بسم الله الرحمن الرحيم

المحاضرة الأولى

تربية وتحسين النبات

تاريخ تربية النبات

بدأ الانسان بتحسين نباتاته عندما تعرّف على النباتات وأصبحت مستقرة في بيئته منذ قرابة عشرة الآلاف سنة، بعد أن تحوّل من الإعتماد الكلي في غذائه على الحيوان ومنتجاته الى النبات وزراعته، فبدأ يزرع النبات، ثم مارس الإختيار تجريبياً عن طريق إنتقاء المتميز من حبوبها من التي أثارت إهتمامه من حيث الشكل والحجم وبالتالي المردود لتكون بذور موسمه الزراعي القادم.

ويعد البابليون والآشوريون في العراق من أوائل من قاموا بتربية النبات من خلال إجراء التلقيح الخلطي اليدوي لأشجار النخيل بنقل الطلع من النخلة المذكرة الى المؤنثة، فضلاً عن إجرائهم لطريقة الإنتخاب .....

فضلاً عن نقل بذور بعض النباتات من مناطقها وزراعتها في مناطق أخرى، كما فعل المستكشف الإسباني كريستوفر كولومبوس وغيره بنقل الكثير من بذور المحاصيل والنباتات المزروعة في جنوب أوربا الى الإراضي الأمريكية بعد إكتشافها في ت1عام 1492 م وبالعكس. وبفضل الدراسات والأبحاث التي قام بها الكثيرين من علماء التربية والوراثة على الكثير من النباتات وعلى مدى قرون خلت، فقد تطور الإنتاج الزراعي في عموم العالم وظهرت مفاهيم وتقانات جديدة ساهمت في إضافة وإرساء الأسس الحديثة لهذا المجال، فقد أشار Kolreuter في دراساته التي نشرها بين الأعوام

(1761- 1765 م) الى أهمية إستعمال التهجين بين النباتات، وإستنبط Night (1759-1838) عدة أصناف من الفاكهة بإستعمال التهجين، وإبتكر Shull في عام 1904 طريقة الخط النقي (Pure line) في محصول الذرة الصفراء، وأقترح بعد خمسة أعوام من الدراسة والبحث أن تكون هذه الطريقة هي الخطوة الأولى لإنتاج الذرة الصفراء الهجينة، ثم جاء بعده Jones في عام 1918 م وإقترح إنتاج الهجين المزدوج للتغلب على مشكلة إنتاج البذور وإعتماداً على ظاهرة قوة الهجين Heterosis.

في العراق، ساهم العديد من الباحثين العراقيين بإدخال بعض اصناف الحنطة والذرة لتعميم زراعتها في مناطق زراعية عدة منذ اوائل العقد الثالث، وعملوا على توثيق الخزين الوراثي لأصناف النخيل العراقية.

إن إعادة إكتشاف قوانين مندل في الوراثة (في نهاية القرن التاسع وما تلاها بعدة أعوام من إجراء أول عملية تهجين نباتي) ساهم بتطور علم الوراثة من خلال معرفة وتسمية واكتشاف الكثير من المفاهيم والحقائق والأساليب الوراثية كتسمية النواة وإكتشاف مكوناتها من كروموسومات ومورثات وأحماض نووية وشرح عملية إنقسام الخلية وتفسير قوة الهجين، وإنتاج الأصناف الهجينة في الذرة الصفراء (عام 1936 في الولايات المتحدة الأمريكية ومن ثم في عام 1947 في فرنسا بواسطة معهد INRA) وإكتشاف ظاهرة العقم الذكري السايتوبلازمي فيها، والقفزة النوعية التي حققتها الثورة الخضراء العالمية، ساهم كل هذا وبشكل كبير في تطور علم تربية وتحسين النبات الذي أدى إلى زيادة إستخدام التهجين لزيادة الإنتاج الى عدة أضعاف عن طريق إستنباط أنواع عالية الإنتاجية، فضلاً عن إيجاد أعداداً كبيرة من الأصناف ضمن النوع الواحد

وبمواصفات وراثية متباينة، فعلى سبيل المثال لا الحصر إزداد متوسط إنتاج حبوب الذرة الصفراء في الولايات المتحدة من 2.5 طن للهكتار الواحد في عام 1900 إلى حوالي 9.4 طن/هكتار في عام 1990 م ليصل الى أكثر من 12 طن في بداية القرن الحالي، وإزداد انتاج الرز فى العالم اكثر من ثلاثة اضعاف فى العقود الأربعة الاخيرة، وبالمثل فقد إزداد المتوسط العالمى لإنتاج الحنطة في جميع أنحاء العالم من أقل من 1 طن/هكتار في 1900 إلى أكثر من 2.5 طن/هكتار في عام 1990 م، .....

أهم المراجع التاريخية لتربية النبات وتحسينه وراثياً

- إكتشاف دور الأعضاء الجنسية (المتوك) في التكاثر من قبل Millington و(البويضات) من قبل Grew في نفس العام 1676.
- في عام 1716 لاحظ Mather تأثير التلقيح الخلطي في الذرة الصفراء.
- أنشئت في عام 1727شركة Vilmorin في فرنسا كأول شركة لإنتاج الذور.
- إستعمل Sargaret مصطلح Dominant (سائد) لأول مرة في عام 1826.
- نشر دارون كتابه الأول عن منشأ الانواع ونظرية الإنتخاب الطبيعي عام 1859، وبعد ثلاثة عقود نشر كتابه الثاني (تأثير التلقيح الذاتي والخلطي في المملكة النباتية).
- إنتاج حبوب القمحيلم المهجنة أو القمح الشيلمي (التريتيكالي) من قبل Wilson في عام 1875 وتبعه (Rimpau, 1891) من خلال التضريب بين كلٍ من القمح والشيلم.
- عرض الكروموسومات وتسليط الضوء على مشاركتها في انقسام الخلايا من قبل كل من Strasburger-Boveri في عام 1880.
- في عام 1888، شرح Strasburger عملية الإنقسام الإختزالي في النبات.

- تطبيق قوانين مندل في الوراثة على نوعين من نبات البازلاء عام 1900بعد إكتشاف قانوني مندل، لتحديد القواعد الأساسية لعلم الوراثة، والذي أُعتبر تاريخ ولادة تربية النبات.

- قدّم Hopkins طريقة عرنوص-خط لتربية محصول الذرة الصفراء عام 1889.

.....

- تقديم مفهوم الأرتباط الوراثي عام 1911 بواسطة Morgan، إذ أوضحَ حقيقة ترتيب الجينات خطيا على الكروموسومات، وعندما تتواجد هذه الجينات على نفس الكروموسوم فإنها تنتقل مرتبطةً ببعضها إلى النسل كوحدة واحدة.

- أطلق جوهانسن عام 1911، على العوامل الوراثية التي وصفها مندل في تجاربه المصطلح العلمي جين Gene.

- في عام 1916، إقترح Shull مصطلح Heterosis لظاهرة قوة الهجين.

- 1918، ظهر المصطلح العلمى التقنية البيولوجية Biotechnologie باللغة الألمانية.

- وفي عام 1918 صنّف Sakomaru أنواع الحنطة على أساس عددها الكروموسومي.

- أعد موركَان أول خريطة للجينات الموجودة على كروموسومات حشرة الفاكهة Drosophila عام 1922.

- شهد عام 1928، بداية تجارب التحويل الوراثي Genetic transformation في البكتريا، وتعتبر هذه التجارب حجر الأساس للهندسة الوراثية فى صورتها الحديثة.

- إكتشف Rhodes في عام 1933 العقم السيتوبلازمي في الذرة الصفراء، وبعد عشرة أعوام قدّم كل من Clarke و Jones طريقة إنتاج بذور البصل الهجين إعتماداً على وراثة العقم الذكري الوراثي السيتوبلازمي.

- رسم أول خريطة وراثية جزيئية للذرة الصفراء من قبل Emerson في عام 1935.

- وفي عام 1935 نُشِرَ تقرير فافيلوف تحت عنوان (الأساس العلمي لتربية النبات) الذي تألفَ من 2500 صفحة.

- في عام 1938، ظهور مصطلح البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology.

- ظهور نظرية "جين لكل إنزيم" التى ربطت الكيمياء الحيوية بعلم الوراثة، وهي نظرية فعل الجين، عام 1943.

- طرح Hull عام 1945 طريقة الإنتخاب المتكرر لتربية النبات وتحسينه.

- وبعد اربعة أعوام إقترح Comstock طريقة الانتخاب المتكرر المتبادل.

- في عام 1948، أثبت كل من أفري وكلود وماكارتي أن الجينات تتركب من الحامض النووي الريبوزي DNA.

- إجراء أول تقنية للزراعة في المختبر (In Vitro) لنبات البطاطا كأسلوب للتكاثر الخضري بواسطة Morel و Martin عام 1950.

- وُصِفْ التركيب الحلزوني المزدوج للحمض النووي DNA من قبل Watson و Crick عام 1953.

- إكتشاف إنزيم البلمرة DNA polymerase الذي يشارك في تركيب الحامض النووي من قبل Arthur Kornberg عام 1956.

- إكتشاف الشفرة الوراثية من قبل Crick, Nirenberg, Matthaei ,Ochoa عام 1960.

- وشهد العام 1960 ايضاً، اكتشاف الحامض النووي الريبوزي المراسل mRNA
- توضيح أساسيات التحليل الموقعي التي تشارك في إختلاف الصفات الكمية وتنوعها بواسطة Thoday عام 1961.

- شهد العام 1973 عزل أول جين وهو الجين المسؤول عن إنتاج الأنسولين، ووضع أساليب وطرق لإعادة اتحاد المادة الوراثية، وبداية التقنية الحيوية الحديثة Modern Biotechnology.

- إكتشاف الطفرة الجينية عام 1978، التي تسمح بإستحثاث طفرة واحدة أو أكثر محددة ودقيقة في الجينوم، كما شهد ايضاً إنتاج الأنسولين البشرى من بكتريا إشيريشيا كولاي.

- نشرَ Kary Mullis أول بحث يتعلق بإختراعه لتفاعل البلمرة التسلسلي PCR عام 1986.

- إنتاج أول نبات معدل وراثياً لتحمل المبيدات الحشرية عام 1987.

- التسويق التجاري لأول محصول طماطة معدل وراثيا لصفة تأخر النضج (صنف Flavr Savr) عام 1994، وإنتاج (الرز السوبر) المقاوم للآفات والأمراض في نفس العام (1994).

- الإعتماد الرسمي العالمي لتقانة (CRISPR) ونجاحها الباهر في تحرير الجينوم النباتي والحيواني والبشري في عام 2012.

علم تربية النبات Plant Breeding

تعريفـه

لكي نقوم بالتحسين لابد من وجود اختلافات بين النباتات التي نقوم بتحسينها، ولابد من أن يرتبط مفهومها هذا بالتدريج لضمان نتائج أفضل، وذلك أن التحسين يخضع لمراحل عديدة مع إكساب النبات المستهدف أساسيات قواعد السلوك ومعايير النوع الذي ينتمي إليه.

والتحسين الوراثي Genetics improvement هو مجموعة من الوسائل والأدوات العلمية التي تستعمل لإنتقاء وإختيار نباتات محسنة ذات صفات كمية أو نوعية جيدة بالإستعانة بعدد من العلوم كالوراثة والفسلجة والإحصاء وغيرها، وبسبب أهمية هذا العلم وما حققه من إنجازات كبيرة فقد تناول العديد من علماء تربية النبات تعريف هذا العلم وشرح مفاهيمه، ومن بين أهم هذه التعريفات وأشملها هي أن **تربية النبات**: هو أحد العلوم الزراعية المهمة الذي يبحث في تحسين الصفات الوراثية المرغوبة للمحاصيل ذات العلاقة المباشرة بغذاء الانسان وإحتياجاته، مما ينتج عنه أصنافاً وسلالات جديدة قد تتفوق على الأصناف المزروعة كلياً أو جزئياً في معظم صفاتها، أو **هو العلم** الذي يُمّكنُ الإنسان من تحسين النبات وإستنباط أصنافاً وسلالات جديدة تناسب إحتياجاته إعتماداً على الاختلاف الجيني في السمة المطلوبة، أو هو فن (يعتمد على مهارة المربي) وعلم (يرتبط بعدد من العلوم ومنها علم الوراثة والوراثة الخلوية التي يعتمد عليها المربي لمناقشة وإستنتاج نتائج دراساته وبرامجه) تحسين التركيب الوراثي للنبات (تغيير التركيب الوراثي للنبات بما يخدم هدف المربي).

العلوم المرتبطة بعلم تربية وتحسين النبات

إن علم تربية وتحسين النبات وراثياً من العلوم التطبيقية المهمة الذي يرتبط بعدد من العلوم الأساسية التي يتعين على المربي معرفتها والألمام بها بسبب إقتراب هذا العلم الى الناحية العلمية أكثر منه الى الناحية الفنية، ولكي يتمكن المربي من خلال ذلك مناقشة واستنتاج نتائج بحوثه ودراساته وإستثمارها بشكل اقتصادي، والإستفادة من الحقائق والنظريات والفرضيات الموجودة بهذه العلوم وآخر مستجداتها بما يوصله الى تحقيق أهدافه، وعليه فأن مقدار التطور الحاصل في بقية العلوم الأخرى يرتبط به تطور علم تربية النبات، ومن هذه العلوم هي :

1- علم الوراثة Genetics science يعتبر علم تربية النبات الفرع التطبيقي لعلم الوراثة لإعتماده على الأسس والقوانين الوراثية والتغايرات بين النباتات عند نقل الصفات المرغوبة أو عند تغيير التركيب الوراثي للنبات أو إدخالها في الصنف الجديد.

2- علم النبات Botany إذ لابد أن يلمّ المربي بعلم النبات بما يتضمن جميع طرائق زراعة المحصول تحت برنامج التربية وطرائق إنتاجه وكل ما يتعلق به لأنها مُحدد لإختيار برنامج التربية المناسب .

3- **علم فسلجة النبات** Plant physiology إن جميع عمليات النبات الفسلجية لها علاقة وطيدة بعلم تربية النبات، لأن دراستها تساعد المربي على معرفة درجة تحمل النبات تحت الدراسة لظروف المناخ والتربة، فضلاً عن دراسة العديد من الظواهر الوراثية كقوة الهجين وغيرها.

