية الجسمية.

اعادة ترتيب الكروموسومات Chromosome Rearrangement

يحدث، من خلال تغايرات الخلايا الجسمية، اعادة ترتيب الكروموسومات بتكرار اكثر مما هو متوقع، حيث انتقال القطع الكروموسومية كما في حشيشة الشيلم Rye grass والبطاطا والذرة والشوفان. اكدت الادلة العلمي حدوث الحذف والانقلاب الكروموسومي وحالات اخرى من التغيرات البسيطة في تركيب الكروموسوم، مما يؤدي الى تغير بعض صفات الكروموسوم. كما يحدث الحذف الوراثي والانتقال الوراثي لجينات محددة، سواءَ بتضاعف او حذف نسخة واحدة من الجين او بالانقلاب الجيني اثناء الازدواج الكروموسومي، مثلما يحدث إعادة توليف الكروموسوم في بعض المواقع المميزه تحديداً، مثلما تم تحديد تأثير بعض المواقع في الجينوم.

اقترح الباحثان Lee و Phillips (1988) آليتين لحساب تلك التغيرات الوراثية التي تحدث بتكرار عالٍ هما:

أ. التكرار المتأخر للكروماتينات غير المتناظرة و
ب. عدم توازن النيوكليوتيدات بفعل تأثير مكونات وسط زراعة الخلايا.

العبور الوراثي الميتوزي Mitotic Crossing Over

من المحتمل ان تكون الطفرة المتنحية المتماثلة نتجة العبور الوراثي المتنحي، إذ تم ظهور، مثل هذه الطفرات في التبغ والذرة والحنطة. يعد العبور الوراثي الميتوزي مصدراً جيداً لتغير الخلايا الجسمية المكلونة. للتحقق من ذلك، أجريت تجرب من قبل Lohn واخرون (1987) لأستنبات نباتات من الطماطة لسلالات تضم خمسة جينات غير متماثلة من الطماطة، وتبين ان 19نبات من أصل 61 نبات قد خضعت لتأثير العبور الوراثي، بل الأكثر من ذلك، فان العبور الوراثي الميتوزي ربما ينفرد لعمل كسر في التلازمات البسيطة tight linkages في مواقع قريبة من الكروماتينات غير المتناظرة كما في نبات الطماطة. وجد Larkin (1987) ان العدد غير المناسب في النباتات المستنبتة يشابه النوع البري اكثر من ان يشابه الطفرةن فاقترح، عند غياب وجود الطفرة الصفراء، اي اصفرار الجزء الخضري yv/yv في الطماطة، والناتجة من الانتخاب خارج الجسم الحي في بادئات الاوراق للنوع البري.

التعبير الجيني Gene Expression

لوحظ تأثير بعض الجينات (متعددة) في مستنبتات الحنطة ومثالها يكون التعبير الجيني عن الگُلياذين (بروتين مخزون) مختلفاً في النباتات المستنبتة عما هو عليه في مثيلاتها من

نباتات التربية التقليدية. وعليه، اهتمت الدراسات الحديثة بطبيعة العلاقة بين تغاير الجينات المتعددة واضافة اطقم انزيمات البيتا اميليز β –amylase في الحنطة (Larkin، 1987).

عدد النسخ Copy Number

لوحظت التغيرات الحاصلة في عدد نسخ الدنا DNA المتكررة في زراعة الخلايا لعدة انواع من المحاصيل (Lapitan واخرون، 1988)، استخدمت في اغلب الحالات سياقات عديدة ودقيقة بمثابة المجس لتقييم النباتات المستنبتة. فمثلاً يختلف عدد نسخ الدنا المتكرر في الكتان عند تعريض النباتات لبيئات مختلفة، حيث سجل تضاعف وإختزال الدنا المتكرر في كل من كالس ومستنبتات الكتان (Cullis و Cleory، 1986)، ومثها في بعض زروعات الحبوب cereal culturs. ربما يمثل تضاعف الدنا المشاهدة في الجت الحالة الاكثر توضيحاً في الاستجابة للانتخاب (Donn واخرون، 1984). في خلايا نباتات بعض السلالات المنتخبة لمقاومة المثبط التنافسي لبناء الگلوتامين، تم التعرف علىخلايا متحملة تحتوي على سلاسل جين بناء الگلوتامين تقدر بـ 4–11 مرة اكثر من غيرها من الخلايا.

نشاط العناصر المنتقلة (القافزة) activation of Transposable Elements

تم توثيق نشاط العناصر النتقلة في مستنبتات النباتات من قبل Peschke واخرون(1987). فمثلاً تم توثيق نشاط العنصر Ac في 3 من اصل 94 نبات من الذرةن فاستقر الرأي على حدوث توليفات تكرار عالٍ لهذه المستنبتات، كما اعيد تنشيط العنصر Spm (En) في الذرة من مستنبتات زراعة الانسجة، فجاءت التفاسير حول نشاط بعض العناصر الخاملة التي ليس لها صفات، بل فقط كونها تعطي تغايرات وراثية غير مستقرة، وتؤلف مستنبتات خضراء وصفراء بتكرار عالي كما في التبف وعلى شكل مقاطع (قطاعات) لصبغة الانثوسيانين في الجت.

التغيرات الدقيقة في النسيج النباتي plant Tissue–Specific Changes

ان احد المجالات او الظاهر المثيرة لتغايرات الخلايا الجسمية المكلونة، والتي لم يكتمل اسكتشافها بعد هي إمكانية الحصول على متغايرات محددة وبتكرار عالٍ وذلك بالاعتماد على طبيعة النسيج الواهب، وفي العديد من الانواع النباتية، مع ضمان التلقيح الخلطي من اختلاف الاليلات على المواقع الوراثية لعدم التوافق الذاتي. وجد Sree Ramulu (1982) متغايرات بتكرار عالي جداً في مواقع عدم التوافق تضمنت اليلات عدم التوافق الذاتي غير مسجلة قبلاً، بعد استنبات نباتات من زراعة المتوك للطماطة البرية *Lycopersicum peruvanum* والتي سبق وان فل في الحصول عليها نت تجارب التطفير بالمطفرات المختلفة بهدف تحديد تغايرات المواقع الجينية لعدم التوافق الذاتي. ان اغلب البيانات المتوفرة والتي جمعت حول ذلك تشير الى ان تغير نوع الجين المرغوب هو بمثابة الامر الذي يوجه الجزء المزروع explants على الوسط الغذائي للبدء بتطور الخلايا.

تختص تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة بكل هذه الاليات الوراثية ، لكونها تحدث بتكرارات عالية وبتغايرات عالية اكثر مما تحدثه المطفرات او تلك الطفرات التي تحدث تلقائياً. تعد الدراسة التي قام بها Gavazzi واخرون (1987) بمثابة مقارنة بين تكرار تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة وتغايرات المطفرات، نأمل ان تستثمر نتائجها بما يخدم برامج تربية وتحسين النبات.

الفوائد المستنبطة من تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة
Advantages of Somaclonal Variations

1. الغربلة (الانتقاء) Sieving

هناك خطوتين مهمتين في برامج تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة تمثلان ما يمكن تسميته "الغربلة" لمجتمع نباتات الاستنبات (R_1) Regenerated population والذي يكون في الاغلب الاكثر ملائمة لبرنامج الانتخاب، هما:

أ. من خلال وسط التغذية الاصطناعي culture medium واستنبات النباتات فيه، اذ يتم أخذ خلايا فردية من قطعة النبات الاصلي المزروع على الوسط الغذائي، والتي يتم استنباتها للحصول على نبيتات منها plantlets.

ب. يتم الانتخاب من قبل مربي النبات في ظروف البيت الزجاجي من المستنبتات التي حصل عليها بزراعة الخلايا، بحيث يكون الانتخاب محدداً بتلك النباتات التي يمكنها ان تزهر وتعطي بذوراً. يعنى هذا الانتخاب بغزالة كافة نباتات R_0 التي تحمل الجينات غير المرغوبة، وبالتالي فان المجتمع النباتي الذي سيتم اختباره في الحقل سيكون أكثر ملائمة في الحصول على الصنف الزراعي المحسن وبوقت سريع.

2. الكلونة Clonning

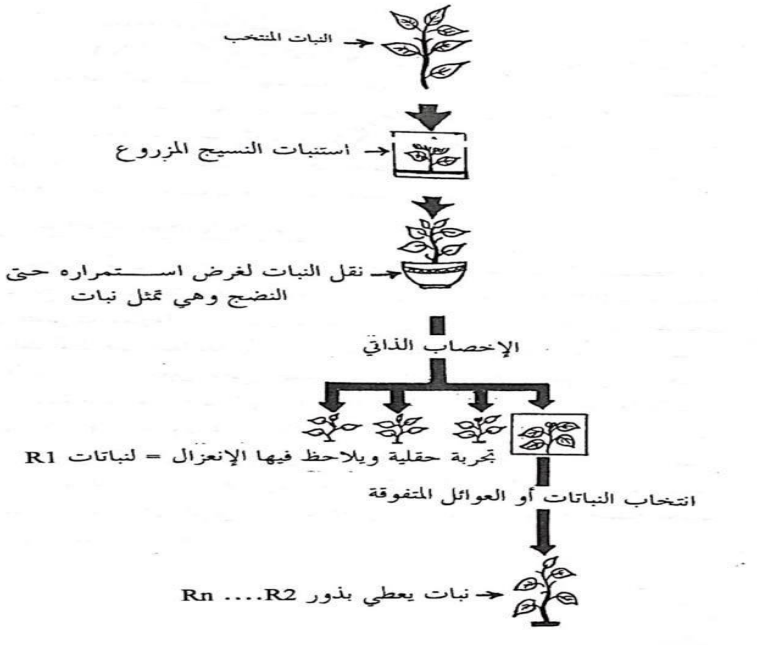
تنحدر النباتات التي يتم الحصول عليها بنطاق واسع من زراعة الخلايا الفردية، اذ تكون النسبة الوراثية 1:3 لتأثير جين واحد، حيث يتم تحديدها بين نباتات R_1 قي تربية الطفرات. تكون البذور في هذه الحالة حاوية على مئات الخلايا التي تعرضت لتأثير المطفر، وينتج عنها بالتالي خالات من الموزاييك. تظهر النسب الوراثية الشاذة او التي تنحرف عن النسب الوراثية المتوقعة، في الجيل الثاني. يمكن الحصول على بذور سلالات التربية المستقرة وراثياً من الكلونات النباتية التي يتم الحصول عليها من الزروعات النسيجية في فترة زمنية اقصر مما لو أيد الحصول عليها من برامج التربية بالتطفير .يكون تثبيت سلالات التربية المستقرة وراثياً سهلاً وبسيطاًن وخصوصاً بلنسبة لتغايرات جينات السايتوبلازم.