4- علم الخلية Cytology إن دراسة وظائف الخلايا ومكوناتها أساسية في تربية وتحسين النبات، كون الخلية تعد الوحدة الأساسية في تركيب الكائن الحي، فضلاً عن أن

وجود الكروموسومات في الخلية يعد مصدراً للتغايرات الوراثية لأنها الحاملة للجينات التي تتحكم بجميع تلك التغايرات.

4- علم أمراض النبات Pathology تتعرض المحاصيل وعموم النباتات إلى الكثير من الأمراض الفطرية والفيروسية التي تلحق بها أضراراً وخسائر كبيرة، لذلك كان للمربي دوراً كبيراً في تطوير الكثير من الأصناف والسلالات والهجن متحملة ومقاومة للإصابة بتلك الأمراض.

5- علم الحشرات Entomology يعمل مربي النبات على تطوير أصناف وسلالات متحملة أو مقاومة للإصابات الحشرية بسبب الأضرار الإقتصادية الكبيرة التي تسببها للمحاصيل عموماً.

6- علم الكيمياء الحيوية Biochemistry لابد لمربي النبات أن يلمّ بكيفية إجراء الاختبارات الكيميائية المختلفة من خلال معرفته بالعمليات الحيوية التي تجري داخل النبات كتقدير كمية البروتين والزيت والأحماض الامينية وغيرها في حبوب المحاصيل أو في بقية أجزائها النباتية الأخرى، فضلاً عن أهمية هذا العلم لفهم طبيعة عمل المورثات والتركيب الوراثي للكروموسومات والطفرات الوراثية وغيرها من المفاهيم الوراثية الأخرى.

7- علم المظهر الخارجي Morphological science إن دراسة الصفات المظهرية والتركيبية للنبات ومراحل نموه وتطوره ونضجه ضرورية لعمل مربي النبات كصفات إرتفاع النبات وعدد الأشطاء ومساحة الورقة والإضطجاع وغيرها من الصفات المحددة لإختيار طريقة التربية المناسبة .

8- علم زراعة الأنسجة Tissue culture تعد تقانة زراعة الخلايا والأنسجة إحدى التطبيقات الحديثة التي تُمَكن مربي النبات من تطوير نباتاته وتحسين أدائها وراثياً، الذي ينعكس بالإيجاب على الصفات الكمية والنوعية.

11- علم الهندسة الوراثية Genetic engineering

يعتبر علم الهندسة الوراثية أحد أحدث التقانات الأحيائية الذي يتعامل مع المورثات البشرية والحيوانية والنباتية فضلاً عن مورثات الأحياء الدقيقة المتواجدة على الكروموسومات فصلاً ووصلاً وإدخالاً لأجزاء منها من كائن إلى آخر بهدف إحداث حالة تمكن من معرفة وظيفة الجين (المورثة) أو بهدف زيادة كمية المواد الناتجة عن التعبير عنها أو بهدف إستكمال ما نقص منه في خلية مستهدفة وبالتالي تحسين صفات الكائنات الحية وتطوير أدائها.

د. فؤاد رزاق البركي - تربية وتحسين نبات

أهداف علم تربية النبات

إن برامج التربية والتحسين الوراثي مهمة بسبب ما تحققه من مردودات إقتصادية، وما لها من دور إيجابي يكون بالمحصلة رفع غلة المحصول وتحسين صفاته النوعية والكمية والتحمل أو المقاومة لمختلف الإجهادات والتي تحقق أهدافاً عديدة أهمها:

1- زيادة كمية الحاصل في وحدة المساحة، من خلال تحسين صفات مكونات الحاصل، كزيادة عدد السنابل أو الداليات في وحدة المساحة وزيادة وزن الحبة وزيادة عدد الحبوب في السنبلة في معظم المحاصيل النجيلية

2- إستنباط أصناف مبكرة في التزهير والنضج ذات موسم النمو القصير.

3- إستنباط أصناف ملائمة لمناطق بيئية مختلفة، كنشر زراعة الحنطة الحمراء القاسية في جميع مناطق الولايات المتحدة وكندا.

4- إستنباط أصناف قصيرة dwarf وشبة قصيرة semi dwarf مقاومة للاضطجاع والانفراط بهدف تقليل نسبة الفقد، كإستنباط أصناف من الرز شبه القصيرة في محطة أبحاث الرز في المشخاب ومنها صنف عنبر المشخاب-1.

5- إستننباط أصناف مقاومة للامراض وأصناف مقاومة للحشرات.

6- إستنباط أصناف مقاومة أو متحملة للاجهادات البيئية كالإرتفاع والإخفاض الحراري والملوحة والجفاف وغيرها، كإستنباط أصناف من محصولي الرز والبطاطا تزرعان في عروتين.

7- إستنباط أصناف ذات صفات خاصة تختص بكل محصول بهدف تحسين صفاتها النوعية، كزيادة نسبة السكر في المحاصيل السكرية مثل البنجر السكري والقصب السكري، ورفع نسبة الزيت في المحاصيل الزيتية مثل القطن والكتان، ورفع نسبة البروتين في محاصيل الحبوب والبقول أو تحسين التركيب الكيمياوي للبروتين بزيادة الحوامض الأمينية الحاوية على الكبريت.

إن من أهم أهداف طرائق تربية وتحسين النبات هو الحصول على أصناف جديدة ذات صفات جيدة تتفوق على الأصناف التجارية والمحلية السائدة من حيث الحاصل والنوعية أو الحصول على صفات مرغوبة أخرى، إذ إن إستنباط أصناف جديدة هو جزء من برنامج خاص لتربية النبات يهدف الى الحصول على تراكيب وراثية جديدة أو تحوير تركيب الصنف الوراثي مع ممارسة الإنتخاب ثم التقييم لهذه الأصناف أو السلالات المنتخبة وتكثيرها وتوزيعها بعد ثبوت نجاحها تحت الظروف البيئية لمنطقة زراعية معينة .

د. فؤاد رزاق البركي - تربية وتحسين نبات

الموطن الأصلي (مراكز النشوء) للمحاصيل الحقلية

يعرف الموطن الأصلي Origin للمحصول على انه المكان الأصلي الذي وُجِدَ فيه المحصول لأول مرة، ومن هنا يمكن معرفة الظروف البيئية المناسبة لكل محصول، إذ إن معرفة الموطن الأصلي للمحصول الحقلي ضروري ومهم بالنسبة لمربي النبات وعمله في تحسين صفات المحصول الاقتصادية، فهناك ربع مليون نوع نباتي تقريباً من الأنواع النباتية الراقية، ويضم كل نوع من هذه الأنواع عدد من المجاميع والعشائر والأصناف والسلالات، التي يمكن الاستفادة منها وخاصة القريبة من الأنواع الاقتصادية المنزرعة في عمليات التربية ومنها التهجين لانها تمثل مصدراً للتباينات الوراثية التي يعتمد عليها المربي في عمله لتحسين النوع والصنف ومنها الأصناف المحلية القديمة والجديدة، كما هو الحال في الاستمرار في تحسين صنف الرز المحلي عنبر-33 الذي يمتاز بالعطرية والنكهة المحببة للكثير من مستهلكيه العراقيين، فقد ساهمت عمليات الإنتخاب المستمرة والطفرات والتهجين ونقل وإدخال أصناف وأنواع نباتية بين المناطق الجغرافية مختلفة البيئة بسبب الهجرة وتطور الحضارات البشرية في إيجاد التغايرات الوراثية وعلى مدى سنين طويلة .

وعلى الرغم من كثرة الأنواع النباتية، الا إن أكثر الأنواع الاقتصادية قد نشأت في مناطق محدودة من العالم ذات البيئة الملائمة لنموها وتطورها، إذ ان موطن أصل أي نوع نباتي يتحدد بالمنطقة التي تكثر وتتنوع فيه أشكال ذلك النوع .

ومن التقسيمات المهمة لمواطن الأصل والنشوء للمحاصيل هي تقسيم De Candole الذي قسّم مواطن نشوء معظم المحاصيل الى أربعة مناطق هي :

1- الصين والمناطق المجاورة لها: ونشأت فيها محاصيل الرز والشعير وقصب السكر وفول الصويا.

2- الهند والمناطق المجاورة لها: ونشأت فيها محاصيل حنطة الخبز والشيلم وبعض أنواع الاقطان الاسيوية.

3- أفريقيا ومناطق جنوب أوروبا: ونشأت فيها البقوليات والذرة البيضاء والشعير العاري والحنطة الصلدة (القاسية) والكتان والبنجرالسكري.

4- أمريكا الغربية والوسطى والمكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة: ونشأت فيها محاصيل القطن الأبلند والذرة الصفراء والتبغ وفستق الحقل والبطاطا.

تقسيم فافيلوفVavilov

كما وقسّم عالم النبات الروسي فافيلوف Vavilov بعد جولات في عدد من دول العالم المختلفة هو وجماعته مناطق نشوء المحاصيل الى مناطق العالم القديم ومناطق العالم الجديد والتي لخّصها في كتاب صدر عام 1927 بعنوان "أفغانستان الزراعية"، فقد بيّن أن هناك مناطق محددة من العالم تمتاز بالتربة الخصبة والحرارة والرطوبة المناسبة للنمو ساعدت على أن تكون مراكز تجمع ونشوء الكثير من المحاصيل والذي جذب الكثير من البشر الذين كوَنوا حضارات زراعية عديدة، وقد إستطاع فافيلوف جمع أكثر من 100 ألف نبات وبذور 200 ألف نبات وخاصة الحبوب من مناطق الاتحاد

السوفييتي القديم وبعض دول العالم (الولايات المتحدة الأميركية، هولندا، أفغانستان، منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط وعدد من دول أفريقيا).

وقد شمل هذا التقسيم ثمانية مراكز للنشوء وكما يلي:

أولاً. مناطق العالم القديم وتشمل :

1- منطقة الصين: وهي موطن محاصيل الحبوب كالرزالبري وقصب السكر والسمسم والدخن .

2- منطقة (باكستان، بنغلادش وبورما): وهي موطن محاصيل الرز والذرة البيضاء والحمص والماش واللوبيا وقصب السكر.

3- منطقة وسط آسيا: وهي موطن الحنطة والشيلم والباقلاء والبازلاء والعدس والعصفر والكتان.

4- منطقة الشرق الادنى: وهي موطن محاصيل الحنطة والشعير (ذو صفين) والشوفان والشيلم والجت.

5- منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط: وهي موطن محاصيل الحبوب ومنها الحنطة وكذلك البقوليات وبعض محاصيل العلف.

6- منطقة أثيوبيا: وهي موطن محاصيل الشعير والذرة البيضاء وأنواع من الحنطة والباقلاء والعدس والبزاليا والكتان والدخن .

ثانيا. مناطق العالم الجديد وتشمل :

1- منطقة جنوب المكسيك وأمريكا الوسطى: والتي تعد موطن كل من الذرة الصفراء والبطاطا والفاصوليا.

2- منطقة أمريكا الجنوبية (الأكوادور، البيرو، بوليفيا وجنوب شيلي): موطن محاصيل الذرة الصفراء والبطاطا.

د. فؤاد رزاق البركي- تربية وتحسين نبات

تربية النبات والتغايرات الوراثية

يُعبّر عن حدوث إختلافات في سمات أفراد النوع الواحد، أو ذات القرابة فيما بينها، نتيجة وجود تغاير في الأليل، أي أشكال الجينات، بسبب الاختلاف في بنية الجين الكيميائية بالتغايرات الوراثية، أي إنه إختلاف وتباين الجينات المكونة لتركيب وراثي ما، إذ لا يوجد تطابق تام بين فردين اثنين، فتكون بعض الاختلافات موروثة، تتناقل عبر الأجيال، وتشمل الاختلافات حدوث تغيرات على مستوى النمط الظاهري من حيث التشريح والوظيفة، إلى جانب حدوث اختلافات في السلوك.

إن التغايرات الوراثية في الكائنات الحية تعتبر إساسية لنجاح عملية التحسين الوراثي في النبات، لان النباتات تختلف فيما بينها، وهذه الاختلافات قد تأخذ مديات متمايزة وواسعة، فمثلاً تختلف الحنطة عن الذرة الصفراء في مظهرها الخارجي وتركيبها الوراثي، وقد تكون الاختلافات ضيقة كما هو الحال بين الحنطة الخشنة والناعمة، ويستمر الاختلاف ويضيق على مستوى التغاير بين صنفي حنطة أو بين نباتين من الحنطة من نفس الصنف ينموان في نفس الحقل كإختلافهما بعدد التفرعات أو طول السنبلة أو عدد السنيبلات وغيرها من السمات التي تتباين وتختلف فيما بينهما. ان هذه الاختلافات يمكن تحويلها الى قيم رقمية مقاسة بأجهزة قياس خاصة مثل الطول والحجم والوزن ومن ثم تحليل هذه القياسات بتبويبها وإخضاعها للطرق الإحصائية ووفق مقاييس ومعادلات مختلفة كالمتوسط والتباين والانحراف القياسي وسواها.

إن هذه التغايرات بين النباتات عبارة عن تباين، **ومصادر** هذه التغايرات (التباين) إما أن تكون تباينات وراثية Genetic variations أو تباينات بيئية Environments variations أو أن يكون مصدر هذه الإختلافات هو تفاعل أو تداخل Interaction وراثي - بيئي G×E من خلال التداخل بين العوامل الوراثية والبيئية.

وقد إستغل مربي النبات هذه التغايرات وتمكن من تطويعها لصالح برامج تربية وتحسين صفات المحاصيل الإقتصادية بالإنتخاب، سواء أكانت صفات نوعية أو كمية، لذلك كان على المربي أن يهتم بدراسة وراثة الصفات وتداخلها مع البيئة والتغايرات المرتبطة بها، التي قد تختلف وتتباين عند دراستها وإعتماداً على طبيعة وعدد الجينات الذي يسيطر على هذه الصفات.

عموماً فان التغايرات الوراثية في النباتات تقع في مجموعتين من الصفات وهما:

1- الصفات النوعية أو الوصفية Qualitative characters (traits) هي الصفات التي يمكن التعرف عليها وتمييزها في مجاميع (إختلافات) بسهولة، من خلال الشكل المظهري Morphological، ووضعها وتصنيفها في مجموعات، بحيث يتشارك أفراد المجموعة الواحدة في النمط الوراثي الذي يقابل صفات معينة، ويكون الاختلاف والتباين في الصفات بشكل متقطع، لذلك تكون درجة توليفها عند الإنتخاب عالية، ومن هذه الصفات هي لون السرّة و التجعيد والإمتلاء في

بذور بعض المحاصيل البقولية، وجود أو عدم وجود السفا في محصولي الحنطة و الشعير، شكل ولون البذور، مقاومة الأمراض والحشرات، موضع ولون الأزهار والثمار وحجمها، شكل وملمس الأوراق (خشنة أو ملساء) ووجود بعض الشعيرات على الأوراق أو البقع الملونة وغيرها، وتعتبر الصفات السبعة (النباتات الطويلة والقصيرة، سطح البذرة المجعد والاملس، لون البذرة الأبيض والرصاصي، لون القرنة الخضراء والصفراء، لون الزهرة الأحمر والأبيض، شكل القرنة الممتلئة والفارغة وموقع الزهرة الأبطية والنهائية) التي درسها مندل على نبات البزاليا هي صفات نوعية.

تتأثر هذه الصفات بالعوامل البيئية المحيطة بشكل قليل، فهي صفات يكون التباين (الإختلاف) Variation فيها متقطعاً، وعدد الجينات المسؤولة عن إظهارها قليل لا يتجاوز ثلاثة أزواج، وعادة ما تكون درجة توازنها عالية مما يسهل تتبع عملية إنعزالها segregation، وكذلك فان طريقة انتقال مثل هذه الصفات من الأباء الى الأبناء تتبع في سلوكها الوراثة المندلية، وعندما يقوم مربي النبات بعملية الإنتخاب إعتماداً على الشكل المظهري فأنه يختار التركيب الوراثي لهذا النبات، ويمكن قياس الصفات النوعية على شكل نسب، بحيث يكون ظهورها في الأجيال القادمة بشكل متقطع، مثل توزيع ذي الحدين او توزيع الافراد الى فئات محددة لها نسب متوقعة في الجيل الإنعزالي الثاني كأن يكون 9:3:3:1 او 3:1، لذلك سيكون من السهل التمييز بين فرد وآخر ويمكن توزيع مثل هذه الافراد الى مجاميع مختلفة وإعتماداً على الشكل الظاهري.

2- الصفات الكمية Quantitative characters

هي الصفات التي يوجد فيها إستمرار في الشكل المظهري والتي تتدرج من مستوى الى آخر دون وجود فواصل محددة بين تلك المستويات كما في صفات الطول، قوة النمو، وزن وحجم البذرة، موعد النضج، الحاصل (الناتج الزراعي في وحدة المساحة) والتركيب الكيماوي في أجزاء النبات المختلفة وغيرها.

ولأن دراسة تلك الصفات يستدعي القياس لذا فانها تسمى بالصفات المقاسة (Metrical traits)، ويعد العالمان السويدي Nilson Ehle والأمريكي East هما أول من تناول دراسة الصفات الكمية وأثبتا أنها تسلك سلوك الصفات الوصفية في وراثتها، إذ قام Nilson بالتهجين بين سلالتين نقيتين من الحنطة أحدهما حبوبه حمراء اللون والأخرى بيضاء اللون فكانت الوان حبوب نباتات الجيل الأول F1 الناتجة سائدة بين صفتي الأبوين سيادة غير مرغوبة وتدرجت حبوب الجيل الثاني من اللون الأحمر الى اللون الأبيض، وقد قام Nilosn بتمييزها الى خمسة فئات مظهرية كانت بنسبة 1:4:6:4:1.

وإعتماداً على تلك النتائج فقد فسرها على اساس أن صفة لون الحبوب فيها زوجان من الجينات المتماثلة، بمعنى أن كل منهما مماثل للآخر في إظهار صفة اللون الأحمر في الحبوب وان تأثير هذه الجينات تجميعي Cumulative، أي انه كلما زاد عدد الجينات السائدة كلما كان اللون الأحمر أكثر تركيزاً.

أما East فقد قام بالتهجين بين سلالتين نقيتين من التبغ البري تختلفان في طول الزهرة (صفة قليلة التأثر بالعوامل البيئية) لدراسة طول التويج واختلافاته بين الأباء والنسل الناتج من الجيل الأول والثاني والثالث وذلك بتطبيق قوانين مندل في الوراثة، ووَجد أن الإختلاف بطول الزهرة يكون أكثر ظهوراً في الجيل الثاني بسبب الانعزالات الوراثية كما وجد التشابه في الاختلافات التي تظهر بين أفراد الجيل الأول مع اختلافات الأباء وهي تحت تأثير الظروف البيئية. إن العدد الكبير من الجينات الذي يتحكم في الصفة الكمية ويسيطر على ظهورها يجعل من الصعوبة جمع تلك الجينات في النبات، فضلاً عن أن الفعل الجيني للصفة الكمية هو من النوع الثانوي Minor gene وليس الرئيسي، لذلك تتأثر الصفة الكمية بعوامل البيئة ككمية ونوعية مياه الري والتسميد ودرجات الحرارة والتربة وغيرها من العوامل البيئية التي تسبب التداخل الوراثي البيئي وهو تأثير الظروف البيئية على التركيب الوراثي وإنعكاس ذلك على الصفات المظهرية، إذ ان هناك مستويات مختلفة من التأثير البيئي على التركيب الوراثي وإعتماداً على نوعية الصفة، فضلاً عن وجود الجينات الساكنة Silent genes التي تساهم هي أيضاً في إظهار هذا التداخل، وهذه الجينات الساكنة لم تكن تعمل أو غير نشطة سابقاً في بيئة معينة، إلا أنها قد تُظهر فعلها أو تأثيرها الساكن في بيئة أخرى ذات عوامل ملائمة لكي تعبر المورثة عن نفسها، وتسمى هذه البيئة ببيئة المورثة Gene environment.

ومن الصفات الكمية هي حاصل النبات من البذور والمادة الجافة ومكونات الحاصل وعدد الثمار والأزهار وطول موسم النمو والنضج وغيرها، **ويمكن أن نسوق مثالاً بسيطاً للتمييز بين الصفات الكمية والنوعية** ودور التأثيرات البيئية في كليهما، وهو أنه لو أخذنا سنبلة ذات سفا من محصول الشعير، وزرعناها في عدة مواقع (بيئات مختلفة)، فإن النباتات النامية من بذور السنبلة ستعطي حبوباً ذات سفا في جميع المواقع المزروعة دون تغير (لأنها صفة نوعية)، في حين سيكون حاصل حبوبها متبايناً من بيئةٍ لأخرى، لأن الحاصل (صفة كمية).

إن دراسة الصفات الكمية لا يعني انها لا تخضع للتوزيعات المندلية في توارثها، الا ان تأثير الجينات (الفعل الجيني) يكون مختلفاً عما هو عليه الحال في الصفات النوعية، ولأهمية الفعل الجيني وتداخله وعلاقته بوراثة الصفة الكمية والتحكم فيها، سنتناوله أدناه.

تداخل الفعل الجيني Interaction of gene

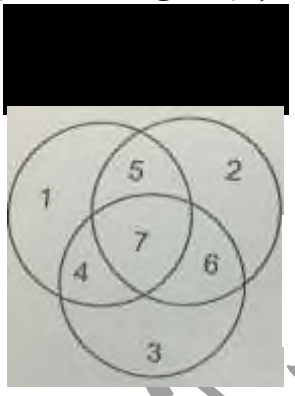
إن المقصود بتداخل فعل الجينات هو تفاعل أو إشتراك زوجين أو أكثر من الجينات غير الأليلية لأظهار صفة مظهرية معينة فيكمل أحدهما الآخر، أو يستخدم في وصف عمل الجينات في تحوير شكل او شدة صفة من الصفات، كما يشمل ايضاً تأثير العوامل المانعة والمثبطة، ما يعني بأن الصفة الوراثية قد تتأثر بأكثر من زوج واحد من الجينات، وبالتالي يكون التأثير على النسب المندلية المتوقعة في الجيل الثاني، وهنالك امثلة كثيرة على تداخل فعل زوجين من الجينات وتداخل فعل أكثر من زوجين منها، كما يتضمن تأثير الجينات المميتة والتأثير المتعدد للجينات .

وبعد معرفة قانوني مندل في الوراثة لوحظ بأن الصفات إما أن تسلك في توارثها قوانين مندل عندئذ

يطلق عليها بالصفات المندلية Mendelian characters، كما هو الحال في الصفات النوعية Qualitative characters، أو تشذ عن تلك القواعد فتسمى صفات لا مندلية Non-Mendelian Characters مما يدل على ان إستعمال قانوني مندل في الوراثة سوف لن يكون عام في التطبيق في توارث الصفات لجميع الكائنات الحية.

ويمكن تفسير معظم الإستثناءات الظاهرة، إذا إفترضنا أن كثير من الصفات تتأثر بزوجين أو أكثر من الجينات التي تتداخل تأثيراتها المظهرية، على الرغم من بقاء القوانين الأساسية لمندل تطبق على كيفية إنعزال جيناتها، غير أن النسب المظهرية لتلك الصفات تتحور بطرائق مختلفة تبعاً لنوع التداخل وبذلك ستشذ النسب المظهرية لقانون مندل الثاني 9:3:3:1 والتي تعبر عن السيادة التامة ونحصل على نسب جديدة.

إن طبيعة الفعل الجيني بالتداخل الوراثي × البيئي اذا حدث وكان النبات تحت تأثير إثنين من عوامل الإجهاد (الجفاف والملوحة مثلاً) في نفس الوقت، فإن عدد التداخلات تكون ثلاثة، واذا كانت ثلاثة عوامل فان عدد التداخلات سيكون سبعة، وان كانت أربعة عوامل إجهاد فان عدد تداخلاتها سيكون ثلاثة عشر وهكذا.



الشكل يوضح كيفية حدوث سبعة تداخلات

إن الفعل الجيني يؤثر في طبيعة توريث الصفة في الهجين بأشكال مختلفة، ويمكن إيجاز حالاته كما يلي:

1- التفوق السائد Dominant epistasis12:3:1

إن أبسط صور التداخل لفعل الجينات تظهر عندما يؤثر زوجان من الجينات على نفس الصفة، كما في لون ثمار القرع الصيفي Summer squash الذي لديه ثلاثة الوان هي (أبيض ، أصفر وأخضر). يتم التحكم في اللون الأبيض بواسطة الجين السائد W واللون الأصفر بواسطة الجين السائد G الذي يسيطر على كل من اللونين الأصفر والأخضر، إذ يتم إنتاج الثمار الخضراء في الحالة المتنحية (wwgg)، وعند اجراء التضريب بين النباتات فقد أعطت نباتات الجيل الاول F1 ثمار بيضاء وصفراء مع الثمار البيضاء، فيما أنتج التهجين بين النباتات F1 نباتات ذات ثمار بيضاء ، صفراء وخضراء ملونة في F2 بنسبة 12: 3: 1، كما وتظهر حالات التفوق السائد في شكل

العرف Comb في الدجاج، إذ لا تتحور النسبة في هذه الحالة، ولكن سيحدث تغير في مظهر أفراد F1 فقط مقارنة بمظهر شكل العرف في الآباء.

2- الجينات المكملة (المتضاعفة المتنحية) 7:9 Complementary genes وهي جينات تشترك معاً ويكتمل فعل بعضها البعض لإظهار صفة معينة، وهي جينات تنتج معاً تأثير يختلف من حيث النوع عن تأثير أي جين بحالته المفردة، فعند تلقيح سلالتين بيضاء التويج لنباتات بازلاء الزهور (السلالتان متشابهتان في مظهرهما ومختلفتان في تركيبهما) فأن ظهور اللون البنفسجي يتوقف على إجتماع جينين مختلفين في التركيب الوراثي للفرد، وإن غياب اللون الأبيض نشأ نتيجة غياب أحدهما أو كلاهما، ولكن عند اجتماعهما يظهر اللون البنفسجي (القرمزي)، إذ يكمل كل منهما عمل الآخر. وقد فسرّ هذا التفاعل الجيني على أساس كيمياوي وعلى فرض ان الجين قد ينتج صبغات غير ملونة ولكنها اساسية لتكوين اللون وهذه تتحول الى اللون القرمزي بواسطة الإنزيم الذي ينتجه الجين P ، فقد أمكن خلط مستخلص من نباتين بيضاء التويج وأمكن من خلالها إنتاج اللون القرمزي (الارجواني) Purple .

3-الجينات المانعة (التفاعل السائد والمتنحي) 3:13
Inhibition genes هي الجينات التي تؤثر في عمل جينات أخرى فتمنعها من إظهار صفات معينة، ما يؤدي الى حصول تغيير في النسبة المظهرية المتوقعة، كما في الجين المسؤول عن اظهار اللون الأحمر في حبوب الذرة الصفراء Ri التي ليس تأثير بوجود جينة أخرى ذات تأثير وراثي مانع.

4- التفوق المتنحي (الإرتداد) 9: 3: 4 Recessive epistasis
يظهر التفوق المتنحي في لون الجسم في الفئران، إذ ان اللون الاعتيادي هو الرمادي (والذي يكون فيه لون الشعر اسود يحتوي حلقة صفراء في الأعلى تضفي اللون الرمادي) لكن هناك سلالات أخرى بيضاء اللون، وهي حالة أخرى من تداخل وتفاعل الجينات لإظهار الصفات الوراثية، وتظهر مثل هذه الحالة عند دراسة اللون في القوارض كالفئران وغيرهامن التي يكون اللون الطبيعي لهذه الحيوانات هو اللون البري الرماديAgawti ، ويلاحظ أن الفئتين الأخيرتين إتحدتا في المظهر وكونتا فئة واحدة هي الألبينو Albino .

5- الجينات المتضاعفة السائدة (السائدة المكررة) 1:15 .g Duplicate
إن ما يؤثر على نفس الصفة وبدرجات متساوية هو وجود أكثر من جين واحد، كصفة شكل محفظة البذور لنبات كيس الراعي الاعتيادي تكون ثمار مثلثة الشكل تنتج بواسطة احد الجينن السائدين C أو Dأو كليهما، فإذا وجدت الجينات المتنحية (cd) سيكون شكل الثمرة بيضوياً، أما إذا كانت الثمار ذات تركيب وراثي Cd ،CD ، cD فتكون مثلثة الشكل، مما يدل على وجود احد الجينن السائدين او كلاهما بحالة خليطة أو أصيلة مما ينتج نفس الطراز المظهري بدون تأثير جمعي .