3. الاصناف الجديدة New Classes

يمكن استنباط اصناف جديدة من التغايرات الوراثية الناتجة من الزراعة النسيجية، اي تغايرات عدد نسخ سلسلة الدنا المتكررة ونشاط العناصر النتقلة او القافزة، اذتعد كافة التغايرات الوراثية التي تظهرن والتي تعد مصدراً للتغايرات الوراثية التي لا يمكن استحداثها بالتطفير التقليدي، حيث التكرار العالي الحدوثن لأعادة ترتيب الكروموسومات وتغايرات الدنا السايتوبلازمي (دنا الميتوكوندريا)، وخصوصية النسيج المزروع لأعطاء طفرات تمثل فرصة لمربي النبات لأنتاج التغايرات المفيدة والمرغوبة بما يمكنه من استنباط اصناف جديدة متفوقة.

4. انتخاب الخلايا Cell Selection

ما دام هناك تغايرات في مزارع الانسجة في الاوساط الغذائية، فانه يعني مكانية اجراء الانتخاب للخلايا المرغوبة الصفات. استخدم Chaleff (1983) هذه التقنيةفي عزل الطفرات المقاومة لتأثير المبيد المضاف لوسط الزراعة، في خلايا التبغ والحصول على نباتات اظهرت فيما بعد مقاومتها للجرعات المميتة، من خلال جين واحد والحصول على مستنبتات لها مقاومة لسموم مسبب مرضي معين في العائل host specific pathotoxins (Heath. واخرون، 1988) فنتج عنها تربية سلالات تعد مصادراً وراثية جديدة في المقاومة للمسببات المرضية. سخرت هذه الانجازات العلمية والافكار الاخرى المبتكرةفي كل المجالات العلمية بما يثبت العلاقة بين الاستجابة على المستوى الجزيئي والنبات ككل، لمركبات كيميائية معينة، تم استخدامها ككواشف انتخابية (الشكل، 19-1).



الشكل (19-1): مخطط حدوث تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة، مفتاح الخطوات هو استنبات النبيتات والانتخاب الحقلي لمعرفة نباتات R_1 المحسنة

التطبيقات المستقبلية Future Application

من المؤكد ان يكون في السنوات القليلة القادمة التطبيق العملي الواسع لتقنية الخلايا الجسمية المكلونة في تحسين المحاصيل المختلفة، كونها اسهل بكثير من تقنيات توليف الدنا DNA recombinant وتعد مصدراً غنياً للتغايرات الوراثية فضلاً عن خلوها من الحواجز والعقبات التي تؤدي نتائجها الى كوارث بما تكون غير متوقعة كما هو الحال مع توليفات الدنا. يمكن ان تنقل النباتات مبارة الى الحقل لتقييم ادائها كونها جزءاًمن برنامج التربية المتداول. تجدر الاشارة الى ان الدراسات العديدة قد اثبتت تفوق التغايرات التي يتم الحصول عليها من هذه التقنية بما يعادل 4اضعاف الحصول على تغايرات المطفرات المزروعة على اوساط غذائية (Maliga واخرون، 1981).

ربما توفر تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة الفرصة في تجارب نقل الجين بتقنية توليف الدنا اضافة اخرى لكل ذلك، اذ قد يتطلب اعادة التأكيد حول المجالات العديدة التي يتم اعتمادها باستخدام كل الوسائل التقنية الحديثة بما يخدم مربي النبات. ان اختلاف الفلسفة العلمية بين مربي النبات والتقنيين من زراع الانسجة ومختصي الوراثة أوجد ارتباطات علمية ركيزتها هذا التباين الذي يعد مهماً وضرورياً لتقدم التقنية والابداع والابتكار العلمي الذي ستفرزه بمساعدة التكنولوجيا الحيوية بكافة جوانبها واتجاهاتها (Dwivedi واخرون، 2008).

أهم المراجع

- يوسف، ضياء بطرس، 1992. اسس وراثة وتربية الخلايا الجسمية المكلونة. مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي. 11: 55-58.
- Dennis, E. S. ; R. i. S. Brettell; and W. J. Peacook. 1987. Molec. Genet. 210:181-183.
- Donn, G.; E. Tischer; J. A. Smith; and H. M. Goodman. 1984. J. Molec. Appl. Gen.
- Dwivedi, S.L., H.D. Upadhyaya, H.T. Stalker, M.W. Blair, D.J. Bertioli, S. Nielen, and R. Ortiz. 2008. Enhancing crop gene pools with beneficial traits using wild relatives. In J. janick (ed.). Plant Breed. Rev. John Wiley & Sons, Inc. 30:179–230. doi:10.1002/9780470380130.ch3.
- Earle, E. D. 1987. Theort. Appl. Genet. 74:601-609.
- Gengenbach, B. G.; C. E. Green; and C. M. Donovan.1977. Proc. Natl. Acad. Sci., USA 74:5113-5117.
- Health, P.; S. Pagliuso; J. Pullman; and L. Rappoaport. 1988. Theor. Appl. Genet. 75:446-451Larkin, P. J. 1987. Iowa State J. Res. 61:393-434.
- Lee, M.; and R. L. Phillip. 1988. Annu. Res Plant Physiol. 39: 437-443.
- Lohn, W. H. T.; S. A. kut; and D. A. Evans. 1987. Molecular strategies for crop production. In Arnzen, C. J. *et al.* (eds.), pp367-373.
- Maliga, P.; V. A. Sidorov; A. Cseplo; and L. Menczel. 1981. Genetics 2:621-635.
- Whitaker, R. J.; and T. Hashimoto. 1986. Handbook of Plant Cell Culture, Vol. 4. In Evans, D. A. *et al.* (eds.), pp264

الفصل العشرون

تحسين أصناف التكاثر الخضري
Development of Asexually Propagated Cultivars

في الوقت الذي تتكاثر فيع اغلب النباتات جنسياً باتحاد البيضة والسپرم لتكوِن ما يعرف " الزايگُوت" والذي يتطور الى كائن حي يحمل صفات الأبوين، هناك بعض الانواع النباتية تعطي نباتاتها بذوراً بطريقة لا جنسية. عرف خلال قرنين او اكثر من المعرفة العلمية وجود حالات مختلفة من التكاثر اللاجنسي، فالتكاثر العذري المسمى Apomixis والذي يمثل تكوين البذور من غير حدوث اتحاد النواة الذكرية مع البيضة، بل بتحفيز من الاعضاء الجنسية او بعض اجزائها. كذلك حالة التكاثر العذري المسمى Apogamy اي الحصول على جنين من نواة لها نصف العدد الكروموسومي للفرد الكامل من نوى المسي الجنيني من غير نواة البيضة، اذ تتحدهذه النواة مع اخرى غيرها في الكيس الجنيني لتعطي جنين له العدد الكامل من الكروموسومات. اما التكاثر العذري المسمى Apospory فيقصد به الحصول على جنين من دون حدوث الإخصاب وبعدد كروموسومي كامل وبصورة مباشرة من خلية جسمية.

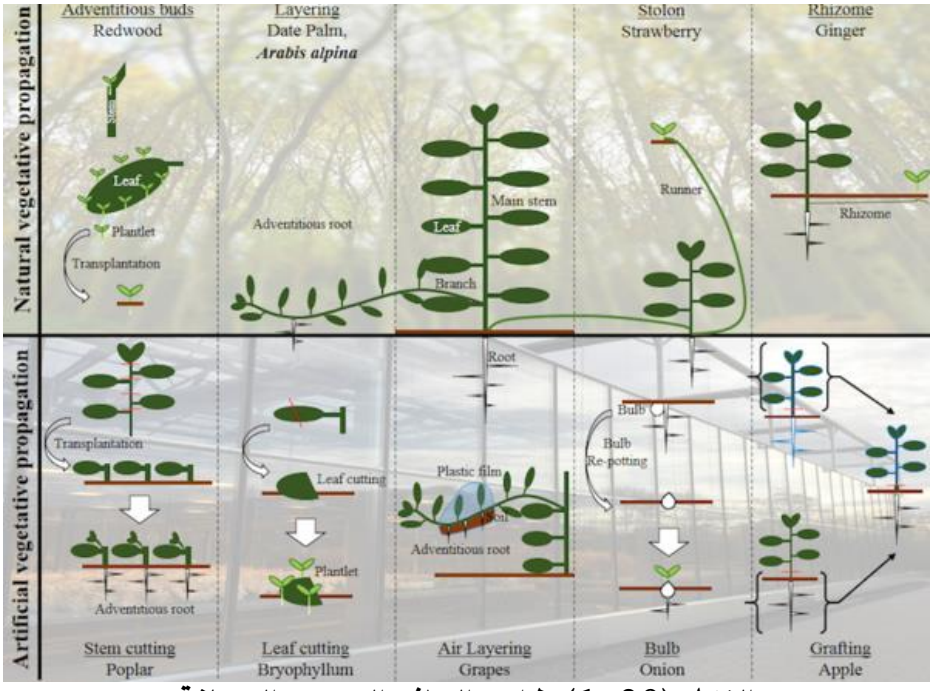
يتضح مما ذكر في اعلاه بان اصطلاح التكاثر العذري الموصوف في اعلاه يؤشر انتفاء الحاجة الى الخلية الذكرية التي تلقح البويضة. اما التزاوج الكاذب Pseudogamy فيعرف على انه الحاجة لعملية التلقيح لكي تحفز خلايا السويداء (الاندوسپرم) وتنمو وتتشكل، ام تسميته بالكاذب فجاءت نتيجة عدم حدوث إخصاب فعلي بين النواة الذكرية والبيضة، اذ يتم الحصول على نباتات لها نفس التركيب الوراثي للاباء التي انحدرت منها، كما في حشيشة دلاس وحشيشة كنتاكي. يفهم من ذلك، حدوث التكاثر بالاجزاء الخضرية مثل العقل والدرنات والكورمات والاوراق لنباتات بعض انواع المحاصيل المهمة اقتصادياً.

لا يفوتنا ان نذكر إمكانية الحصول على أصناف التكاثر الخضري بإدخالها من دول وبلدان اخرى، ومن خلال التهجين والتطعيم والترقيد والتطفير وغيرها من الطرائق المتداولة بين التراكيب الوراثية او ضمن التركيب الوراثي الواحد (الشكل، 20–1)، أو حتى باستثمار طرائق التكاثر العذري الانفة الذكر، بما يمثل الرؤى الاساس لمربي النبات بالاضافة الى اسلوب التهجين.

اهمية التكاثر العذري في النباتات

تكمن أهمية التكاثر العذري في النباتات في الحصول على نباتات لها نفس التركيب الوراثي لإبائها. قد يحدث الحصول على ثمار لأنواع مختلفة من غير الحصول على بذورها، كما هو الحال بإنتاج الرقي (البطيخ الاحمر) عديم البذور او الموز او عنب تومسن (عديم البذور) او

البرتقال عديم البذور Novel orange، إذ يتم تحفيز البويضة من دون إخصابها وهو ما يطلق عليه " التكثر العذري " Parthenocarpy.



الشكل (20-1) طرائق التكاثر الخضري المختلفة

سيتم التركيز في هذا الفصل على حالة التكاثر العذري من نوع Apomixis مع الاشارة الى الامتفاء بالتسمية :التكاثر العذري" وذلك لعدم توفر ما يرادفها بلغتنا العربية.