6- الجينات المتضاعفة (المتماثلة) ذات الثاثير التراكمي 9: 6: 1
ويمكن ملاحظة هذه الحالة في شكل ثمرة نبات القرع الصيفي، فاذا كانت إحدى الجينن السائدين (A، B) تنتج نفس النمط المظهري (كروي)، فان تراكم تأثير كل من الجينن السائدين سيعطي نمط جيني مغاير (قرصي)، أما عند عدم وجود أي جينة سائد فسيكون شكل الثمرة هو النمط البيضوي.

7- التداخل الجيني لثلاث او أكثر من الجينات
إذا ما حدث تداخل الفعل الجيني بين ثلاث جينات فان نسبة الانماط المظهرية في النسل الناتج من تزاوج ثلاث هجن Tri hybrid سوف تتحور ولا تحصل النسبة المندلية 27: 9: 9: 9: 3: 3: 3: 3: Aa Bb Cc × Aa Bb Cc1 ، أي ان التداخل يختزل عدد الصفات المظهرية في النسل، وبذلك لا تنتج هنا ثمانية صفات مظهرية كما يحصل في الحالات السابقة بل سيكون أقل من ذلك.

أنواع الفعل الجيني Types of interaction of genes
للفعل الجيني عدة أنواع متحكمة بتوارث الصفات المختلفة، التي لابد من معرفتها من قبل مربي النبات وهي:

1- فعل الجين السيادي (التغلب) Dominance gene action: وهو فعل وراثي ناتج من تداخل جيني بين أليلين على نفس الموقع الجيني، فمثلاً يكون الأليل A متغلب (سائد) على الأليل a وبذلك سيكون الفرد AA مماثلاً للفرد Aa (AA=Aa) وكلاهما يختلفان عن aa، وهو على نوعين:

أ. السيادة الجزئية Partial dominance: وفيها يكون Aa وسطاً بين AA و aa وهو من ناحية التشخيص سيكون أبسط من الحالة الأولى (السيادة) بسبب اختلاف AA عن Aa، فتكون الصفة فيها AA > Aa > aa أو كأن الفعل الجيني في هذه الحالة من النوع الأضافي (المضيف) additive.

ب. السيادة المشتركة Co-dominance: وهي ناتجة من وجود زوجين من الجينات المختلفة مظهرياً على نفس الموقع الجيني في سلالة أخرى، كأن تكون إحداهما A1A1 والثانية A3A3 لنفس الصفة وكلاهما يعمل بصورة مشتركة عليها لإظهارها وذلك على نفس الموقع الجيني وعلى نفس الكروموسوم، فنحصل بعد التضريب على F1 تركيبه A1A3 > A1A1> A3A3، وتسمى حالة ظهور A1A3 hemizygous وفيها فعل جيني تكميلي Complementary وهي مهمة في إظهار قوة الهجين لأن الجينات متغايرة المظهر.

2- فعل الجين الإضافي Additive gene action: يظهر الفعل الجيني الإضافي (المضيف) بشكل واضح في تربية سلالات المحاصيل خلطية التلقيح، لا سيما بطريقة خلية النحل، إذ يتم إستنباط سلالات نشطة ذات حاصل عالي قد تضاهي الهجين الذي اشتقت منه، ويعمل الفعل الجيني المضيف في ثنائية ورباعية وسداسية وثمانية الجينوم، لكنه قد يكون أوضح كلما إزداد عدد الجينوم في خلية الفرد، فيكونه مثلاً AAAA > AAAa > AAaa > Aaaa > aaaa، ويمكن ظهور الفعل الجيني

المضيف على موقع جيني واحد لكنه يكون انشط إذا كان هناك موقعان جينيان مثل AA و BB كل منهما في أحد الأبوين المتزاوجين وذلك بفعل تكميلي كل منهما للآخر لإظهار الصفة على موقعين مختلفين على نفس الكروموسوم (لنفس الصفة).

3- فعل الجين التفوقي Epistasis gene action: ينتج من وجود زوجين من الجينات على موقعين مختلفين من الكروموسوم ولكنهما يعملان لصفتين مختلفتين، وهناك نوعين للتفوق هما:

أ.التفوق المشترك Co-epistasis: يعد هذا النوع من الفعل الجيني مهم جداً في إظهار قوة الهجين بوجود زوجين من الجينات من دون وجود حالة التلازم بينهما ولنفس الصفة على نفس الكروموسوم يعملان بصورة تكميلية، فمثلاً نجد أن الصفة الكمية (كحاصل الحبوب في الحنطة) تزداد بسبب وجود فعل تكميلي لزوج من الجينات يسيطر مثلاً على وزن الحبة والثاني يسيطر على عدد الحبوب (صنفان مختلفان أصلاً) لكنهما يعملان على صفة واحدة وهي حاصل النبات الناتج من تزاوج الأبوين الحاملين للصفتين المختلفتين، ويعد هذا النوع من الفعل الجيني مهم جداً في إظهار قوة الهجين.

ب. شبه التفوق Semi epistasis: وهو ناتج من وجود زوجين من الجينات على كروموسومين مختلفيين (أي بدون تلازم)، وبذلك فان كل زوج جيني منهما يعمل لصفة معينة، فإذا ما حدث تلازم بين الصفتين (A وB) مثلاً تسمى الحالة Coupling، وتسمى حالة تلازم الأليل a معالأليل B أو b مع A بـ Repulsion.

الإرتباط بين الجينات المتعددة والجينات الرئيسية

يؤدي الإرتباط الى زيادة فرصة ظهور التراكيب الوراثية الأبوية في الجيل الثاني، وبالمقابل فانه يقلل من فرصة ظهور انعزالات جديدة، ويتوقف ذلك على شدة الإرتباط التي تزيد بإنخفاض قيمة العبور الوراثي بين الجينات، إذ ان مربي النبات يعمل على إرتباط عالي مرغوب فيه لانه يحافظ على ثبات التراكيب الوراثية (تشجيع الإرتباط بين الجينات للصفات المرغوبة)، ومن الأمثلة على الإرتباط بين الجينات الرئيسية والجينات المتعددة هو إرتباط لون بذرة الفاصوليا المعين لمورث واحد مع وزن بذرة الفاصوليا التي هي صفة كمية، وكذلك يرتبط لون ثمرة الطماطة بحجمها، وفي ذبابة الفاكهة تظهر مورثات رئيسية على الكروموسومات الأربعة إرتباطاً مع مورثات مختلفة لحجم البيضة التي تعتبر صفة كمية أيضاً.

العقم وعدم التوافق Sterility and self-incompatility

تعد ظاهرتي العقم الذكري وعدم التوافق الذاتي (الجنسي) من الظواهر الطبيعية التي تحدث في المملكة النباتية التي يستغلها المربي في إنتاج الهجين، اذ ستكون تلك النباتات غير قادرة على تكوين البذور، وعادة ما يسيطر على هذه الظواهر مورثات موجودة في النواة او في السيتوبلازم او حتى في كليهما.

العقم الذكري Male sterility هو عدم قدرة الأعضاء الجنسية في الزهرة (فشل حبوب اللقاح أو البويضات) على القيام بوظائفها في عملية الإخصاب نتيجة أحد الأسباب التالية:

1- نقص في تركيب احد الأعضاء الجنسية، كوجود نقص في تكوين السداة او القلم او عدم اكتمال واحدة من مراحل تكوّن حبة اللقاح او الكيس الجنيني.
2- إختلاف عدد الكروموسومات للنوعين والجنسين الداخلين في التهجين، مما ينتج عنه عدم تكون الجنين بحالته الطبيعية بعد الإخصاب.

لقد إزداد الإعتماد على العقم الذكري في إنتاج الهجين في عدد من المحاصيل واهمها الذرة الصفراء بهدف تقليل كلفة إنتاجها بسبب عدم إجراء التهجين يدوياً، ومن مظاهر العقم الذكري هي :
1-عقم حبوب اللقاح Pollen sterility: وهو خلو المتوك من حبوب اللقاح او ضمور الاخيرة في حالة وجودها في المتك وبالتالي فشلها في إحداث التلقيح وهو الأكثر شيوعا من المظاهر الاخرى.
2- عدم تفتح المتوك، وهو فشل المتوك في التفتح رغم امتلائها بحبوب اللقاح الخصبة.
3- عقم الاسدية، وهو تحور الاسدية الى تراكيب أخرى، واختفائها كليا كما في الجزر.

عملياً، يصعب تحديد أسباب العقم النباتي لوجود أشكال متعددة منه في كل نوع. **وللتخلص من العقم النباتي في بعض المحاصيل** فيمكن للمربي اللجوء إلى بعض الإجراءات الحقلية كإنتخاب النباتات الخصبة وإكثارها، أو باستخدام التهجين الرجعي بتلقيح الهجين العقيم بأحد الأبوين، أو يمكنه إجراء تلقيح إضافي للهجين العقيم مع نوع ثالث، فضلاً عن إنه يمكن الحصول على المجموعات الكروموسومية المغايرة بمضاعفة العدد الكروموسومي للنباتات العقيمة، ويمكن استخدام المواد الكيمياوية بهدف الحصول على توافق موعد الإزهار للبراعم الزهرية المذكرة والمؤنثة لما لهذا من تأثير إيجابي في زيادة إنتاج المحاصيل.

أنواع العقم الذكري

هنالك ثلاث حالات رئيسية للعقم الذكري وهي :
1- العقم الذكري الوراثي Gnetics male sterility الذي ينتشر في الكثير من النباتات وخاصة ثنائية المجموعة الكروموسومية كالذرة الصفراء والبيضاء والشعير والبنجر السكري والباذنجان وغيرها، اذ يتحكم فيها زوج واحد من المورثات المتنحية الموجودة في النواة والتي تعمل على منع

Dr. Fouad Razzaq

نمو وتطور اعضاء التذكير وبالتالي احداث العقم فيها ويرمز لعامل العقم الذكري بالرمز MS ، وبالتالي فان التركيب الوراثي (ms ms) سيكون عقيماً، في حين يكون التركيبان الآخران (MS MS) و (MS ms) خصبان.

العقم الذكري الوراثي وعلاقته بالعوامل البيئية

تنتشر حالات العقم الذكري الوراثي في المملكة النباتية التي يتأثر ظهورها من عدمه ببعض العوامل البيئية كدرجات الحرارة والضوء، فمثلا تظهر حالة العقم هذه في نباتات الحنطة عند تعرضه لنهار طويل يزيد على 15 ساعة، كما ظهرت ايضا في نباتات الشعير التي تعرضت لدرجة حرارة زادت على 30 ^{o}م، في حين كانت خصبة عند 15^{o}م، وفي نباتات الرز، فقد ظهرت حالة العقم الذكري الوراثي عند تعرضها لفترة ضوئية طويلة زادت على 14 ساعة او لدرجات الحرارة العالية. وعلى الرغم من حدوث العقم الذكري طبيعياً من خلال الطفرات في الكثير من المحاصيل، الا انه يمكن إحداثه ايضا بطرائق صناعية عديدة ومنها :

أ. المطفرات Mutagens

تستخدم الأشعة ومنها أشعتي أكس وكاما بإحداث العقم الذكري باتباع التشعيع وبجرعات محسوبة وحسب نوع المحصول.

ب. مبيدات الگيميتات (المواد الكيميائية) Gameto cides

تستخدم بعض المواد الكيميائية لإحداث العقم الذكري لعدد من المحاصيل، إذ تتميز هذه المبيدات بامكانية إستخدامها في إحداث العقم الذكري في سلالة من السلالات التي نرغب في إستخدامها كأم لإنتاج الهجين وهو عقم آني لا يمكن ان يُورَّث، على العكس من العقم الناتج بسبب المطفرات الذي يمكن أن يورّث من جيل الى آخر، ومن أكثر المواد الكيميائية المستعملة في إنتاج العقم هي الاثيفون (يستخدم بتركيز 1000-2000 PPm لرش نباتات الحنطة لمرة واحدة) والمستعمل وفي كثير من المحاصيل كالحنطة والشعير والرز وبنجر السكر وغيرها، وكذلك حامض الجبريلليك (يستخدم بتركيز 2% لرش النباتات مرتين في بداية مرحلة نمو المشايج الزهرية) المستعمل في كثير من محاصيل الخضر فضلاً عن الحنطة والشعير والرز وزهرة الشمس، كما وتستخدم مادة النفثالين وحامض الخليك وغيرها.

2- العقم الذكري السايتوبلازمي Cytoplasmic male sterility

إن التوارث والتغاير في الكائنات الحية مسيطر عليه من قبل المورثات التي تقع على الكروموسومات الواقعة في النواة، ومع هذا فان السايتوبلازم ومحتوياته المحيطة بالنواة قد يؤثر على الطريقة التي تعبر هذه المورثات عن نفسها، وتوريث صفة العقم الذكري السايتوبلامي كأية صفة مندلية بسيطة وعن طريق سايتوبلازم الأم، ما يعني أن هذا النوع من العقم محكوم بفعل النواة والسايتوبلازم.

Dr. Fouad Razzaq

إن العامل المسؤول عن إحداث العقم الذكري السايتوبلازمي في النبات هو عامل خاص بالعقم يرمز له S (Sterility) الموجود في السايتوبلازم نتيجة لوجود خلل وراثي في المايتوكندريا بينما يوجد عامل الخصوبة F (Fertility) في سايتوبلازم النباتات الخصبة، وتتشابه السلالة العقيمة مع السلالة الأصلية في جميع صفاتها باستثناء عدم تكوين حبوب اللقاح، وتنتشر هذه الحالة في نباتات الزينة الزهرية وفي محاصيل الذرة الصفراء والبنجر السكري والتبغ والبصل وغيرها، ومن أهم مصادر العقم الذكر السايتوبلازمي هي :

1-الطفرات الطبيعية، المنتشرة في جميع المحاصيل تقريبا كما في الذرة الصفراء.

2 - إستحداث الطفرات، بمعاملة البذور مثلا بمركب ethidium bromide الذي إستعمل لأول مرة في تطفير مورثات السايتوبلازم في بذور الشعير عام 1993م.

3- الهجن النوعية، كما في حالة العقم في هجين الحنطة الناتج من التهجين بين نوعين منه، إذ غالبا ما ينتج عنها انعزالات عقمية سايتوبلازمياً.