سجل هذا النوع من التكاثر العذري (Apomixis) في أكثر من 35 عائلة نباتية متضمنةً أكثر من 300 نوع باتي (Bashaw، 1980 و Davis، 1966 و Johanson، 1950 و Marchall و Nygrebb، 1954). يزودنا هذا النوع من التكاثر بطريقة مكلونة للنبات من خلال بذوره، وهو وسيلة اضافية ضرورية ومهمة في علم تربية النبات.

هناك ثلاثة آليات رئيسة لهذا النوع من التكاثر تعتمد اساساً على الخلية الاصل وكيفية تطورها وتطور الجنين فيها سواءً بصورة مباشرة من الخلية الجسمية للنواة (الجنين العرضي) او من بيضة غير مختزلة العدد الكروموسومي في الكيس الجنيني (2n)، اي الجنين من نواة الخلية الاپوسپور Apospore او من الانقسام الاختزالي للخلية الامية الانثوية (الدپلوسپور Diplospore). يتم إخصاب النواة القطبية في هذا النوع من التكاثر لأغلب النباتات بالتزاوج الكاذب Pseudogamy، حيث تكون النواة الذكرية ضرورية لتطور السويداء ونمو البذرة. اي ان السيطرة على التكاثر الخضري لأي تركيب وراثي ستؤدي الى طريقة تربية لا تعير اية

اهمية من الناحية العملية للاختلاف الوراثي. تقدم الدراسة التي قام بها Hanna و Bashaw (1987) معرفة مؤكدة يمكن تلخيصها حول ما ذكر انفاً بالاتي:

ا. مساعدة العلماء والباحثين في التعرف على مؤشرات التكاثر العذري Apomixis في كلاَ من الانواع المزروعة والبرية.

ب. توضيح كيفية الاستفادة العملية من هذه الطريقة في تحسين النبات وانتاج المحاصيل في المستقبل. يمكن العودة الى دراسات وبحوث Martinez و Viella– Calzada (2019) و Barcaccia و Albertini (2013) و Dwivedi واخرون، 2008 و Koltunov (1993) و Bashaw (1980) و Battaglia (1963) و Gustafsson (1946) التي ناقشت الاسس السايتولوجية واظهرت الصور المايكروية لمختلف اليات هذا التكاثر.

فوائد التكاثر العذري Advantages of Apomixis

أ. اختزال تطوير الهجن او بمعنى إمكانية الحصول على أحسن البذور من خلال التلقيح المفتوح للتراكيب الوراثية غير الفاقدة لقوتها الوراثية.

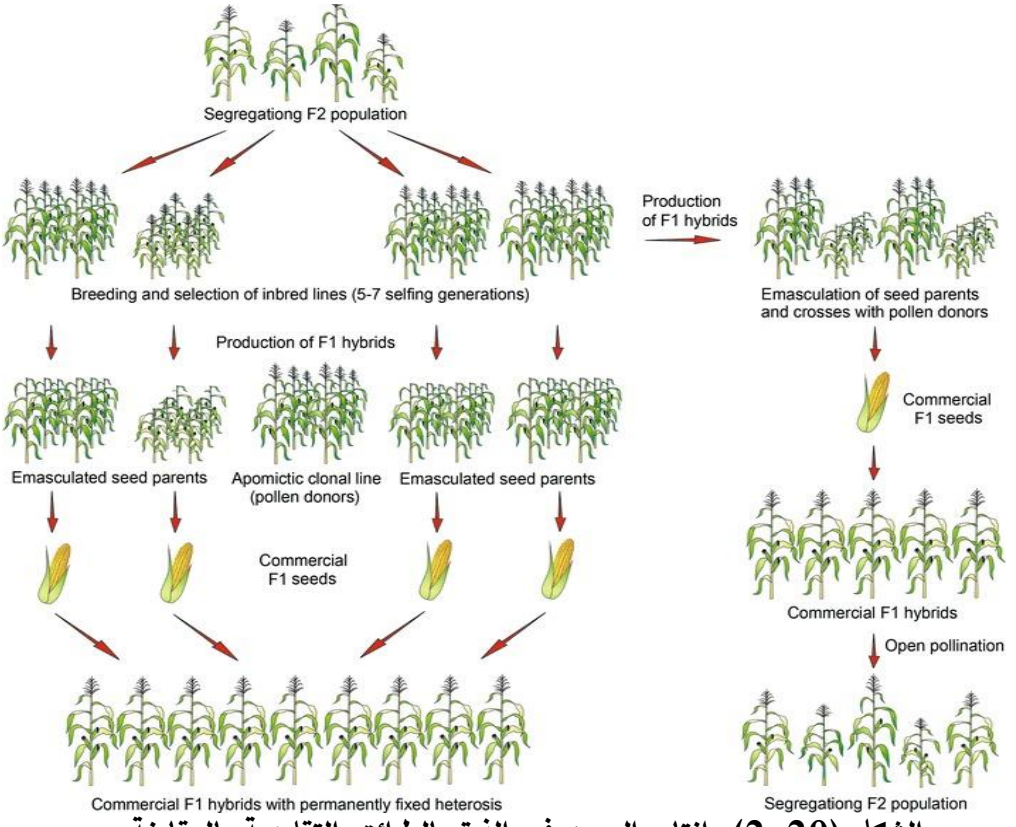
ب. إيجاد تراكيب وراثية جديدة بالتهجين بين نباتات التكاثر الخضري ونباتات التكاثر الجنسي، حيث تنتج نباتات التكاثر العذري عادةَ گاميتات ذكرية مختزلة.

ت. إمكانية انتاج عدة تراكيب وراثية جديدة بتربيتها بوقت قصير (برامج تربية سريعة)، وبالتالي حمايتها من الفشل.

ث. وبادة فرص تكوين افضل التألفات (التوليفات) الجينية، مما ينجم عنه سرعة ادماج الصفات المرغوبة.

د. إنتفاء الحاجة لإختبار النسل لأجل الاستقرار الوراثي.

ذ. يعطي أفضل فائدة لهجن الجيل الاول التي بها عقم ذكري سايتوبلازمي عند عدم توفر انظمة تجديد او اعادة الخصوبة لأغراض الانتاج التجاري. إن توفر التكاثر العذري في محاصيل الذرة والسورجم والدخن سيزيد قاعدة الجبل الوراثية لأباء الهجن (توسيع القاعدة الوراثية وتحسين المعين الجيني)ن حيث عدم وجود مددات العقم الذكري للاب الانثوي (الشكل، 20–2).



الشكل (20-2): انتاج الهجن في الذرة بالطرائق التقليدية بالمقارنة مع انتاجها بالتكاثر العذري.

مصادر الجينات المتحكمة بالتكاثر العذري Sources of Genes Controlled Apomixis

يعطي التكاثر الجنسي، كلياً او جزئياً، في نباتات الانواع ذات التكاثر العذري كل متطلبات ومعالجات اسلوب الإكثار في تربية تلك الانواع النباتية. تكون المشكلة في نباتات المحاصيل التي تتكاثر جنسياً أكثر تعقيداً عندما يجد أحدهم بان التكاثر العذري في الانواع او الهجن يرتبط بالانواع البرية. يتطلب نقل التكاثر العذري من الانواع البرية دراسة وتوصيف وتثبيت العلاقة العرقية الوراثية للتغلب على الاختلافات على مستوى الكروموسوم وعلاقة الجينوم والمساهمة الجينية.فاناع التكاثر العذري قد وجدت في عدة أنسال من حشائش الأعلاف المدارية وتحت المدارية مثل *Eragrostis* و *Pasoalum* و *Cenchrus* وحددت الارتباطات البرية للتكاثر العذري في البنجر *Beta vulgaris* والستروبري والمانگا *Mangifara indica*. أصبح نقل الجينات التي تسيطر على التكاثر العذري من الانواع البرية الى المنزرعة وتخير هذه الجينات في برامج تربية النبات مأوفاً في الالعقود الثلاثة الاخيرة، لكن نجاح نقل الجينات من الاواع البرية الى المنزرعة يحتاج مجتمعاً نباتياً كبيراً وطرائقاً كفوءة لنقل الجينات. ربما تساعد التقنية الجزيئية الحديثة، مثل

تقنية النقل الموجي او ما يعرف " الالكتروبويشن electroporation" للبروتوبلاست المتجدد.

مقاييس التكاثر العذري Indicators of Apomixis

هناك عدة مقاييس ومؤشرات لحدوث التكاثر العذري اهمها:

- عدم وجود التغاير الوراثي في نسل الجيل الثاني F_2 للهجين.
- معرفة التراكيب الوراثية المتنحية من نتائج التهجين بين التركيب الوراثي المشكوك في تكاثره العذري مع الجين المتنحي عند التلقيح مع اب متماثل السيادة للجين الاختباري Marker gene.
- وجود المتضاعفات الحقيقية Aneuploid للعدد الكروموسومي، حيث تبقى ثابتة عند انتقالها من الاب الى ذريته.
- تعدد البادرات للبذرة الواحدة، حيث تعدد المياسم والمبايض لكل زهرة.
- ان معرفة وتحديد مؤشر واحد او أكثر ف التكاثر العذري يعقبه اختبار أكثر دقة ويتضمن استخدام لقاح النباتات المتماثلة وراثياً للجين المتغلب المعَلم لتلقيح نباتات التكاثر العذري المشكوك فيها وذات التركيب الوراثي المتماثل المتنحي لنفس الجين المعَلم، اذ تعتمد نسبة النباتات التي لها جين متنحي في ذرية هذه الهجن، كونها تعد مقياساً لألية التكاثر العذري.

استخدام التكاثر العذري في تربية النبات Use of Apomixis in Plant Breeding

من المؤكد شيوع استخدام التكاثر العذري لكل الانواع النباتية في برامج تربية النبات عند توفر التوافق الجنسي في التهجينات التي يقوم بها مربي النبات، اذ يمكن ظهور ذرية التكاثر العذري في الجيل الاول F_1 عند تضريب نباتات التكاثر الجنسي مع هجن التكاثر العذري (الشكل، 20-2)، اذ يتم الحصول على كم كبير من التغايرات الوراثية نتيجة الاختلاف الوراثي الموجود في نباتات التكاثر العذري.

يمكن التحكم باداء الجينات التي تتحكم بالصفات المرغوبة من خلال التكاثر العذري في برامج التربية والتحسين، اذ يشمل هذا التحكم الوراثي توارث الصفة البسيط والجينات المتغلبة والاستقرار والثبات المظهري في بيئة الهدف، حيث لحصول على أجنة واندوسپرم طبيعي.

ربما يكون اختلاف آليات التكاثر العذري موجوداً في الجنس الواحد، حيث يحدد توارث الجين او الجينات المتحكمة بالتكاثر العذري وبدرجة كبيرة طرائق التربية المستخدمة. من المسلَّم به، وفق ما افرزته نتائج البحث العلمي، ان التحكم الوراثي بالتكاثر العذري Apomixis يتم بعدد قليل من الجينات التي قد تكوم متنحية او متغلبة (**Martinez** و **Viella-Calzada**، 2019 و Bashaw، 1980 و Asker، 1979). أما التحكم بالتكاثر العذري بالجينات المتنحية، فيتم من خلال الاب الذكري او الانثوي غير المتماثل، وان النسل الناتج يحمل جينات وصفات النبات من التكاثر الجنسي والنبات من التكاثر العذري، بل الأكثر من ذلك ان النبات ذو التكاثر الجنسي غير المتماثل التركيب الوراثي يمكن ان يعطي وبصورة ذاتية نسلاً أكثر من نات التكاثر الجنسي والعذري (Taliaferro و Bashaw، 1966). بينما يكون التحكم بالتكاثر العذري من خلال الجين او الجينات المتغلبة، إذ يتم بالتهجين مع الاب ذي التكاثر العذري.

من الناحية العمليه، يةفان برامج التربية والتحسين الوراثي والانتخاب لأفضل النباتات ومن ثم اعادة تهجينها مع افضل النباتات الناتجة من التكاثر العذري، سينتج افض الاصناف الجديدة والمتفوقة في مواصفاتها الزراعية والانتاجية.

أهمية التكاثر الخضري في تربية النبات Importanceof Asexual Reproduction in Plant Breeding

تمت مناقشة طرائق الحصول على اصناف التكاثر الخضري من قبل الكثير من العلماء والباحثين ولمختلف الانواع النباتية، سواءَ بالطرائق التقليدية المعروفة او من خلال الادخال واستقدام النباتات من بلدان اخرى او بواسطة التطفير واستحداث الطفرات، وكذلك بالسلوب التهجين. ما دام اننا تطرقنا في الفصول السابقة الى مسألة الادخال والاختلاف الوراثي او تربية الطفرات المستحدثة، سيتم التركيز هنا على التهجين بين نباتات محاصيل التكاثر الخضري من خلال معرفتنا بالخطوات الاساسية في تحسينها والمتمثلة في:

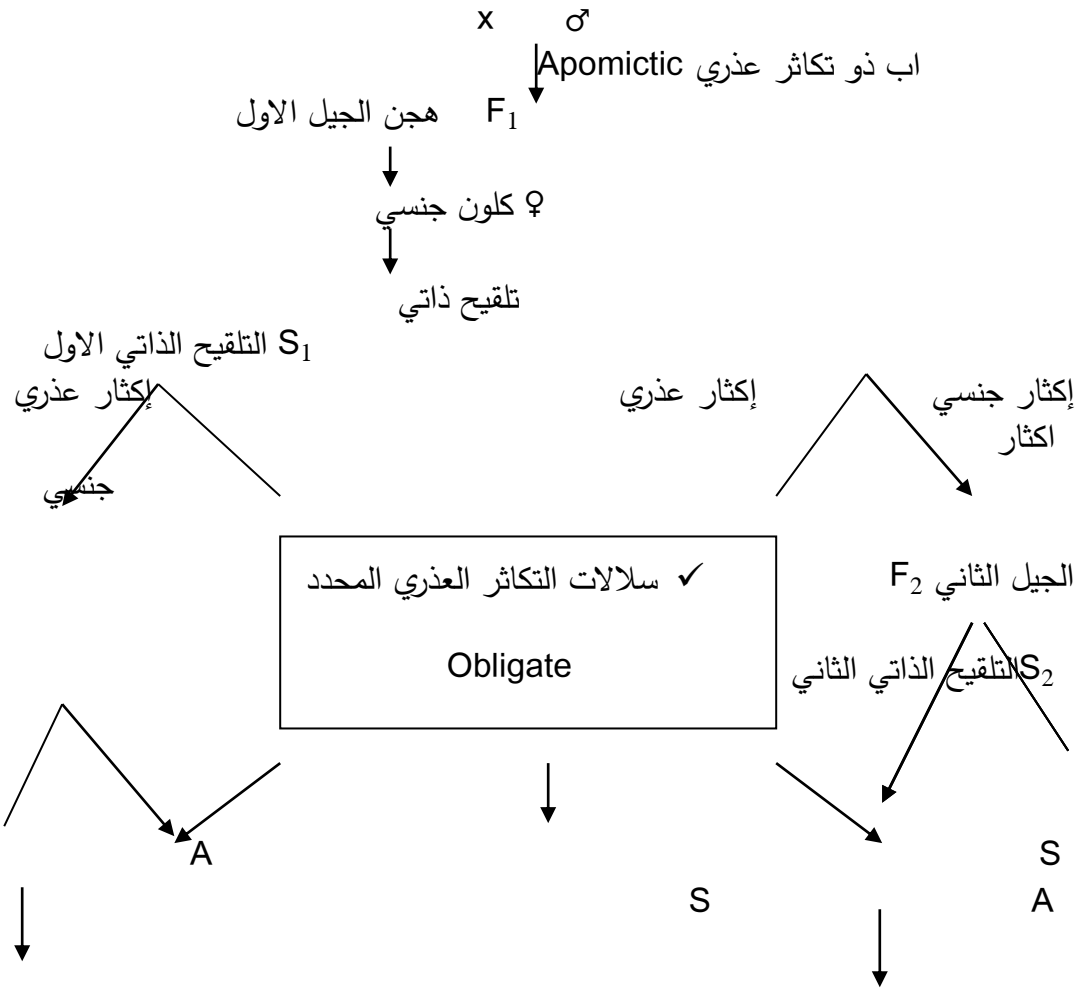
أ. تحسين مصادر التغاير الوراثي و
ب. تقييم النباتات (الكلونات) التي يتم الحصول عليها من المجتمع النباتي و
ت. مضاعفة وإكثار الأجزاء الخضرية او بذور التلقيح العذري للحصول على نباتات او بذور الانتاج التجاري.

مصادر التغاير الوراثي Source of Genetic Variability

هناك علاقة موجبة بين إنتاجية النباتات ومستوى الاختلاف الوراثي في أغلب ان لم يكن في كل الانواع النباتية التي تتكاثر لا جنسياً. بسبب هذه العلاقة، ينصب الاهتمام على تحسين مصادر التغاير الوراثي للحصول على اكثر ما يمكن من الاختلاف والتباعد الوراثي بين نباتات المجتمعات النباتية، بغية استثمارها في الانتاج التجاري للاصناف المتفوقة، إذ يضمن الإكثار اللاجنسي للنباتات الحفاظ على الإختلاف الوراثي، بل وتحسينه لدى مربي الانواع النباتية التي تتكاثر عذرياً، (الشكل، 20-3).

التزاوج بين الاصناف الشائعة Mating Between Current Cultivars

تعد برامج التهجين بين الاصناف الشائعة وبالتحديد المختلفة عن بعضها بالاساس الوراثي (صنف محلي x صنف مدخل أثبت تطبعه البيئي) وتمتلك كل مقومات القوة والاداء الانتاجي والز راعي من اكثر البرامج المتبعة في تطوير المجتمعات النباتية. ولما كانت نباتات الصنف المنزرع على درجة كبيرة من الاختلاف الوراثي، فان إجراء التهجين بين نباتات هذه الاصناف سيخلق مجتمعات نباتية انعزالية وتوليفات جينية واسعة تخدم برامج التربية لتطوير السلالات النقية المتفوقة الجديدة. يتم تقييم كلونات النباتات الناتجة من زراعة البذور الهجينة على انها صنف جديد بمواصفات وراثية وزراعية تختلف عن نباتات الابوين في الاصل. أوضح Warner (1953) أسلوباً جديداً لتطوير وتحسين مجتمعات قصب السكر في هاواي وأطلق عليه اسم **melting pot**، إذ ان النباتات الانثوية المستخدمة في التهجينات كانت مختلفة وراثياً وهي اصناف عقيمة ذكرياً وتم انتخابها للتهجين مع النباتات الذكرية التي تتميز بكونها أصناف منتخبة ذات خصوبة ذكرية عالية.



الشكل (20-3): طرائق التربية للحصول على اصناف من حشيشة buffel بالتكاثر العذري المحدد الكلون (A) وجينات التكاثر الجنسي المختلف وراثياً (نباتات التلقيح الذاتي S_n وهجن الجيل الاول والثاني F_n).

التضريب الرجعي Backcross

يستخدم التضريب الرجعي المحور modified backcrossing لتحسين المجتمع النباتي وضمان نقل الصفات المرغوبة من الاباء غير المرغوبة الى الصنف التجاري الشائع والذي يحمل الصفات المرغوبة في بيئة الهدف، إذ يتم تحوير اسلوب التضريب الرجعي التقليدي باستخدام اصناف مختلفة ولها صفات مرغوبة في كل تضريب رجعي (الشكل، 20-4). الهدف هو الحصول على مجتمع نباتي نختلف وراثياً وتمتلك نباتاته صفات مرغوبة تم نقلها من الاباء الشائعة والصفات المرغوبة الاخرى من الاب الواهب، يكن مراجعة الفصل السادس للاستزادة.

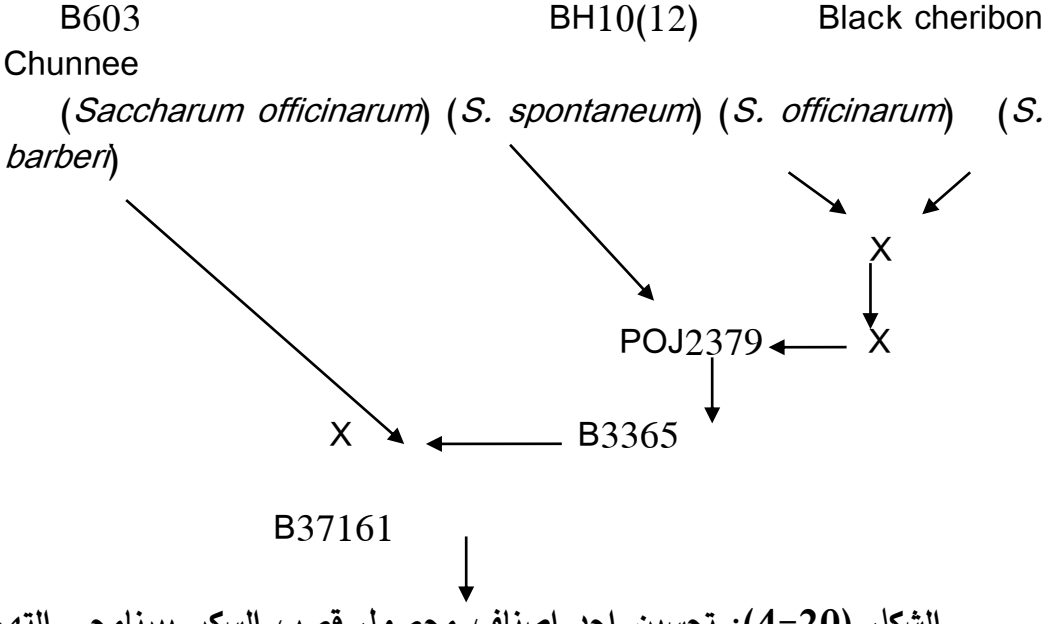
الانتخاب التكراري Recurrent Selection

يمكن لطرائق الانتخاب التكراري المستخدمة في إكثار وتحسين الانواع النباتية بالبذور في تحسين نباتات ألإكثار الخضري لمختلف الانواع النباتية. تعد طريقة الانتخاب التكراري المظهري (البسيط)، كما تم توصيفها في الفصل العاشر، الطريقة الكثر شيوعا في تحسين انواع الإكثار الخضري، إذ يمكن ان تزرع المجتمعات النباتية المحسنة بهذا الاسلوب كأصناف نباتية بشكل مباشر.