4- دمج البروتوبلاست، وينتج بعد عملية الدمج نقل العقم بين الأنواع وإستبعاد الصفات غير المرغوبة بعد التهجين النوعي، كما في جنس Brassica وغيره.

يمكن نقل صفة العقم الذكري السايتوبلازمي الى أي صنف او أي سلالة يراد إستعمالها كأم في التهجين باتباع طريقة التهجين الرجعي Back cross، ويتم المحافظة على هذا الصنف او السلالة الحاملة للصنف بتهجينها مع سلالة أخرى من نفس الصنف على ان تكون خصبة ذكريا، وستكون النباتات الناتجة عقيمة ذكريا لانها تستلم السايتوبلازم من الأم العقيمة.

إن هذا النوع من العقم يستعمل في إنتاج الهجن في نباتات الزينة والمحاصيل الاقتصادية المزروعة لاجل الحصول على اجزائها الخضرية كالبنجر السكري وغيره، لأن نباتات الجيل الأول للهجين تكون عقيمة ولا تنتج الثمار، كما يتميز الجيل الأول الهجين ايضا بسهولة الحصول على الأصناف التجارية العقيمة ذكريا منه وبنسبة 100 %، **ويتم الإستعانة بالعقم الذكري السايتوبلازمي في إنتاج الذرة الصفراء الهجينة** وذلك بزراعة خطين الى أربعة خطوط من النباتات العقيمة ذكرياً مع خطين من النباتات الخصبة.

3-العقم الذكري الوراثي السايتوبلازمي Cytoplasmic genetics male sterility

الذي يظهر في عدد من المحاصيل بسبب وجود عامل العقم (S) في سايتوبلازم خلاياها، ووجود عامل الخصوبة (F) أو (N) في سايتوبلازم هذه النباتات العقيمة، ولكنهما يختلفان بوجود عامل وراثي آخر سائد في النواة يسمى بـ جين إستعادة الخصوبة Restorer gene (R او Rf)، إذ ان وجود هذا المورث يؤدي الى استعادة الخصوبة في النباتات الحاملة لعامل العقم (S) في سايتوبلازم خلاياها.

Dr. Fouad Razzaq

إن وجود مورث إستعادة الخصوبة بحالته المتنحية الأصلية تكون غير مؤثرة، وبذلك ستكون التراكيب الوراثية الممكنة في حالة العقم الوراثي السايتوبلازمي كما في الجدول التالي :

السايتوبلازم	النواة	حالة النبات
S	RR	خصب
S	Rr	خصب
S	Rr	عقيم
F	RR	خصب
F	Rr	خصب
F	Rr	خصب

ويمكن نقل صفة العقم الذكري الوراثي السايتوبلازمي بسهولة الى أي صنف او سلالة مستعملة كنبات أم في التهجين الرجعي وبإعتبار السلالة التي يراد نقل الصفات اليها كنبات أب.

يُعاب على ظاهرة العقم الوراثي السايتوبلازمي في إنتاج بذور الهجين بنقل التأثيرات غير المرغوب فيها للسايتوبلازم، وحتى مورثات استعادة الخصوبة لا تستطيع التخلص من هذه التأثيرات في حالة انتقالها عند التهجين كما في سايتوبلازم صنف تكساس العقيم (Cm-T) في نبات الذرة الصفراء، وهو شائع الإستعمال تجارياً في نقل صفة العقم الا انه مثبطا للنمو وللحاصل ولصفات أخرى وبنسبة تصل الى 4 %. يطلق التعبير A-line على السلالات العقيمة سايتوبلازمياً وB-line (الخصبة سايتوبلازمياً) على السلالات الشقيقة للسلالات العقيمة والتي بتضريبها مع A-line نحصل مرة أخرى على سلالات A-line، أما النوع الثالث فهو المعيد للخصوبة (Rf) حيث تزرع مجاورة لسلالات A-line لإنتاج الهجين F1 وهو خصب لأن سلالة R-line خصبة وراثياً وهي متغلبة على العقم السايتوبلازمي فيما يكون الأخير متغلبا على الخصوبة السايتوبلازمية.

كيفية إستنباط سلالات R-line

لإستنباط هذه السلالات تزرع بذور صنف مفتوح التلقيح أو صنف تركيبي أو بذور نباتات الجيل الثاني (F2) الناتجة من بذور نباتات الجيل الأول (F1) التي أُستخدمَ فيها العقم الذكري، يظهر العقم الذكري السايتوبلازمي كذلك من التلقيح الذاتي المستمر لعدة اجيال من أفراد خصبة، فبعد زراعة بذور المواد الوراثية المذكورة ومع بداية التزهير، وليكن مثلاً المحصول هو الذرة الصفراء، نقوم بتغليف مناشئ العرانيص باكياس ورقية خاصة قبل ظهور الحريرة وذلك لمنع تلقيح هذه النباتات بحبوب لقاح غير مرغوبة وبذلك سنحصل على مئات النباتات المغلفة نوراتها الانثوية، وعند ظهور النورة الذكرية Tassel نلاحظ مظهرها، فاذا كان عقيماً نقوم بانتخاب نورة ذكرية خصبة من نبات آخر ونغلفها لكي نلقحها بها، وهكذا لبقية النباتات المغلفة، وفي نفس الوقت نقوم بتلقيح نباتات الأب الخصبة ذاتياً بنقل حبوب لقاحها من النواة الذكرية الى الحريرة ونعيد تغليفها حتى نهاية الموسم، ثم نجمع بذور كل نبات مضرّب ونزرعها في الموسم القادم، فإذا ظهرت النباتات الجديدة الناتجة من

Dr. Fouad Razzaq

التضريب خصبة فان الأب سيكون خصب R-line، وإذا ظهرت عقيمة مثل أمها فان الأب هو B-line، وحيث ان الأخيرين قد تم تلقيحهما ذاتياً فإننا سنحصل على بذور B و R، أما بذور A-line يمكن الحصول عليها دائماً بتضريب R-line مع نباتات A-line الأم.

ويمكن تشخيص النبات العقيم في الذرة الصفراء: مثلاً نلاحظ عدم وجود متوك في النواة الذكرية أو ان المتوك ظاهرة لكنها تحوي حبوب لقاح متكتلة صغيرة ولا تنتشر في الهواء مثل الحبوب الخصبة، كما ان عدد أفرع النباتات العقيمة (افرع النواة الذكرية) تكون محدودة العدد ولا تزيد على ستة أفرع، في حين تكوّن الخصبة بين 10 -12 فرعاً.

عدم التوافق الذاتي Self-incompatibility (SI)

وهي ظاهرة عدم حدوث الإخصاب في النباتات مغطاة (كاسيات) البذور، على الرغم من أن جميع أعضائها الجنسية (المتوك والمياسم) تامة التكوين وقادرة على إحداث التلقيح والإخصاب، بسبب وجود مانع فسلجي (وظيفي) أو وراثي يعمل على إبطاء أو إيقاف نمو الانبوبة اللقاحية داخل القلم وبالتالي منعها من الوصول الى البويضة في الوقت المناسب، ما يعني أن عدم التوافق الذاتي في الصنف هو عدم قدرة حبوب لقاحه على إخصاب مياسم أزهاره، ويعزى ذلك لعدة اسباب منها عدم التزامن في نضج كلا من حبوب اللقاح والمبايض أو لإرتفاع المياسم فوق حبوب اللقاح، أم ان المياسم لا تنفتح إلا بوجود فعل فيزيائي بهبوب رياح شديدة أو حركة حشرة أو انسان على الأزهار، أو ان حبوب لقاح النبات ذات تركيب لا يتفق وراثياً مع تركيب البيضة.

تنتشر ظاهرة عدم التوافق الجنسي الذاتي في كثير من محاصيل الفاكهة والخضر ونباتات الزينة، ومنها نباتات الجنس Prunus الذي يضم فاكهة النواة الحجرية الى جانب جنس Malus الذي ينتمي له التفاح.

يعود الفضل في التفريق بين حالات العقم وحالات عدم التوافق الجنسي الى كل من Granex و Lawrence عام 1929، الذين فسرا أسباب حدوث الظاهرة الى وجود عوامل وراثية (جينات) خاصة تسيطر على ظهورها.

وتسمى حالة النبات الذي لا يستطيع التلقيح ذاتياً على الرغم من أن حبوب لقاحه (الأمشاج أو الكَيميتات) خصبة وميإسمه (البويضة) طبيعية بإسم عدم التوافق الذاتي Self incompability، في حين تسمى حالة النبات الذي لا يمكن تلقيحه مع نبات آخر يحمل عوامل عدم التوافق نفسها بإسم حالة عدم التوافق الخلطي Cross incompability، ففي بعض الأحيان يمكن أن تكوّن النباتات بذوراً على الرغم من وجود حالة عدم التوافق الجنسي وذلك نتيجة لوصول بعض الأمشاج المذكرة (الكَيميتات) الى البويضة وإخصابها لأنها تغلبت على التأثير الفسيولوجي الذي يُبطئ نمو الأنبوب اللقاحي.

إن عدم التوافق الذاتي هو آلية واسعة الانتشار في النباتات المزهرة التي تمنع التربية الداخلية Inbeeding وتعزز هَجنُ الأَباعِد Outcrossing.

Dr. Fouad Razzaq

ويتم التحكم في استجابة عدم التوافق الذاتي وراثياً بواسطة واحد أو أكثر من المواقع المتعددة الأليل Multi-allelic loci، وتعتمد على سلسلة من التفاعلات الخلوية المعقدة بين حبوب اللقاح غير المتوافقة ذاتياً والمدقة.

وعلى الرغم من أن وظائف عدم التوافق الذاتي في نهاية المطاف تمنع الإخصاب الذاتي، فقد طورت النباتات المزهرة عدة آليات لرفض حبوب اللقاح غير المتوافقة ذاتياً. إذ يبدو أن نظام معظم نباتات العائلة الخشخاشية Papaveraceae لديها استجابات خلوية معقدة مثل تدفقات الكالسيوم، إعادة ترتيب الأكتين، وموت الخلايا المبرمج الذي يحدث في أنبوب اللقاح غيرالمتوافق.

التفسير الوراثي لظاهرة عدم التوافق

إن أسباب حدوث ظاهرة عدم التوافق الجنسي الذاتي والخلطي هو العامل الوراثي الذي يرمز له بالرمز (S) (نسبة الى Sterility) هو المسؤول عن اغلب حالات عدم التوافق الجنسي، من خلال تحكمه في إنبات حبوب اللقاح على مياسم أزهار معينة دون غيرها، إستناداً على تفاعلات بروتينية-بروتينية، ولهذه الموروثة (S) سلسة طويلة من الأليلات يرمز لها S1، S2، S3، S4، S5، ..... الخ، في حين أن النبات الثنائي يحتوي على اليل واحد في حالته الأصلية او على اليلين إذا كان خليطا، ويمكن نمو حبة اللقاح على أي ميسم لا يوجد فيه أليل عدم التوافق الموجود بحبة اللقاح فيسمى هذا النوع من عدم التوافق بحالة عدم التوافق الكَيميتي.

وقد ام اكتشاف حالات من عدم التوافق الكَيميتي هذا يتحكم فيها زوجان من المورثات، كما في المحاصيل النجيلية وبعض محاصيل العائلة الباذنجانية، وعلى الرغم من أن النباتات النجيلية يوجد فيها عدم توافق كَيميتي، فإن نباتات الحبوب لا توجد فيها هذه الظاهرة باستثناء الشوفان، كما واكتشفت حالات من عدم التوافق الكَيميتي تتحكم فيها ثلاث ازواج من المورثات في عدد قليل من الأنواع النباتية واهمها *Lolium spp.* و*Vulgaris*، ولكي تظهر حالة عدم التوافق فلا بد من تفاعل أليلات الموروثات مع بعضها لتتحكم في سلوك حبوب اللقاح وقابليتها على الإنبات على مياسم الأزهار.

ومن التفسيرات المهمة لظاهرة عدم التوافق الذاتي هي:

1- أوضح كل من Lawrance و Granex أن القرائن التي تدل على أن بعض حالات التوافق الذاتي الفسلجي قد تكون بسبب حالة التضاعف الكروموسومي polyploids المسببة لتكرار العوامل الوراثية المتبادلة لهذه الظاهرة.

2- فسر كل من East و Mangels و Dorf في عام 1925 م هذه الظاهرة في نبات الدخن إعتماداً على نظرية العوامل المضادة التي تعتمد على مجموعة من العوامل الوراثية التي يرمز لها بـ

Dr. Fouad Razzaq

(S) المسيطرة على ظاهرة عدم التوافق الجنسي الذاتي، وان إثنين فقط من هذه العوامل الوراثية يتواجدان سوية في الفرد العادي، في حين يوجد عامل واحد في حبة اللقاح او البويضة، وحسب هذه النظرية فان نمو الانبوبة اللقاحية التي تحتوي على أحد هذه العوامل يكون بطيئا أو لا تنمو في القلم الذي يحمل نفس العامل في تركيبه الوراثي في حين يكون نمو الانبوبة اللقاحية طبيعيا في حالة حمل نسيج القلم لعوامل أخرى مختلفة عن مجموعة عوامل عدم التوافق الذاتي.

3- إقترح كل من Ferrari و Wallace في عام 1977م نظريتهما لتفسير هذه الظاهرة بتحكم أحد أليلات المورث (S) في إنتاج مادة مانعة في الميسم وهي الجزء المؤثر (الكلايكو بروتينات) ويتحكم ايضاً في إنتاج مادة مقابلة (الجزء المستقبل) في حبة اللقاح، وأوضحا وجود مادة تمنع إنبات حبوب اللقاح وأخرى تنشط إنباتها.

ومن المحاصيل التي تعاني من ظاهرة عدم التوافق الذاتي مثلاً هو الجت، بسبب تفتح أزهاره والتي تعد ظاهرة طبيعية في النبات، لذلك تحتاج الى عملية Trippning (تفتح الزهرة نتيجة وقوف الحشرة عليها)، إذ إنه غالبا ما تحمل هذه الحشرات حبوب لقاح غريبة فتساهم بعملية التلقيح أيضاً، اضافة الى عملية تفتح الزهرة.

ويمكن التغلب على هذه الظاهرة في حقول النباتات التي توجد فيها من خلال:

1- وضع 4 - 6 خلايا نحل في الحقل.
2- إستنباط أصناف متعددة الخطوط Multi-line cultivars، التي تكون ذات عدة خطوط وراثية متغايرة وراثياً ومتماثلة مظهرياً في صفة النضج، ثم تخلط بذورها بكميات متساوية لزيادة نسبة الإخصاب فيما بينها.

أهمية عدم التوافق

حققت هذه الظاهرة أهمية كبيرة في إنتاج الهجن وذلك اما بإستعمال سلالتين متوافقتين خلطيا لإنتاج البذور الهجينة او بإستعمال سلالتين تكون احدهما خصبة ذاتياً والأخرى غير متوافقة، ومن ثم حصاد النبات الهجين من السلالة غير المتوافقة ذاتياً وجمع بذورها، وتتم الاستفادة من هذه الظاهرة في إنتاج الهجن المزدوجة والثلاثية في نباتات العائلة الصليبية كالقرنابيط، اللفت، البروكلي، الرشاد والفجل.

وتعد (SI) إحدى أهم وسائل منع التربية الداخلية (التهجين الداخلي) في النباتات وتشجيع توليد الأنماط الجينية الجديدة في النباتات، وتعتبر من الأسباب التي أدت إلى انتشار ونجاح نباتات مغطاة البذور في العالم.

Dr. Foud Razzaq

Dr. Fouad Razzaq

طرائق تربية النبات Plant breeding methods

يعد الصنف Cultivar أو Variety هو الوحدة الحقلية Field unit المهمة التي يتعامل بها كلّ من مربي نبات Plant breeder في عمله وهي احدى مخرجاته ومن ثم الفلاح أو المزارع في حقله، ولذلك يُعرّف الصنف الزراعي Cultivar على انه مجموعة من النباتات المتجانسة والمتشابهة في مظهرها وفي تركيبها الوراثي والفسلجي وفي سلوكها الحقلي، إذ يمكن التمييز بينها وبين باقي الأصناف الأخرى التابعة لنفس النوع بصفة واحدة مميزة او عدة صفات، ويمكن تعريف الصنف وراثياً بانه عبارة عن تركيب وراثي واحد متماثل او أصيل وراثياً.

ويعمل المربي من خلال طرائق التربية الى إيجاد مجاميع من النباتات لها القدرة على إعطاء أفضل نمو خضري وحاصل تحت ظروف بيئية مختلفة من خلال تراكيبها الوراثية الجيدة، فضلاً عن إيجاد وإستنباط عدد من الطرز الوراثية المسماة بالسلالة Strain (وهي نسل نبات واحد، تكون جميع أفرادها أصيلة وراثياً homozygous بنسبة 100% ومتجانسة وراثياً homogenous) داخل النوع الواحد أو إيجاد الخطوط النقية Pure lines، إذ يقوم المربي سنوياً بإختيار عدد كبير من بين تلك السلالات المتفوقة على قريناتها عن طريق إدخالها في برنامج تربية مناسب ضمن احدى طرائق التربية التي ستأتي لاحقاً، واختبارها في تجارب حقلية للتأكد من قابليتها على الإنتاج الجيد وصفاتها النوعية الجيدة ومن ثم يعطى لها إسماً بعد إكثارها وتوزيعها على الفلاحين. وتقسم طرائق تربية النباتات وتحسينها وراثياً الى ثلاثة طرائق وهي:

أولا. تربية وتحسين النباتات ذاتية التلقيح والإخصاب.
ثانياً. تربية وتحسين النباتات خلطية التلقيح والإخصاب.
ثالثاً. تربية وتحسين النباتات خضرية التكاثر.

د. فؤاد رزاق

طرائق تربية المحاصيل ذاتية التلقيح

Plant breeding methods of self-pollination

يُعرّف التلقيح الذاتي Self-pollination (Auto gamy) أو الطبيعي على إنه إنتقال حبوب اللقاح من متك زهرة الى ميسم نفس الزهرة، أي إن التلقيح الذاتي يتطلب وجود أعضاء التذكير والتأنيث في نفس الزهرة ونضجهما في وقت واحد Homogamy. وتشترك جميع طرائق تربية المحاصيل ذاتية التلقيح بهدف واحد وهو الحصول على على تراكيب وراثية جديدة ذات صفات مرغوبة، ولكنها تختلف من حيث أسلوب التطبيق والوسائل المستعملة، وقبل تفصيل هذه الطرائق، نعرج قليلاً على السلالة والهجين والصنف:

السلالة Inbred هي الذرية الناتجة من التلقيح الذاتي والانتخاب لعدة اجيال، التي غالباً ما تكون ستة أجيال فاكثر، وتكون معظم المواقع الجينية في الفرد متماثلة، ولا سيما للصفات المحكومة بأزواج جينية قليلة، وان من بين أهم ما يميز السلالة هي نموها الجيد وحاصلها العالي وقابلية ائتلافها العالية مع سلالة اخرى، فلا يمكن الحصول على قوة هجين بدون إنتاج السلالة، كما انه اذا لم تكن نقية لا يمكن اعادة انتاج الهجين مرة اخرى، لذلك، فان التماثل العالي لأفراد السلالة هام جدا لإعطاء قوة هجين، فضلاً عن ضمان انتاجه مرة اخرى، ان تماثل افراد السلالة يستند الى التماثل الجيني على المواقع الجينية الرئيسية على الاقل.

الهجين Hybrid هو أفراد الجيل الاول الناتجة من تضريب سلالتين او اكثر متباعدة وراثيا، ان هذا التضريب لا يعطي بالضرورة هجينا حتى يكون متفوقا بصفة او اكثر على افضل ابويه، فان لم يكن كذلك فانه عبارة عن تضريب Cross فقط. مع ملاحظة أن إنتاج السلالات والهجن هي في النباتات خلطية التلقيح حصراً، أما في ذاتية التلقيح فيكون **الخط النقي** Pure line والذي يعرف على إنه الذرية الناتجة من نبات واحد، والذي يمكن ان يستخدم لانتاج الصنف سواء مباشرة منها او بتضريبها.

الصنف Variety أو Cultivar هو مجموعة الافراد المشتركة بنفس مجموعة الجينات Genes pool، ولذلك فانه ليس من الضروري ان تكون كلها متماثلة مع بعضها من حيث التركيب الوراثي. ان مصطلح cultivar يشير الى الاصناف المزروعة cultivated، إذ يتم اختيار الصنف ويزرع من قبل البشر واغلب الاصناف يتم تطويرها من قبل المربين وتسمى الهجن والتي قد يكون مصدر

اكثارها من بذور او بالتكاثر الخضري كالعقل وزراعة الانسجة والتطعيم ..الخ، ويتدخل الانسان في زراعته واكثاره، واكثر ما يستخدمه اختصاص البستنة. اما الـ variety فهو الصنف الناتج من البذور فقط والذي ينمو طبيعيا بدون تدخل الانسان

أولاً. الإدخال والأقلمة (الإستيراد والتكييف) Introduction and acclimatization إن الخطوة الأولى في أي برنامج تربية هي جمع المصادر الوراثية المتمثلة بالأصناف والسلالات الوراثية الحاوية على الصفات الجيدة، وهذه المواد الوراثية قد تكون محلية أو أجنبية لذلك فان عملية إستيرادها من خارج البلد تعتبر ضرورية جداً لمربي النبات. تعد طريقة الإدخال وإستقدام الأصناف والسلالات جيدة الصفات من طرائق تربية وتحسين النبات المهمة التي أستعان بها الانسان منذ وقت طويل بواسطة المتاجرة بها، حيث نقلوا الى دول أوروبا وافريقيا وآسيا عدداً من المحاصيل أو أصنافها التي تنمو في الأمريكيتين وبالعكس، إذ أدخلت الولايات المتحدة الأمريكية أصنافاً من الحنطة من أستراليا، وأصنافاً من الرز وفول الصويا والجت والكتان من الهند وباكستان والصين. وتعمل منظمة الزارعة والغذاء الدولية (FAO) على نظام جمع السلالات والأصناف الجيدة للمحاصيل الحقلية المهمة من محطات التجارب والأبحاث المنتشرة في كثير من دول العالم وتوزيعها على الدول والمراكز البحثية لزراعتها هناك. وفي العراق ساهمت محطة أبحاث الرز في المشخاب مثالاً، بإستقدام وإدخال عدة أصناف أجنبية من الرز من دول فيتنام والفلبين والصين والهند واليابان وغيرها، ومن ثم أقلمتها لظروف المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق، فقد نجحت بإستيراد صنف VD20 الذي يتميز بحاصله العالي وبقصر سيقانه وصفات نموه الجيدة الأخرى، وبعد عدة مواسم من التجربة والاختبار الحقلي والمختبري والاحصائي تم تسجيله وإعتماده عام 2001 كصنف جديد أُطلق عليه تسمية الياسمين من قبل الفريق البحثي العراقي الذي تولى أقلمته، إذ يُنافس الآن صنف العنبر-33 الذي يعد من أهم الأصناف العراقية، فضلاً عن إدخال صنف الرز IR-8 من الفلبين الذي يتفوق في إنتاجه بمقدار 20% على أصناف الرز الاستوائية، وفي أوائل السبعينات أُستورد صنف الحنطة مكسيباك من باكستان عام 1969م الذي تفوق في إنتاجه لأكثر من ثلاثة عقود على أصناف محلية عديدة، كما وأُدخِلَ صنف الشعير أريفات من الولايات

المتحدة عام 1961م وصنف نومار عام 1971م وغيرها، وهكذا فان هناك عدد كبير من أصناف عدد من المحاصيل قد أُدخلت الى العراق واعتمدت كأصناف متفوقة في مختلف المناطق.

وتتلخص خطوات تنفيذ هذه الطريقة كما يلي:

الموسم الأول: زراعة التراكيب الوراثية المستوردة (أصناف او سلالات) في خطوط قصيرة وحسب كمية البذور المتوفرة، وعادة ما يكون عدد الخطوط محدود ايضا، وتسمى هذه بخطوط المشاهدة، اذ تعطى ارقام وتزرع معها الأصناف المحلية المتوفرة في خطوط ايضا كخطوط مقارنة (قياس أو مشاهدة) Control, Check، وتكون المقارنة إعتماداً على الصفات الحقلية المظهرية (صفات النمو الخضري والثمري وتحمل الاجهادات البيئية وغيرها) وبعد إكتمال النضج يتم حصاد كل خط (الذي يمثل صنفاً من الأصناف المستوردة) وتؤخذ بذوره بشكل منفرد مع الاحتفاظ برقمه في السنوات التالية. يتم إنتخاب الأصناف المتفوقة في صفاتها المحلية وتستبعد الأصناف الأخرى.

الموسم الثاني: تكثير بذور الأصناف المتفوقة في الموسم الأول بعد التقييم، وذلك بزراعتها في خطوط طويلة نسبيا وحسب كمية البذور المتوفرة من كل صنف وتقارن مع الأصناف المحلية من حيث صفاتها الحقلية والحاصل ومكوناته. تحصد النباتات المتفوقة وتستبعد غير الجيدة.

الموسم الثالث: تكثير بذور كل صنف في مكرر واحد مع المقارنة بالأصناف المحلية من حيث الصفات الحقلية والحاصل.

الموسم الرابع – السادس: إدخال الأصناف في تجارب اختبار الحاصل وذلك بزراعة بذور كل صنف في مكررات عشوائية وفق تصميم تجارب مع المقارنة بالأصناف المحلية.

الموسم السابع: إنتخاب الصنف او الأصناف المتفوقة في الحاصل وفي صفاتها النوعية بالمقارنة مع الأصناف المحلية بهدف تكثيرها وتوزيعها كصنف تجاري معتمد او إستعماله في برامج وأهداف تربية أخرى، ويمكن إختصار عدد موإسم البرنامج وحسب النتائج التي يتوصل اليها مربي النبات.

عادة ما يكون إستيراد التراكيب الوراثية من جهات مختصة ومصادر موثوقة ومن قبل مختصين في الدولة المستقدمة لتلك التراكيب كأن تكون مراكز بحثية او جهات علمية أخرى كالجامعات وغيرها

لغرض فحصها ومتابعتها، على ان تكون المنطقة التي ستزرع فيها التراكيب المستوردة نامية في بيئات وظروف مشابهة او مقاربة لظروف المنطقة التي ستزرع فيها.

ثانياً. الإنتخاب Selection

تعتبر طريقة الإنتخاب من أقدم طرائق تربية النبات والاساس لتحسين النباتات التي مارسها الانسان الذي كان يحتفظ ببذور نباتاته الجيدة التي إنتخبها لزراعتها في الموسم اللاحق، وهذا ما يطلق عليه بالإنتخاب الاصطناعي Artificial selection، فضلاً عن النوع الثاني وهو الإنتخاب الطبيعي Natural selection، ومع مرور الزمن وتطور العلم، تمكن الانسان من إنتخاب نباتات كثيرة ولصفات معينة.

إن كفاءة الإنتخاب تعتمد على وجود التباينات الوراثية لمجتمع نباتي معين لدرجة كبيرة سواء اكانت في البذور او النباتات، اي كلما زاد التباين الوراثي في المجتمع او العشيرة فانه يمكن إجراء الإنتخاب وبالعكس، بمعنى ان عملية الإنتخاب لا تؤدي الى احداث تغيرات وراثية.

يعد الإنتخاب أساس التحسين في أي برنامج تربية، وتعتمد جميع طرائق التربية على إجراء الإنتخاب في أغلب مراحل تطبيقها، ويمكن التنبؤ بمدى التقدم الذي يحصل في الإنتخاب للصفات (خاصةً الكمية منها) من خلال ملاحظة مدى توفر التغايرات الوراثية بين الأفراد وكذلك درجة توريث الصفة، فضلاً عن شدة الإنتخاب Selection intensity للصفة. هناك طريقتان للإنتخاب في ذاتية التلقيح هما:

1-الإنتخاب الإجمالي (الكمي) Mass selection

يتم الإنتخاب الاجمالي لمجموعة من النباتات في العشيرة او المجتمع على اساس المظهر الخارجي المتشابه في صفة مرغوبة او مجموعة منها وحسب هدف المربي، اذ ان تلك الصفات سواء أكانت متنحية ام سائدة في المجتمع فانها دائما ما توجد بحالة اصيلة في مجتمعات وعشائر النباتات ذاتية التلقيح ويكون من السهل تمييز الأفراد الحاملة للمورثات التي تتحكم بهذه الصفات والمسؤولة عن إظهارها.