التهجينات المتباعدة Interspecific Hybridization

يمكن الحصول على نباتات هجينة تمثل مجتمع الانعزال في الاجيال اللاحقة من الهجن الناتجة من التلقيح بين الاجزاء الخضرية المختلفة وراثياً. يستخدم التضريب الرجعي المحور لنقل الصفة المرغوبة الى المجتمع الانعزالي من الانواع النباتية التي لايكون إستخدامها كفوءاً في الهجن الفردية لأبوين مختلفين.

استخدمت التهجينات المتباعدة بشك واسع في تربية محصول قصب السكرن وتم الحصول على اصناف تجارية حديثة ومتفوقة في صفاتها الزراعية والانتاجية من التهجين بين .L *Saccharum officinarum* و *Saccharum spontaneum* و/او *Saccharum barberi*، إذ تم توليف صفة محتوى السكر العالي للنوع *officinarum* مع النوعين*spontaneum* و *barberi* لصفات المقاومة لأحد المسببات المرضية وتحمل البرودة وقوة النمو growth vigor (الشكل، 20-4)،



الشكل (20-4): تحسين احد اصناف محصول قصب السكر ببرنامجي التهجين بين الانواع المتباعدة والتضريب الرجعي المحور للنوع *Saccharum officinarum*

التلقيح الذاتي في نباتات الصنف Self Pollination of a Cultivar

من المؤكد ان كل ألأصناف المنزرعة الناتجة من الإكثار الخضري تكون مماثلة وراثياً للنبات الاصل الذي اخذت منه، اي انها تحمل نفس التركيب (البنية) الوراثية للنبات الاصل، بغياب احتمال حدوث الطفرات التلقائية ومن ضمنها الكايميرا (راجع الفصل الثامن). وعليه، تكون هذه الاصناف تم على مستوى عالٍ من الاختلاف الوراثي فيما بينها عندما تلقح ذاتياً وتعطي مجتمعاً انعزالياً يمكن الاستفادة منه في برامج التربية والانتخاب. لا يستخدم التلقيح الذاتي لأستكشاف التركيبة الوراثية للمجتمع النباتي فقط، حيث التدهور الوراثي نتيجة التربية الداخلية والتي ينجم عنها تراكيب وراثية نقية او متماثلة وراثياً، بليتم من خلالها معرفة وتحديد قيمة الانعزالات الوراثية لكيما تستخدم كأصناف نباتية جديدة.

التزاوج بين السلالات الابوية النقية جزئياً Mating Among Partially Inbred Parents

تستنبط الاصناف التجارية المتفوقة بطرائق التهجين لأباء على مستويات مختلفة من النقاوة الوراثية في الانواع المكثرة خضرياً، وهو نفس الاسلوب المتبع في الحصول على بذور الهجن، اذ ان نباتات المجتمع الانعزالي تمثل سلالات نقية يتم الانتخاب بين هذه السلالات وضمن السلالة الواحدة، ثم تهجن مع الاجزاء الخضرية للنباتات المتفوقةن بحيث يمكن استخدامها اصنافاً جديدة بعد ذلك مباشرةً.

ألهدف من التربية الداخلية واجراء التلقيح الذاتي بكافة اشكاله هو ازالة الاليلات المتنحية غير المرغوبة والتي تعبر عن حالة التماثل الوراثي، كماهمال السلالات الحاملة للصفات غير المرغوبة، بينما يقيم أداء السلالات التي لها صفات زراعية ومظهرية جيدةن بتوليفها مع بعضها لإنتاج الهجن الممكنة منها. لا يفوتنا ان نذكّر باختلاف الاستجابة بين الانواع النباتية للتربية الداخلي وكذلك وجود نظم عدم التوافق الذاتي التي تعيق التلقيح الذاتي. من الامثلة الشائعة هو عدم حدوث الإخصاب في برامج تربية قصب السكر بالتربية الداخلية، وحصول الانخفاض في الاداء والسلوك الانتاجي والصفات الزراعية المختلفة، بالتالي عدم تكوَن النورات الزهرية الذكرية. تجدر الاشارة الى ان اصناف قصب السكر الناتجة من تربية منتخبات السلالات النقية، على وفق قدرتها العالية في انتاج النورات الذكرية، سيزيد من تكرار مادة التربية الحاملة للنورات الذكرية العالية الانتاج. تكون هذه الصفة غير مرغوبة في الاصناف التي تستخدم في أنظمة زراعة القصب لسنتين (Warner، 1953).

تقييم النباتات الفردية Evaluation of Individual Plants

يتم تقييم النباتات وفق اسس الاختبار للنبات الواحد او نباتات اللوح للكلونات وبمكررات او بمكرر واحد، أذ يمكن إكثار النبات او الكلون المتفوق في صفاته الزراعية والانتاجية خضرياً وبطريقة سريعة لأجل اعتماده كصنف تجاري، حيث ان مربي النبات هنا لا يحتاج الى تقييم التركيب الوراثي للنبات بطرائق تقييم النسل او غيرها.

يتضمن تقييم الكلونات لتكون أصنافاً تجارية تتكاثر بطريقة عذرية apomictic Cultivars معرفة مستوى التكاثر الجنسي للحصول على توليفات وراثية لتحسين المجتمع النباتي، فالانعزالات الوراثية الناتجة عن التكاثر العذري فقط هي التي يمكن ان تكون أصنافاً ذات قدرة وأداء جيدين (الشكل، 20-3). تستخدم الاختبارات الخلوية لتحديد اسلوب التكاثر(Bahaw، 1980)، إذ تبين ان اختبارات النسل للنباتات الناتجة من التكاثر العذري هي التي تعطي نسلاً انعزالياً من نباتات التكاثر الجنسي.

تقيَم القدرة الوراثية للكلونات باعتبارها نباتات فردية او لوح كلونات، حيث يفيد الانتخاب الفردي للنباتات، وخصوصاً للصفات عالية التوريث والتي لا تتأثر بدرجة كبيرة بالبيئة. اما طرائق اختبار الالواح الكررة او بمكرر واحد، فانها تفيد في الانتخاب للصفات الكمية التي لها درجة توريث متوسطة او واطئة. ندرج في ادناه مثالاً للانتخاب في الانواع النباتية التي تتكاثر لا جنسياً وكما أوضحه Martin (1978) لمحصول البطاطا.

بعد الحصول على البذور من التهجين الاصطناعي والطبيعي natural and artificial hybridization، تزرع البذور الهجينة في الحقل وتتم اصابتها بالمسبب الفطري *Streptomyces scabies* وتحصد في نهاية الموسمكل الدرنات من النباتات بطريقة تجميعية ومن دون الفصل بين درنات اي نبات عن الاخر. تجرى سلسلة عمليات التنقية والتقييم لتحديد الدرنات المتفوقة وكما يلي:

أ. تغسل الدرنات وتمرر عبر حمام ملحي salt bath، إذ تزال من خلاله كل الدرنات التي لها ثقل نوعي واطىء low specific gravity والنمو المنغلق growth cracks والدرنات المشوهة malformation وذات الاغلفة المتضررة scab lesions.

ب. تحفظ الدرنات المنتخبة الي تفوقت في الاختبار الاول في مشبكات او حاويات جيدة التهوية وعلى درجة حرارة 10-15° م ورطوبة نسبية واطئةن اذ يتم التعرف على الدرنات ضعيفة الخزن، اي الدرنات التي لا تتحمل الخزن لفترة طويلة، فتستبعد من الخزين.

ت. يتم تقطيع الدرنات التي بقيت محافظة على وضعها وادائها الطبيعي بعد اختبارات الخزن، وتستبعد قطع الدرنات غير المرغوبة وغير السليمة.

تعتمد شدة الانتخاب الذي قدمه Martin (1978) على عدد الدرنات التي ينتجها كل نبات مزروع وعلى عدد الدرنات التي يتم قلعها يدوياً في كل مرحلة من مراحل برنامج الغربلة والانتخاب. يتمثل الهدف من هذا البرنامج بإنتخاب 5000-8000 درنة متفوقة في مواصفاتها الكمية والنوعية ليتم حفظها حتى موسم الزراعة القادم، وان إختبار الكلوناتقد تم استخدامه هنا في تقييم كل درنة (كلون) منتخب على اساس الانتاجية كصنف نباتي.

يؤخذ في الحسبان حجم اللوح التجريبي والممارسات الزراعية ومسافات الزراعة وكل عمليات خدمة وادارة المحصول او النوع النباتي في تجارب تقييم الاكثار الخضري. استخدم Burton (1947) اساليب مختلفة وعديدة لتقيية لتقييم كلونات حشيشة برمودا، لتحسين الصنف Coastal، إذ انتخب 128 نبات من أصل 5000 نبات مزرروع في الحقل، كما اختبر الكلونات لتقييم منتخباته، وكما يلي:

الخطوة الاولى: زرعت كلونات 128 بادرة بثلاثة مكرراتفي أصص (سنادين) بالبيت الزجاجي وتم تقييمها لمختلف الصفات.

الخطوة الثانية: زرعت نباتات كل أصيص في مركز كل لوح تجريبي ابعاده 7.3 x 1.2 متر في الحقل، إذ توفرت 3 أصص من كل كلون (ثلاث مكررات) من نباتات الظلة. تم نشر نموات نباتات مركز اللوح بالنموات الممتدة على الارض، بحيث غطت كل مساحة اللوح التجريبي، واخذت القراءات والقياسات لأهم الصفات لكل نوع نباتي في الالواح التجريبية ولثمان سنوات.

الخطوة الثالثة: بعد سنتين من تقييم نباتات الالواح التجريبية في الخطوه الثانية، تم تنفيذ تجربتين استخدمت في زراعتها ألأجزاء الخضرية التكاثر وكما ف أدناه:

أ. تزرع خسة من احسن الكلونات بكررين في ا لواح تجريبية مساحتها 405 م^2 ويقيم اداء تلك الالواح على اساس الحاصل المتحقق والتركيب الكيميائين من دون اعطاء اي سماد للتجربة.

ب. تزرع 9 كلونات بمكررين في الواح تجريبية أبعادها 9.1 x 18.2 م لأجل الرعي، إذ يراد تحديد درجة الاستساغة لكل كلون، على اساس مشاهدة الافضلية لتغذية المواشي.

الخطوة الرابعة: بعد سنتين من تثبيت النتائج للالواح التجريبية (للخطوة الثالثة)، يتم زراعة الكلونات التسعة في الواح تجريبية بابعاد 1.8 x 5.5 م وباربعة مكررات، لتقييم الاستجابة للرعي الجائر من خلال تكرار القطع او الحش بالماور (power mower).

الإكثار التجاري Commercial Propagation

إن منع التلوث بالمسببات المرضية وازالة النباتات الشاردة والغريبة التي تنتج ربما من حدوث الطفرات من اهم الشروط في الإكثار الخضري للاصناف، ام الاصابة الفيروسية فلها خصوصية كبيرة في الكثير من الانواع النباتية. اختص بعض مربي ومنتجي نباتات الإكثار الخضري بالانتخاب والإنتاج التجاري لنباتات الإكثار العذري الخالي من المسببات الفيروسية. من الضروري الاهتمام في عدم حدوث الخلط الميكانيكي للبذور مع الاصناف الاخرى في اثناء الحصاد او بعده، وان غياب التكاثر الجنسي يلغي الحاجة الى اجراءات العزل لمنع التلقيح الخلطي.

لأصناف التكاثر العذري الاختياري facultative apomicts بعض الاختلاف الوراثي بسبب ظهور كميات محددة من نباتات التكاثر الجنسي. يتوجب على مربي النبات ان يقدم توصيفاً لنوع ومدى التغاير في الصنف الذي يتعامل معه، مثلما تؤثر الظروف البيئية في حالة التكاثر عند مختلف ظروف الانتاج التجاري (Bashaw،.1980).

فوائد ومساوىء تربية نباتات التكاثر الخضري Advantages and Disadvantages of Asexually Propagated Plants

الفوائد واهمها ثلاث هي:

1. ثبوت التركيب الوراثي والمظهري لنباتات التكاثر الخضري، وامكانية المحافظة على استقرار ادائها لعدم وجود مشكلة الانعزال او التدهور الوراثي، حيث بقاء التركيب الوراثي محافظاً على اصله.
2. امكانية الحصول على اختلافات واسعة بتطبيق طرائق التهجين بين الكلونات المختلفة وراثياً.
3. تسخير بعض المزايا والصفات الوراثية الجيدة في تربية مثل هذه النباتات واستغلال ظاهرة التهجن وتحقيق قوة الهجين في هجن الكلونات.

اما مساوىء تربية نباتات التكاثر الخضري فهي:

1. عدم إكانية الحصول على اختلافات وراثية جديدة نتيجة تربية الكلونات دون تداخلاتها مع الطرائق الاخرى.
2. صعوبة او عدم جدوى إستخدام هذه الطرائق في تربية النباتات التي تتكاثر جنسياً بسهولة.

أهم المراجع:

- Barcaccia, G .; and E. Albertini. 2013. Apomixis in plant reproduction: a novel perspective on an old dilemma. Plant Reprod. 26(3):159–179.
- Bashaw, E. C. 1980. Apomixes and its application for crop improvement. PP. 45-63. In W.R. Fehr and h. H. Hadley (eds.). Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy. Madison, WI., USA.
- Burton, G. W. 1947. Breeding Bermuda grass for southeastern United States. J. Am. Soc. Agron. 39:551-569.
- Dwivedi, S. L. ; and H. D. Updhyaya; H. T. Stalker; M. W. Blair; D. J. Bertioli; S. Nielen; and R. Ortiz. 2008. Enhancing crop gene pools with beneficial traits using wiled relatives. In J. Janick (ed.). Plant-breeding reviews. Vol30, Purdue University. John Wiley & Sons, Inc.
- Grossniklaus, U. 2019. Plant Development and Evolution. Vol. 131. 1st ed. Elsever Inc. AP academic Press.
- Koltunov, A. M. 1993. Apomixis: Embryo sacs and embryos formed without meiosis or fertilization in ovules. The Plant Cell 5(10)1425-1437.
- Martin, M. W. 1978. Use of mass selection in early stages of Potato breeding. Am. Pot. J. 55:386.
- Martinez, G. L.; and J. P. Viella- Calzada. 2019. Apomixes in flowering plants: Developmental and evolutionary considerations. Pp. 566-604. In U. Grossniklaus (ed.). Plant Development and Evolution. Vol. 131. 1st ed. Elsevier Inc. AP Press.
- Stevenson, G. C. 1965. Genetics and breeding of sugarcane> Longmans, Green and Co., London.
- Taliaferro, C. M.; and E. C. Bashaw. 1966. Inheritance and control of obligate apomixes im breeding buffelgrass, *Pennisetum cilare*. Crop Sci. 6:473-476.
- Warner, J. N. 1953. The evolution of < philosophy on sugarcane breeding in Hawaii. How. Plt. Res. 45:139-162.

الفهرست

الفصل	الموضوع	الصفحة
	- مقدمة	7
الاول	– تاريخ علم تربية النبات	9
	- أصل الانواع	14
	- أهم المراجع	16
الثاني	– إدخال البذور والنباتات والاختلاف الوراثي	17
	- أصل التباين (التغاير) الوراثي في الطبيعة	17
	- كيفية إكتساب نباتات ألإدخال	19
	- جمع ألأصول (الجبل الوراثية)	19
	- تبادل الموارد الوراثية	22
	- إهداء وشراء الموارد الوراثية	23
	- صيانة وتوزيع الموارد الوراثية	24
	- تقييم الموارد الوراثية المدخلة	25
	- البنوك الوراثية عالمياً	26
	- مثال – البنك الوراثي العراقي	29
	- إتفاقية سايتس	32
	- ألأهداف المتوخاة	33
	- مقترحات تطوير البنوك الوراثية العربية	34
	- مهام البنوك الوراثية المتخصصة	34
	- البنوك الوراثية والمعلوماتية	34
	- فوائد الادخال النباتي	35
	- مخاطر عدم كفاية الإختلاف الوراثي	38
	- تحسين الصفات الكمية	40
	- مخاطر التنميط الوراثي	40
	- محددات التحسين الوراثي	41
	- تقليل التلف الوراثي الى الحدود الدنيا 42	
	- أهم المراجع	42

الثالث – إنتخاب الاباء 45
- الصفات التي يراد تحسينها 45
- توارث الصفات المراد تحسينها 46
- مصادر التراكيب الوراثية الأبوية 48
- قبول سلالات التربية التي لها صفة او عدد قليل من الصفات المتفوقة 49
- الانواع النباتية المرتبطة 49
- دور التقنيات الحديثة في تربية وتحسين النبات 50
- امكانية مساهمة التحليل الوراثي في تحسين القدرة الانتاجية.... 51
- مقارنة الخرائط والتحليل الوراثي للقمح 52
- إستغلال التغاير الوراثي في تطبيع القمح 53
- مساهمة انظمة الاحاديات في تربية القمح 57
- أهم المراجع 59
الرابع – أنواع الاصناف المنزرعة 63
- غربلة الاباء استناداً للبيانات المظهرية 66
- التطبع والاستقرار 67
- التهجين التبادلي 69
- الهجن القمية 69
- معلمات (مؤشرات) الدنا 70
- انواع الاصناف المنزرعة 70
* أصناف السلالات النقية 71
* أصناف مفتوحة التلقيح 71
* أصناف الهجن 72
* أصناف الجيل الثاني 72
* الاصنااف التركيبية 75
* أصناف متعددة السلالات 75
* مجتمعات التلقيح المركب 75
* الاصناف المهجنة مع الاقارب البرية 76
* أصناف الإكثار الخضري 76
* ألاصناف ثنائية الحول 76
* ألاصناف المعمرة 76
– أهم المراجع 77

الخامس – استخدام نباتات الانواع البرية في تربية النبات 81
- 1. الحنطة..... 82
- 2. الشعير 85
- 3. الرز..... 85
- 4. الحمص..... 86
- 5. الطماطة..... 86
- 6. البطاطا..... 87
- أهم المراجع 90
السادس – تربية المحاصيل لمقاومة الافات 95
- انواع المقاومة 96
- المقاومة لتوطن المسببات المرضية 98
- المقاومة للمسبب المرضي المتوطن 98
- تحمل الإصابة 99
- التداخل (التفاعل) بين النبات والآفة 100
- ثبات صفة المقاومة 101
- قواعد تربية النبات لمقاومة الآفات 102
- إنتاج الاصناف المقاومة 102
- التربية للحصول على المقاومة المحددة 102
- الاصناف الحاوية على الجينات الرئيسة المنفردة 103
- أصناف متعددة السلالات 103
- البناء الهرمي للمقاومة 104
- أصناف متماثلة التركيب الوراثي 105
- التربية لأغراض المقاومة العامة (الافقية) 106
- تربية المحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح لمقاومة الآفات 107
- تطفير المسببات المرضية لأغراض التربية 107
- التربية لمقاومة الاصداء في الحنطة 108
- تأثير المسبب المرضي 110
- التربية لمقاومة الاصداء 110

- انواع المقاومة الوراثية للحنطة ضد مسببات الاصداء 111
- التحليل الوراثي للمقاومة 113
- ستراتيجيات التربية لمقاومة الفايروسات النباتية 114
- مقاومة الامراض الفيروسية 117
- استخدام ألاناف المقاومة لمسببات ألإصابة بالفيرس 117
- انواع واجناس الفيروسات النباتية 119
- تربية النبات لمقاومة الامراض الفيروسية 119
- التربية لمقاومة فايرس من نوع *Potyvirus* 120
- التقدم في تربية النباتات البستنية لمقاومة الامراض الفيروسية.. 120
- أهم امراجع 122

السابع – التهجين الرجعي 125
- الشروط الواجب توفرها في أباء الهجين الرجعي 125
- الاسس الوراثية المطلوبة في برامج التهجين الرجعي 130
- إنتخاب الاب الانثوي 130
- إحتمال نقل الجينات المرغوبة 130
- استعادة الجينات من الاب التكراري 132
- الحفاظ على الاختلاف الوراثي للاب التكراري 136
- التضريب الرجعي للصفات الكمية 136
- عدد التضريبات الرجعية 139
- نقل عدة صفات مرغوبة 140
- أهم المراجع 142

الثامن – تربية الطفرات 143
- التشعيع 144
- الجرعة الاشعاعية 144
- الجرعة المميتة 144
- الطفرة الوراثية 145
- أهداف تبية الطفرات 145
- وسائل التطفير 146

- الاشعاع 146
- الاشعة السينية 147
- إشعاعات كاما 147
- النيوترونات 148
- أشعة بيتا 148
- الأشعة فوق البنفسجية 149
- الجرع المستخدمة ومعدلاتها 150
- المطفرات الكيميائية 150
- ألاسلوب العام في برامج تربية الطفرات 150
  - إعداد المادة النباتية للمعاملة بالمطفر 155
- العوامل المؤثرة والمرافقة لعملية التطفير 156
  - كمية ومعدل الجرعة 157
  - الانواع النباتية والتراكيب الوراثية..... 157
  - مستوى الاوكسجين 157
  - المحتوى المائي 158
  - الحرارة 158
- الاحتياطات الواجب إتخاذها عند استخدام المطفرات 159
- عدد البذور التي يجب معاملتها 159
- عمليات ما بعد المعاملة بالمطفر 160
- التغيرات المظهرية في النباتات بعد التشعيع..... 160
- انواع الطفرات 161
- زراعة البذور المعاملة بالمطفر 163
- حصاد الجيل التطفيري الاول 163
- طرائق التربية للاجيال التطفيرية 165
- الادارة الحقلية للجيل التطفيري الثاني 166
- حجم مجتمع بذور الجيل التطفيري الثاني 167
- كفاءة المطفر وتأثيره 169