تعتبر طريقة الإنتخاب الاجمالي مناسبة لإجراء تحسين وراثي سريع في صفات معينة **كصفات إرتفاع النبات والتبكير في النضج ومقاومة الأمراض** وغيرها، اذ يكفي إستبعاد النباتات التي لا

تحمل الصفات المرغوبة وتلك التي تظهر فيها إنعزالات.

عادة ما يستعمل الإنتخاب الكمي في النباتات ذاتية التلقيح لدرجة أقل مما يستعمل في النباتات خلطية التلقيح لان الأخيرة حاوية على الكثير من التغيرات الوراثية، أي انها طريقة غير شائعة الإستعمال في تحسين نباتات ذاتية التلقيح. إن من بين الاهداف التي يحققها الإنتخاب الاجمالي هي:

1- إنتاج أصناف محسنة جديدة.

2- تنقية الأصناف الخليطة او غير المحسنة والمحافظة على تلك النقاوة.

ومن مميزات هذه الطريقة انها سهلة التطبيق وسريعة النتائج لأنها لا تحتاج الى عمل اختبارات للصنف الجديد او التحكم بعملية التلقيح، فضلاً عن انها تعد من اسهل طرق التربية لتحسين صفات الأصناف المحلية، وقبال تلك المميزات والمحاسن فان لهذه الطريقة نقاط ضعف ومساوئ أبرزها هي:

1- ان الصنف الناتج يكون غير نقي.

2- عدم فعاليتها في زيادة الحاصل.

3- صعوبة ضمان التفوق للصفات المنتخبة بسبب تأثرها بالظروف البيئية كثيراً.

وتتلخص خطوات التطبيق الحقلي لهذه الطريقة كما يلي:

الموسم الأول: إنتخاب عدد من النباتات (قد يصل الى 1000 نبات) التي تتشابه مورفولوجياً (المظهر الخارجي) بعدد من الصفات المرغوبة وحسب هدف المربي ثم تحصد النباتات المنتخبة وتخلط بذورها.

الموسم الثاني: زراعة البذور الخليطة المنتخبة في تجربة مقارنة اولية في ألواح مثلاً، مع الأصناف المحلية (صنف مقارنة Check Cultivar) التي غالباً ما تسمى بالقياسية Control أو المشاهدة ودراسة الصفات المهمة المرغوبة كصفات النمو الخضري (إرتفاع النبات، عدد التفرعات، التزهير.... الخ) وصفات النمو الثمري (عدد السنابل في النباتات،عدد الحبوب في السنبلة.. الخ)، والتحمل او المقاومة للاجهادات الاحيائية Biological stress resistance (الأمراض والحشرات) والاجهادات اللا أحيائية (البيئية) environment stress (الجفاف والصقيع... الخ)

ومقاومة بعض الصفات أو مجملها للنباتات المنتخبة مع نباتات الصنف الأصلي ونباتات الصنف المحلي لمعرفة وتحديد مدى ملائمة الخليط المنتخب للظروف الجديدة.

الموسم الثالث – الموسم الخامس: الاستمرار في اختبار الحاصل والصفات الحقلية المميزة ومقارنة النباتات المنتخبة مع الأصناف المحلية، وكما في الشكل **أدناه:**

الموسم السادس: إكثار البذور ومن ثم نشر زراعته كصنف جديد، وتوزيع بذوره على المزراعين والفلاحين.

مخطط التربية والتحسين بطريقة الإنتخاب الإجمالي

2- إنتخاب الخط النقي Pure line Selection ويعرف ايضاً بطريقة إنتخاب السلالة النقية Pure strain selection (هي النسل الناتج من التلقيح الذاتي لنبات مفرد أصيل، جميع أفرادها متماثلة وأصيلة وراثياً 100 %) وتتم على اساس عزل أفضل التراكيب الوراثية الموجودة في مجتمع مخلوط، وتستعمل السلالات النقية كأصناف جديدة او كآباء في برامج التربية والتهجين أو في دراسات إستحداث الطفرات وهي الطريقة الوحيدة لتحسين الأصناف المحلية ذاتية التلقيح المتدهورة أو التي اختلطت ميكانيكيا او نتيجة التلقيح الخلطي الطبيعي أو نتيجة الطفرات الوراثية، فهي سهلة التطبيق لانها لا تحتاج الى إجراء التهجين، اذ ان الأصناف المستنبطة بهذه الطريقة تنشا من تراكيب وراثية موجودة اصلاً في المجتمع أو العشيرة وان جُلّ ما يتم خلال مواسم التربية هو التعرف على هذه التراكيب وإظهار نبات أفضليتها وتفوقها على التراكيب الوراثية الأخرى، فضلاً عن الأصناف المحلية المزروعة، فهي أصيلة وراثياً ومتجانسة يمكن المحافظة على نقاوتها الوراثية لفترة طويلة، وعادة ما يكون الصنف المستنبط عن طريق السلالة النقية أكثر تجانسا من الصنف المستنبط عن

طريق الإنتخاب الاجمالي وذلك لان جميع النباتات ذات تركيب وراثي واحد على فرض ان النبات الأصلي نقي في جميع مواقعه الجينية.

ومن أجل المحافظة على الصنف الجديد ونقاوته لابد من مراعاة ما يلي: 1- منع الخلط الميكانيكي للبذور والإستمرار باجراء عملية التنقية. 2- المحافظة على الاصناف الجديدة من التلقيح الخلطي الطبيعي. 3- مراقبة حدوث الطفرات وعزلها. 4-الزراعة بكثافة اقل من الكثافة التقليدية لتحسين حيوية البذور.

وتتلخص خطوات التطبيق الحقلي للتربية والتحسين بهذه الطريقة كما يلي:

الموسم الأول: إنتخاب عدد من النباتات من صنف قديم مختلط أو نباتات من أجيال منعزلة على أساس تفوقها في بعض الصفات الحقلية الأساسية، ثم يحصد كل نبات منتخب بشكل منفرد.

الموسم الثاني: زراعة بذور كل نبات في خط (25-50) بذرة في كل خط وتنتخب وتحصد النباتات المتفوقة في صفاتها وحسب هدف المربي على ان تستعمل نباتات الصنف القديم والأصناف المحلية كأساس للمقارنة.

موسم الثالث: زراعة بذور النباتات المتفوقة في الواح ضمن مكررات Replicates للتأكد من نتائج التجربة، ثم حصاد النباتات المتفوقة بالمقارنة مع نباتات الصنف الأصلي والأصناف المحلية.

الموسم الرابع–السادس: زراعة بذور النباتات المتفوقة في الموسم 3 في مكررات عشوائية لاختبار الحاصل.

الموسم السابع:إنتخاب أفضل السلالات لإجراء التكثير، ومن ثم توزع بذورها لإنتاجها تجارياً كصنف جديد.

ثالثاً. التهجين: Hybridization

يعد التهجين إحدى الطرائق المهمة لتربية النبات وتحسينه وراثياً، وتعرف طريقة التهجين على انها الطريقة التي يتم بها إستنباط أصناف وسلالات جديدة أو جمع عدد من الصفات المرغوبة في صنف (أو سلالة) واحد، كما ويعرف **التهجين** على انه العملية الثابتة في التطور وتتم بتزاوج الكائنات الحية فيما بينها للحصول على كائن حي جديد قد يختلف كليا عن ابائه أو مشابهاً لاحدهما أو كليهما،

وتعتمد عملية التزاوج هذه على نقل المورثات من كائن الى كائن حي آخر، أو إندماج هذه المورثات مع بعضها لتكوين الكائن الحي الجدد، إذ تعد طريقة التهجين أداةً فعالة بيد مربي النبات للحصول على تراكيب وراثية جديدة ومتميزة بواسطة دمج الصفات المهمة للآباء (التي قد تكون أنواعاً تعود لنفس الجنس أو أجناسا مختلفة) فضلاً عن إنتخاب نباتات الأجيال الإنعزالية الناتجة والمتفوقة، والجيل الانعزالي هو الجيل الناتج من زراعة الهجين بعد الجيل الأول، بمعنى زراعة نفس الهجين من الجيل الأول F1 لانتاج أفراد الجيل الثاني F2، وإنتاج الجيل الثالث من أفراد الجيل الثاني كما في أدناه:

ويحقق التهجين عدة أهداف منها:

1- زيادة التباينات الوراثية في صنف واحد عن طريق جمع الصفات الجيدة من الأباء.

2- استغلال ظاهرة قوة ويحقق الهجين عدة أهداف منها: ثم تربيتهما تربية داخلية بإستخدام آباءاً من الجيل الثاني (F2) وحتى الجيل الخامس (F2)، وبعد ذلك يتم إنتخاب النباتات الفردية ذات الصفات المرغوبة، التي تكون قد وصلت الى حالة الاصالة الوراثية وقلّت فيها الانعزالات الوراثية في كثير من الصفات المظهرية،

ومن مميزات هذه الطريقة:

1- طريقة سهلة التطبيق.

2- التلقيح الذاتي المستمر.

ب. طريقة التجميع Pulk method

سميت هذه الطريقة بالبلكية نسبة الى العالم Pulk الذي طبقها أول مرة في أحد برامج التربية التي قام بها، وتعد أسهل من طريقة تسجيل النسَب، اذ تتم زراعة البذور الناتجة عن التهجين بين الصنفين (الآباء) دفعة واحدة دون إنتخاب وتكاليفها أقل من طريقة تسجيل النسب خاصة في الأجيال الانعزالية.

اما مساوئ هذه الطريقة فيمكن ايجازها كما يلي:

1- تحتاج الى عدد كبير من النباتات في كل جيل لكي تظهر الانعزالات الوراثية المرغوبة.

2- صعوبة دراسة كل صفة بشكل منفرد.

وهناك امكانية لإجراء بعض التغيرات على تطبيق هذه الطريقة وحسب طبيعة المحصول وبيئة المنطقة التي تنفيذ فيها برنامج التربية.

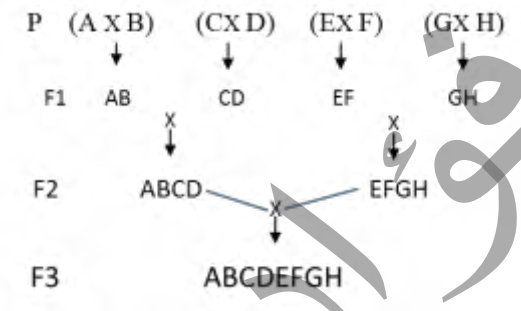
2- التهجين المتعدد (المضاعف)

يحتاج مربي النبات احيانا الى إستعمال طرائق معقدة في التهجين بهدف الحصول على أصناف جديدة من المحاصيل بإستعمال ثمانية أصناف (آباء) او ستة عشر صنفاً بصورة منتظمة او تسلسلية وتعد هذه الطريقة ملائمة لبعض المحاصيل ومنها الشعير، اذ يتم بتهجين مزدوج بين الأبوين ثم يعقبه تهجين نباتات الجيل الأول لكل ابوين بحيث تدخل جميع الأصناف في تركيب نسل مشترك، إذ إن من بين مزايا هذه الطريقة هي جمع عدة مورثات أو تراكيب وراثية من آباء مختلفة وبسرعة، اذ ان كل بذرة تنتج بعد التهجين تمثل هجيناً جديداً، وقبال هذه المزايا فهناك مساوئ عدة عند تطبيقها ومن بينها هي إن دخول أعداد كبيرة من الأصناف (النباتات) في التهجين قد يؤدي الى ظهور صفات ردئية (موجودة اصلا في بعض الأصناف) قد تنتقل الى عدد كبير من النباتات اثناء انعزال الصفات، حيث تضرب الأباء الثمانية (A،B،C،D،E،F،G،H) الحاوية على بعض الصفات المرغوبة والتي يسعى اليها المربي لجمعها في نسل واحد، وبعد الحصول على الهجن الاربعة (الأنسال)، يعاد تضريبها مع بعض للحصول على هجينين، ثم يعقبها تضريب الهجينين للحصول على الهجين المضاعف (ABCDEFGH)، ويمكن تطبيقها كالتالي:

الموسم الأول: إجراء التهجين بين الأباء لإنتاج الهجن الفردية، فمثلا لوكان لدينا ثمانية أصناف او

سلالات من الشعير بعضها تحمل صفة تحّمل الجفاف وهي (A،B،C،D،E،F،G،H)، فيتم إجراء التهجينات الفردية كالتالي (AXB)، (CXD)، (EXF)،(GXH)، وتحصد نباتات الهجن الحاملة للصفة وتجمع بذورها.

الموسم الثاني–الرابع: زراعة بذور نباتات هجن الموسم الأول ومن ثم إجراء التهجين بينهما حتى تدخل جميع تراكيبها الوراثية في نسل مشترك، مع إستبعاد النباتات غير الحاملة لصفة تحّمل الجفاف وكما في الشكل أدناه:



شكل يوضح مخطط تطبيق التهجين المتعدد

3- التهجين الرجعي Back cross تعتبر طريقة التربية هذه، الوحيدة التي تعطي نتائج يمكن التنبؤ بها والتخطيط لها من قبل المربي، ويعرف التهجين الرجعي بانه إستعادة التركيب الوراثي للأب الرجعي (الصنف المحلي) بعد نقل المورثات المسؤولة عن إظهار صفة معينة من الأب المعطي (صنف او سلالة تحمل تلك الصفة المرغوبة)n+1، ويعتبر pope و Harlan هما أول من وصف هذه الطريقة عام 1922م وإستعملها Briggs كوسيلة لنقل صفة المقاومة للمرض في محصولي الحنطة والشعير وتستعمل هذه الطريقة كوسيلة لتحسين المحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح وكطريقة مساعدة لطرائق التربية الأخرى، ويتبع التهجين الرجعي لتحسين صنف تجاري ناجح (محلي) او سلالة اصيلة مرغوبة وذلك باضافة صفة واحدة او صفتين احيانا، وقليلاً ما يضاف اليها ثلاث صفات من صنف تتوفر فيه هذه الصفات، غالباً ما تستعمل هذه الطريقة لنقل صفة المقاومة والتحمل لبعض الأمراض المهمة، ويشترط في نجاح التربية بطريقة التضريب الرجعي ان تكون الصفة التي يراد نقلها ذات درجة توريث عالية، إذ أن طريقة التهجين الرجعي مصممة لنقل ألائل

المورثات المرغوبة ذات نسبة التوريث العالية من الأب الواهب الى التركيب الوراثي للأب المستلم.