- طرائق الانتخاب في الجيل التطفيري الثاني 170
  - طريقة الانتخاب المظهري (المرئي) 170
  - الطرائق الفيزيائية (الآلية) 170
  - طرائق الانتخاب الاخرى 171
  - طريقة النسب 171
  - الطريقة البلكية 172
  - سلالة الجين الفردي 176
- اختبار الاجيال المبكرة 177
- استخدام الجرع الاشعاعية المنخفضة 178
- أنتخاب الطفرات المفيدة في محاصيل ذاتية التلقيح 177
- تربية الطفرات لحاصل البذور 177
- تربية الطفرات لمقاومة الامراض 178
- تربية الطفرات للتبكير بالتزهير 179
- تربية الطفرات لتحسين الصفات النوعية والتغذوية 180
- تربية الطفرات المتقزمة 182
- تربية الطفرات لمقاومة الاضطجاع 183
- تربية الطفرات العقيمة ذكرياً 182
- تربية الطفرات المقاومة للشد غير الحياتي 183
- تربية الطفرات باستخدام التقنيات الحياتية 184
- استحداث الطفرات في التربية على المستوى الجزيئي..... 184
- معرفة وتقييم وتوثيق الطفرات 185
- أهم المراجع 188

التاسع – صناعة المجتمعات النباتية بالتهجين 192
- انواع المجتمعات النباتية 192
- مجتمع السلالة (الخط) النقية 192
- مجتمع الابوين 192
- المجتمع ثلاثي الاباء 193

- مجتمع التضريب الرجعي 193
- المجتمع رباعي الاباء 194
- المجتمع النباتي التركيبي 194
- المجتمعات المعقدة التركيب الوراثي 194
- مجتمعات الاصناف متعددة السلالات 196
- أسس تكوين المجتمع النباتي المعقد 196
- توليفة الأليلات الابوية 197
- عدد الاباء المستخدمة 199
- المشاركة الوراثية لكل أب 199
- الوقت المتاح 200
- الأساليب المستخدمة فيتكوين المجتمعات النباتية المعقدة 200
  - الهجن المجمعة 201
  - تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة 201
  - تصميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة بدون الهجن التبادلية والتلقيح الذاتي..... 202
  - تصميم التزاوج بالاحتمالات الجزئية 203
  - توليفات تصاميم التزاوج بكافة الاحتمالات الممكنة الكلية والجزئية 203
  - تزاوج الاباء غير المرتفقة (المزدوجة) 205
  - تزاوج الاباء المرتفقة (المزدوجة) 205
  - شبيه المربع اللاتيني 206
  - الاباء التجميعية 208
  - تصميم التزاوج لجزء من الاحتمالات الممكنة والتزاوجات الاقل انتظاماً..... 210

* ترتيب الاباء 212

– أهم المراجع 215

العاشر – الانتخاب التكراري 217

- تطوير المجتمع النباتي الاصلي 217
- تقييم الافراد في المجتمع النباتي 218

- طرق التحسين ضمن المجتمع النباتي 220
1. الانتخاب التكراري المظهري 220
– طريقة Jenkis 223
– طريقة Graham 224
– طريقة Bennett 225
2. انتخاب نصف الاخوة التكراري 228
– المجتمع النباتي كفاحص وانتخاب الأب الأنثوي
واستخدام بذور نصف أخوية في التزاوج..... 230
– المجتمع النباتي كفاحص والانتخاب للنباتات الذكرية
والانثويه واجراء التزاوج باستخدام بذور نصف
الاخوة..... 233
– الفاحص من غير المجتمع النباتي وانتخاب الاباء
الذكرية والانثوية مع استخدام بذور التلقيح الذاتي
في التزاوج بين افراد المجتمع لنباتي..... 235
3. الانتخاب التكراري للاخوة 236
4. الانتخاب التكراري بين العوائل النباتية الملقحة ذاتياً..... 238
- طرق التحسين الوراثي بين المجتمعات النباتية 240
• انتخاب نصف الاخوة المتبادل 240
• انتخاب الاخوة المتبادل 243
- أهم المراجع 247
الحادي عشر – الاختبارات المبكرة للاجيال 249
– تطوير اصناف ذاتية التلقيح 250
- تطوير السلالات المستنبطة من الاجيال المبكرة..... 251
- تحسين السلالات لإستخدامها في اصناف الهجن او
الاصناف التركيبية 254
- علاقة اختبار الاجيال المبكرة بالانتخاب التكراري..... 258
- الاعتبارات الوراثية 258
- مميزات اختبار الاجيال المبكرة 259
- أهم المراجع 259
الثاني عشر – ستراتيجية التربية وافضل تحسين وراثي 261
– التغاير المظهري 263
- التحكم بالاباء 234
- تقدير قيم معادلة التنبؤ 266
- التباين الوراثي 266

- شدة الانتخاب 270
- السنين 271
- التباين بين الالواح التجريبية وضمن اللوح التجريبي الواحد.. 271
- التباين البيئي بين النباتات ضمن الالواح التجريبية..... 272
- التباين بين النباتات ضمن الالواح التجريبية..... 273
- مقارنة بين طرائق التربية المختلفة 274
- حساب التحصيل الوراثي 275
- سنوات الدورة الانتخابية 283
- شدة الانتخاب 284
- التحكم في الاباء 286
- التباين الوراثي 287
  - الاختلاف الوراثي للاباء 287
  - كمية التربية الداخلية قبل التقييم 287
  - عدد اجيال التزاوج بين دورات الانتخاب 288
- التباين داخل اللوح التجريبي 288
- التباين بين الالواح التجريبية 289
- الخطأ التجريبي 290
- تداخل الوراثة – البيئة 290
- الانتخاب غير المباشر 291
- الارتباط الوراثي بين الصفات 292
- شدة الانتخاب 293
- توريث الصفة 293
- التربية باستخدام الانموذج النباتي 294
- أهم المراجع 295

الثالث عشر – معرفة انعزالات المجتمع النباتي 297
– الاصناف الطبيعية او الاصاف مفتوحة التلقيح 297
- الانتخاب الكاميتي (انتخاب الامشاج) 298
- التهجين بين السلالات النقية 300

- الاختلاف الوراثي بين التراكيب الوراثية 300
- العلاقة بين الوراثة والسايتوبلازم 300
- خطوات انتاج الهجين باستخدام العقم الذكري
السايتوبلازمي 301
- انتاج بذور الهجن 302
- الاعتبارات المهمة لإستخدام العقم الذكري
- – السايتوبلازمي 306
  - الاباء الذكرية 306
  - الاباء الانثوية 306
- الحصول على المجتمعات النباتية من الانتخاب
التكراري 309
- التربية الداخلية للمجتمع النباتي 311
اولاً: كمية التربية الداخلية 311
ثانياً: طرائق التربية الداخلية 312
ثالثاً: تقييم قابلية التآلف 313
  - قابلية التآلف العامة 313
  - قابلية التآلف الخاصة 315
- التنبؤ باداء الهجن الثلاثية والزوجية 316
- تحسين السلالات النقية بالتضريب الرجعي 318
- أهم المراجع 320

الرابع عشر – العقم في النبات 323
– انواع العقم ومميزاته 326
- العقم الذكري الوظيفي 326
- العقم الذكري الحقيقي 327
- العقم الذكري الموضعي 327
أ. العقم الذكري الوراثي 328
ب. العقم الذكري الوراثي – السايتوبلازمي 329
ت. العقم الذكري السايتوبلازمي 329
– تفسيرالطريقة المتبعة من قبل Briggs (1971).... 330
– عيوب العقم الذكري السايتوبلازمي 333
– التربية للجينات المجددة للخصوبة الذكرية 334
أ. سلالة واحدة عقيمة ذكرياً وبدون جينات الخصوبة.335

ب. سلالة واحدة عقيمة ذكرياً مع سلالة او سلالتين تحوي جينات الخصوبة 336
ت. سلالتان عقيمتان ذكرياً وسلالة واحدة تحوي جينات الخصوبة الذكرية 337
- الانظمة الكروموسومية (الكروموسوموجينية) 337
- العقم الذكري السايتوبلازم للاستعاضة عن قطع النورات
- كيفية حدوث العقم الذكري 340
- تحليل العقم الذكري السايتوبلازمي بدمج البروتوبلاست 343
- العقم والطفرات 345
- أهم المراجع 348
الخامس عشر – الاسس الوراثية والفسيولوجية والكيموحياتية للتهجن ... 355
– حدوث التهجن وتقييمه 362
- ظهور التهجن 364
- نظريات التهجن 365
أ. نظرية التغلب 366
ب. نظرية فوق التغلب 367
ت. نظريةالملامح الفسيولوجية..... 369
ث. المكملات على المستوى الخلوي وتحت الخلوي 370
ج. توازن التفاعلات الايضية (التوازن الايضي) . 370
الهورمونات والعوامل الاخرى 371
- التحليل الوراثي والفسيولوجي للتهجن 372
أ. التهجن في ارتفاع النبات 372
ب. التهجن في المساحة الورقية 375
ت. التهجن في انتاج المادة الجافة 376
ث. التهجن ف معدل البناء الضوئي 378
التهجن في نمو الجذور وامتصاص الاملاح وسحب المغذيات 379
ج. التهجن في موعد التزهير 380
ح. التهجن في الحاصل 381
– التهجين التبادلي 384
– الهجن القمية 386
1. مكونات حاصل القمح..... 388
2. مكونات الحاصل في الذرة..... 389
3. مكونات الحاصل في الذرة البيضاء (السورجم).... 390
4. التهجن في المحاصيل الزراعية الاخرى..... 392
– تحليل الحاصل في الهجن التي حدث بها غزارة هجينية .393
– أهم المراجع 394

السادس عشر – الوراثة الكمية – ونتائج حققتها التجارب الحقلية 401
– التغاير الوراثي 402
- الفكرة الاساسية 402
- تقدير الفعل الجيني 404
اولاً: طرائق تعتمد على مصادر الاختلاف في جدول
تحليل التباين 404
1. طريقة Robinson واخرون (1955) .404
2. طريقة Griffing (1956)..... 404
3. طريقة Gardner (1963)..... 405
ثانياً: طرائق تعتمد على المتوسط الحسابي 405
1. انموذج Anderson و Kempthorne (1954)..
2. انموذج Hayman (1958)..... 405
ثالثاً: طرائق تقدير معدل درجة السيادة 406
1. طريقة Comstock و Robinson (1948) .406
2. طريقة Mather (1948)..... 406
3. طريقة Robinson (1949)..... 406
4. طريقة Gardner (1953)..... 406
– حالات درجة السيادة 406
– التدهور الوراثي 407
تقدير عدد الجينات 407
1. طريقة Burton (1951)..... 408
2. طريقة Wright (1952)..... 408
3. طريقة Lande (1981)..... 408
– التوريث 409
– طرائق تقدير التوريث 411
1. طريقة Lush (1940)..... 411
2. طريقة Lush (1943)..... 411
3. طريقة Lush (1949)..... 411
4. طريقة Mather (1949)..... 411
5. طريقة Robinson واخرون (1949)..... 412
6. طريقة Burton (1951)..... 412
7. طريقة Mahmud وkramer (1940)..... 413
8. طريقة Smith (1952)..... 413
9. طريقة Warner (1952)..... 413
10. طريقة weber و Moorthy (1952).... 413
11. طريقة Hanson واخرون (1956).....413
12. طريقة Crumpacker و Allard (1962).413
13. طريقة Hanson (1963)..... 414
14. طريقة Martin و Wilcox (1973)..... 414
15. طريقة Fick (1975)..... 414
16. طريقة Singh و Chaudhary (1977).... 414

17. طريقة kassem (1978)..... 414
18. طريقة Falconer (1981)..... 415
19. طريقة khalifa واخرون (1982)..... 415
20. طريقة Singh و Chaudhary (1985)... 415
21. طريقة Nyquist (1991)..... 415
22. طريقة Resende و Higa (1994)..... 416
23. طريقة Kearsey و Pooni (1996)..... 416
24. طريقة Holland واخرون (2003)..... 416
– الانتخاب والاستجابة للانتخاب 417
– التقدير التجريبي للتباين الوراثي في انواه المحاصيل 418
– تفاعل (تداخل) الوراثة – البيئة 419
– قياس تداخل الوراثة – البيئة 424
– تقييم الاستقرار الوراثي 425
– التطبع والاستقرار 426
– تأثير الأم 430
– الاستجابة للانتخاب 432
– التغايرات الوراثية والاستجابة المتوقعة 433
– تقييم تجارب أساليب الانتخاب 434
اولاً: الاستجابة للانتخاب ضمن المجتمع النباتي 434
ثانياً: الاستجابة للانتخاب بينالمجتمعات النباتية 435
ثالثاً: تأثير الانتخاب في التغاير الوراثي 435
رابعاً: ارتباط الاستجابة للانتخاب ودليل الانتخاب 436
- الاستنتاجات من الوراثة الكمية لطرائق التربية..... 438
- اهداف التربية 438
- تطور المادة الوراثية بالتربية والتحسين 438
- الاختبار والتقييم 439
- صنع القرار في تربية النبات استناداً الى الاحصاء الوراثي 440
- أهم المراجع 440
السابع عشر – التهجينات المتباعدة 449
– تقنيات نقل الجين 450
- تأمين الحصول على البذور والنباتات الخصبة 450
- معوقات الاخصاب 451
1. انتخاب الاباء..... 451
2. التهجينات المتبادلة..... 452
3. تحوير مستويات التضاعف..... 452
4. خليط حبوب اللقاح..... 453
5. تحويرات المدقة..... 453

6. المعاملات الكيميائية للمدقو او حبوب اللقاح.453
7. التزاوجات واسعة النطاق..... 454
8. تقنية دمج البروتوبلاست..... 454
9. منع اجهاض الازهار والثمار..... 455
10. فشل تطور البذور الهجينة..... 455
– أهم المراجع 456
الثامن عشر – استحصال السلالات المتماثلة من مضاعفة نباتات احادية المجموعة الكروموسومية 457
- ظهور النباتات الاحادية بصورة طبيعية 457
- الحصول على النباتات الاحادية..... 457
أ. الحصول على النباتات الاحادية من الاباء الانثوية 457
ب. الحصول على النباتات الاحادية (المشتقة) من الاباء الذكرية 460
ت. تعدد الاجنة 462
ث. الحصول على النباتات الاحادية من التهجينات المتباعدة بين الانواع والاجناس 462
تداخلات النواة – السايتوبلازم 462
ج. الحصول على النباتات الاحادية من زراعة المتوك او حبوب اللقاح 463
- نباتات الاصل 466
- مراحل تطور المتوك 466
- بيئة الزراعة 467
- الحصول على نباتات ثنائية المجموعة الكروموسومية 467
- محاسن ومساوىء استخدام النباتات الاحادية 468
- أهم المراجع 469
التاسع عشر – الاسس الوراثية وتطبيقات تربية تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة
– الاساس الوراثي 471
- تغايرات جينات السايتوبلازم 472
- إعادة ترتيب الكروموسومات 472
- العبور الوراثي الميتوزي 472
- التعبير الجيني 472
- عدد النسخ 473
- نشاط العناصر المنتقلة (القافزة) 473
- التغيرات الدقيقة في النسيج النباتي 473

- الفوائد المستنبطة من تغايرات الخلايا الجسمية المكلونة 475
1. الغربلة..... 475
2. الكلونة..... 475
3. الاصناف الجديدة 476
4. انتخاب الخلايا..... 476
– التطبيقات المستقبلية 477
– أهم امراجع 477
العشرون – تحسين اصناف التكاث الخضري 479
- أهمية ألتكاثر العذري في النبات 479
- فوئد ألتكاثر العذري 481
- مصادر الجينات المتحكمة بالتكاثر العذري 482
- مقاييس ألتكاثر العذري 483
- استخدام ألتكاثر العذري في تربية النبات 483
- أهمية ألتكاثر العذري في تربية النبات 484
- مصادر التغاير الوراثي 485
- التزاوج بين الاصناف الشائعة 485
- التضريب الرجعي 486
- الانتخاب التكراري..... 487
- التهجينات المتباعدة 487
- التلقيح لذاتي في نباتات الصنف 488
- التزاوج بين السلالات الابوية النقية جزئياً 488
- تقييم النباتات الفردية 488
- الاكثار التجاري 491
- فوائد ومساوىء تربية نباتات التكاثر الخضري 491
- أهم المراجع 491
- الفهرست 492

تم بعون الله

السيرة الذاتية

– الاسم: ضياء بطرس يوسف – اللقب العلمي والوظيفي: رئيس باحثين علميين (استاذ) وبدرجة خبير – الجنسية: عراقية – مكان وتاريخ الولادة: العراق –نينوى 1959/2/2 – البريد الاكتروني: dpyousif @yahoo.com – اللغات التي يجيدها : العربية والانكليزية .

– دكتوراه علوم زراعية، وراثة وتربية النبات، قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة/ جامعة بغداد، (1997).

– ماجستير علوم زراعية، الانتاج النباتي، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة/ جامعة بغداد (1987).

– بكالوريوس علوم زراعية، المحاصيل الحقلية، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة والغابات/ جامعة الموصل (1981).

–الوظائف التي شغلتها: مدير قسم تربية النبات (1998–2005)، مدير مركز بحوث وراثة وتربية النبات (2005–2016)، معاون مدير عام دائرة البحوث الزراعية والبيولوجية (2018–2019)، ثم احالة على التقاعد في 31/ 12/ 2019.

–أهم النشاطات العلمية

1– قيادة مشاريع تربية الذرة الصفراء والقمح الطري (حنطة الخبز)، والقمح القاسي (حنطة المكرونة)، وزهرة الشمس والقمح الشيلمي. 2– استنباط اصناف من الذرة الصفراء والذرة الشامية وحنطة الخبز والمعكرونة والقمح الشيلمي (التريتيكيل) وزهرة الشمس، وشهادة دبلوم من المركز العالمي لتحسين الذرة الصفراء والقمح، بصفة عالم زائر في مايو (ايار)/ 2000 والوكالة الدوليه للطاقة الذرية ومركز ايكاردا للبحوث الزراعية في المناطق الجافة.

3– استشاري، لكل من مركز الربيع للبحوث الزراعية والغذائية، وزارة الصناعة والمعادن، والشركة الشرقية ومحطة ابقار النصر، ومسؤول عن انتاج محاصيل الحبوب، والشركة العامة للمحاصيل الصناعية، وزارة الزراعة والبرنامج الوطني للاستخدام الامثل لحوضي دجلة والفرات والبرنامج الوطني لتنمية زراعة الحنطة في العراق.

4– عضو اللجنة الوطنية للمصادر الوراثية النباتية (2006 – 2013) واللجنة الوطنية لتسجيل واعتماد الاصناف الزراعية (2007 – 2011).

5- عضو هيئة تحرير ثلاث مجلات العلمية العالمية (Agriculture Research & technology: Open Access journal, ARTOAJ و Canadian Journal of Biomedical Research & و (Associate Editor, Modern Concepts & Developments in Agronomy (MCDA)

6-المنسق الوطني لمشروع عراسيا الاقليمي مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية RAS5048 الموسوم "استحداث الطفرات والتربية الداعمة وتطبيقات التقنيات الحياتية في زيادة انتاج المحاصيل.

7- العديد من الشهادات التدريبية من مراكز ومنظمات دولية في النمسا (الوكالة الدولية للطاقة الذرية) وايطاليا (معهد بحوث الخضر) وسوريا (المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة- ايكاردا، والمركز العربي لدراسات الاراضي الجافة والمناطق القاحلة- اكساد) وكينيا (كلية الزراعة- جامعة الدوريتن كينيا بالتعاون مع الوكالة الدولية الطاقة الذرية)، والمركز الدولي لتحسين الذرة والقمح في المكسيك، CIMMYT والعديد من الشهادات التقديرية عن المشاركات في المعارض الدولية والزراعية والندوات والمؤتمرات العلمية في العراق وخارجه وتمثيل العراق في اجتماع الخبراء العرب لأنشاء البنوك الوراثية شبه الاقليمية.

8- تقويم العشرات من البحوث العلمية لمجلات علمية ومؤتمرات دولية وعربية وعراقية وتقييم بحوث الترقيات العلمية وتقييم الكثير من براءات الاختراع لصالح الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية.

9- استاذ محاضر لطلبة الدراسات العليا في كلية الزراعة، جامعة القاسم الخضراء، محافظة بابل/ العراق (مادة تربية النبات المتقدم). ومحاضر في العديد من الدورات التدريبيه لمعهد التدريب وتطوير العاملين / منظمة الطاقه الذرية.

10-تأليف كتابين، اتجاهات جديدة في تربية النبات (2000)، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء، الجمهورية اليمنية: 505 صفحه والمرشد في زراعة وانتاج الذرة الصفراء (2012)، منشورات وزارة العلوم والتكنولوجيا. بغداد، العراق. 221 صفحة.

11. الجائزة الاولى للمنظمة الدولية للتنمية الزراعية (2016) للبحث الموسوم " استنباط صنف جديد من حنطة الخبز (الطرية) .*Triticumaestivum* L يلائم الزراعة المروية في وسط وجنوب ألعراق.

12 – نشر 95 بحث واكثر من 70 مقال في مجلات علمية عالمية وعربية ومحليه وحوالي 25 دراسه موثقه والمشاركه في مؤتمرات وندوات وورش عمل دوليه ومحليه عديدة.