إن الهدف الرئيسي من برنامج التربية بالتهجين الرجعي هو إستنباط صنف جديد مشابه للصنف الأصلي المحلي (الأب الرجعي) في جميع الصفات مع اضافة الصفة المرغوبة من الأب المعطي.

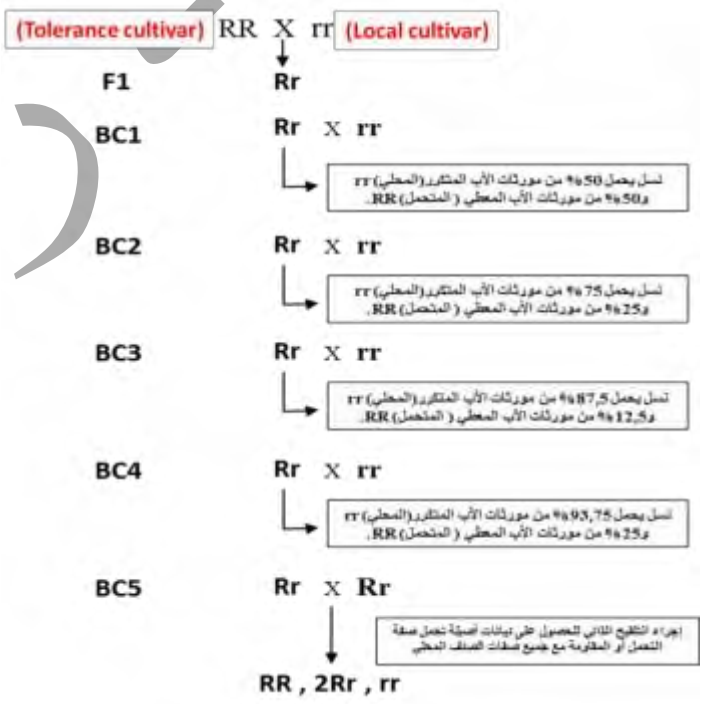
حالات إستعمال التهجين الرجعي

إن حالات إستعمال التهجين الرجعي في تربية النبات وتحسينه هي:

1- نقل صفات المقاومة او التحمل لكثير من الأمراض والحشرات الى اهم الأصناف المحلية والتجارية الشائعة ذات الصفات الجيدة ولكن تنقصها صفة المقاومة او التحمل.

2- نقل بعض الصفات المرغوبة الى الأصناف التجارية الجيدة او المحلية المرغوبة.

3- تحسين السلالات النقية المستعملة في إنتاج بذور الذرة الهجينة، من خلال نقل صفة او عدة صفات مرغوبة تنقصها هذه السلالات.



مخطط التهجين الرجعي

المحاضرة الخامسة – الجزء النظري

طرائق تربية النباتات خلطية التلقيح

إن طرائق تربية وتحسين النباتات خلطية التلقيح Cross pollination غير محدودة، كما هو الحال في النباتات ذاتية التلقيح، وهذا الإختلاف في الطرائق يكون حسب طبيعة النبات الخليط الذي يدخل في أي برنامج تربية.

ويعرف المحصول خلطي التلقيح Cross Pollination crop بأنه المحصول الذي يكون تركيبه الوراثي غير متماثل Heterozygous، فضلاً عن وجود تباين وراثي بين أفراد الصنف الواحد، وبذلك يكون الصنف الجديد الناتج عبارة عن تركيب وراثي غير متماثل وغير متجانس وراثياً، إذ ان نسبة التلقيح الخلطي فيه أكثر من 5 %، كما في محاصيل الذرة الصفراء وزهرة الشمس والبرسيم والعصفر وغيرها كثير. إن جميع طرائق تربية النباتات الخلطية تعتمد على إجراء الإنتخاب خلال مراحل التربية والتحسين للصنف ولكنها تتفاوت في أُسس تنفيذ الإنتخاب والانتقاء بين طريقة وأخرى في برامج التربية تلك. وتقسم هذه الطرائق كما يلي:

1-الإدخال والأقلمة (الإستيراد والتكيف)Introduction and adaptation

2- الإنتخاب الإجمالي (الكمي) Mass selection

3- الإنتخاب على أساس اختبار النسل (إنتخاب النسل) Progeny testing

4- التهجين الرجعي Back cross

5- الأصناف الهجينية والتركيبية Hybrid cultivars and Synthetic

6- الإنتخاب التكراري (المتكرر أو الدوري) Recurrent selection

أولاً. الإدخال والأقلمة

تشابه هذه الطريقة تماما طريقة الإستيراد والأقلمة في تربية النباتات ذاتية التلقيح والهدف منها هو الحصول على أصناف او سلالات ملائمة للبيئة الجديدة فضلاً عن صفاتها الجيدة سواء أكانت كمية أم نوعية، ويمكن الإستفادة من هذه الأصناف أو السلالات أو الهجن المدخلة مباشرة بعد أقلمتها من خلال تكثيرها وتوزيعها على الفلاحين او من خلال إدخالها في برامج تربية مع الأصناف المحلية

لتحسين صفاتها، إذ لابد أن يتم إستيراد بذورها من منطقة مشابهة أو مقاربة للظروف البيئية التي سيزرع بها المحصول، وقد استعملت هذه الطريقة في العراق في عدة محاصيل خليطة ومنها الذرة الصفراء وزهرة الشمس والبرسيم والقطن وغيرها، إذ ادخلت الكثير من الأصناف والسلالات والهجن الاجنبية منذ العقد السادس من الالفية المنصرمة الى العراق ونحجت في تجارب الأقلمة واختبار الحاصل وتفوقت على الكثير من الأصناف السائدة آنذاك، فمثلا استورد هجين الذرة الصفراء الفرنسيLG11 عام 1975 وهو مبكر النضج وكذلك التركيبي الباكستاني أكبرAkbar ذو الحاصل العالي والملائم لبيئة المنطقة الوسطى من العراق، كما تم إستيراد أصناف عديدة من القطن ومنها كوكر-100 ولت الذي إنتخبت منه عدة أصناف جيدة مقارمة لمرض الذبول وغيرها الكثير.

ثانياً. الإنتخاب الإجمالي

ويقصد به إنتخاب عدد من النباتات المتفوقة في صفاتها على قريناتها في المجموعة على اساس شكلها المظهري (مورفولوجيا) سواء أكانت صفات كمية او نوعية، ومن ثم حصاد تلك النباتات المرغوبة وخلط بذورها لغرض زراعتها في الموسم الجديد مقارنة بالصنف القديم (الأصلي) أو أي صنف محلي آخر، قد تجري عملية الإنتخاب على اساس الشكل الظاهري للنبات فيسمى عندئذ بالإنتخاب الإجمالي الظاهري، أو يجري على أساس إختبار النسل.

ومن بين مزايا هذه الطريقة هي:

1- تعد أسهل طرائق التربية لانها لا تحتاج الى إجراء اختبارات خاصة.
2- تعد الطريقة الوحيدة لتحسين الأصناف المحلية والسلالات البرية من المحاصيل خليطة التلقيح.
3- تستعمل في إنتاج أصناف جديدة من السلالات البرية والأصناف المستوردة التي توجد بها صفات ظاهرية غير مرغوب بها فضلاً عن مخاليط من الأصناف.

وقبال هذه المزايا فان هناك مساوئ لهذه الطريقة ومن بينها:

1- تعد هذه الطريقة من الإنتخاب بطيئة.

2- حصول النباتات المنتخبة على حبوب لقاح من نباتات أخرى بسبب التلقيح الخلطي المفتوح.

3- عدم امكانية التمييز بين التراكيب الوراثية الجيدة على اساس شكلها المظهري فقط بسبب تأثر الصفات الكمية بالظروف البيئية المحيطة. **إن خطوات تنفيذ طريقة الإنتخاب الإجمالي (الكمي) هذه لا تختلف عن طريقة الإنتخاب الاجمالي (الكمي) التي سبق شرحها في المحاصيل ذاتية التلقيح.**

رابعاً. التهجين الرجعي Back cross

تعتبر هذه الطريقة من الطرائق الخاصة لتربية وتحسين المحاصيل خلطية التلقيح، إذ تستعمل لتحسين الأصناف (العشائر) ذات الأصول البرية بواسطة زيادة تباينها الوراثي عندما تكون الصفة بسيطة او لإدخالها في برامج تربية وإنتخاب لاحقة ليستفاد منها المربي، ويعرف التهجين الرجعي بانه التهجين المتكرر لأحد الأباء، وقد تم تفصيل التهجين الرجعي في فصل تربية ذاتية التلقيح، فإذا أراد المربي نقل صفتين مرغوبتين او أكثر معاً الى الصنف المحلي(الرجعي) سواء أكانت المحاصيل ذاتية أم خلطية التلقيح تتبع إحدى الطريقتين:

1- نقل الصفات سوية في برنامج واحد: يجب زراعة عدد كبير من نباتات كل جيل رجعي وذلك لإتاحة الفرصة لظهور إنعزالات تجمع الصفات المراد نقلها وبالتالي إنتخاب تلك الإنعزالات وإدخالها من جديد في برنامج التهجين الرجعي.

2- نقل الصفات في برامج منفصلة وذلك بإدخال كل صفة في برنامج تهجين رجعي مستقل، وفي نهاية البرنامج يتم إنتخاب الانعزالات التي ظهرت فيها الصفة في كل برنامج ومن ثم تهجين النباتات الحاملة للصفتين في كل برنامج لإنتاج الجيل الثاني فيها. علما ان التطبيق الحقلي لطريقة التهجين الرجعي في خلطية التلقيح مشابه لما مر ذكره في ذاتية التلقيح.

خامساً. الأصناف الهجينة والتركيبية

إنتشرت طريقة التربية هذه بشكل واسع بسبب ما حققته من نتائج كبيرة اهمها إرتفاع

غلة المحاصيل المرباة والمحسنة بهذه الطريقة خاصة محصول الذرة الصفراء وبنسبة فاقت 25 % مقارنة بالأصناف الأصلية او مفتوحة التلقيح التي استنبطت منها السلالات النقية، ويعرف الصنف الهجينيHybrid Cultivar بانه الجيل الأول(F1) الذي يستعمل في الإنتاج التجاري والناتج عن التهجين بين صنفين مُحسّنيَن او سلالتين مُرّباتين تربية داخلية في المحاصيل خلطية التلقيح او سلالتين نقيتين ذاتيَتي التلقيح او سلالتين خضريتين clones في المحاصيل خضرية التكاثر.

إن الهدف من التهيجن هو جمع الصفات المرغوبة للسلالات النقية في نبات واحد فضلاً عن استرجاع قوة الهجين التي فقدها النبات بسبب عمليات التربية الداخلية المستمرة، اذ ان النبات في حالته النقية لا يمكن ان يعطى أفضل صفاته الإنتاجية تحت الظروف البيئية والمناخية المتشابهة لهذا تم إجراء التهجين بين السلالات النقية المختلفة في التركيب لخلق حالة من عدم النقاوة الوراثية التي تؤدي بالنبات الى زيادة قابليته الإنتاجية وتحسين صفاته الكمية والنوعية وهو ما يعرف بقوة الهجين، ومن بين أهم مزايا الصنف الهجين هو:

1- إرتفاع حاصله بسبب قوة الهجين Heterosis.

2- تجانس نموه وقوته، وهما صفتان لا يمكن الحصول عليهما في اي طريقة من طرائق التربية الا في بإستعمال هذه الطريقة.

قوة الهجين

أصبحت ظاهرة قوة الهجين شائعة في المحاصيل خلطية التلقيح وكذلك ذاتية التلقيح، إذ تسمى Hybrid vigor أو Over dominance في حالة تفوق أفراد الجيل الأول الناتج من تزاوج سلالتين متباعدتين وراثياً على أفضل الأبوين، أما إذا كان التفوق على معدل الأبوين فتسمى الحالة بالتهجّن Heterosis، وتعرف عموماً بأنها الزيادة الحاصلة في نمو وحجم وغلة نباتات الجيل الأول (F1) أو هي وفرة النمو وزيادة الإنتاج الحاصلة في نباتات الجيل الأول وتفوقها على أحسن الأباء.

يمكن ان تظهر قوة الهجين في الجيل الأول مباشرة نتيجة التهجين بين صنفين او نوعين او جنسين، إذ تزداد هذه القوة كلما قلت درجة القرابة الوراثية بين الأبوين، ما يعني أن الإرتباط الوراثي بينهما يكون قليلاً أو معدوماً، وقد فسر ظاهرة قوة الهجين كل من Pellew و keeble في عام 1910م على انها نتيجة للتأثير المشترك لمورثات سائدة مرغوبة مصدرها الأبوين.

ويعّبر عن قوة الهجين بالغزارة الهجينية التي تظهر على النباتات في صور مختلفة منها زيادة في الإنتاج او زيادة في حجم النمو الخضري وقوته وتبكير في مواعيد التزهير والنضج وقدرة اكبر على التكيف للظروف المختلفة ومقاومة الآفات المرضية والحشرية فضلاً عن تحسّن الصفات النوعية للنبات.

ولقدُأستغلت هذه الظاهرة في إنتاج مختلف الهجن (الفردية والزوجية والثلاثية) في معظم المحاصيل فحققت نتائج كبيرة في رفع مستوى الإنتاج وتحسين بعض صفاتها النوعية وغيرها من الصفات المهمة كمحاصيل الحنطة والشعير والرز والذرة الصفراء والبيضاء وزهرة الشمس والبطاطا وغيرها كثير.

ولأهمية قوة الهجين فقد وضعت لها عدة تفسيرات وراثية ونظريات عدة أهمها:

1 - نظرية السيادة الفائقة (Over dominance theory)

فسر كل من Brewbaker عام 1964 و East عام 1963 م ظاهرة قوة الهجين بهذه النظرية، إذ عللا قوة التهجين بالسيادة الفائقة للمورثات، فأكد الأول على ان عدم التماثل الوراثي ضروري لحدوث الغزارة الهجينية، وفسر الثاني هذه النظرية على أساس قوانين مندل في الوراثة نتيجة دراساته وأشار الى أن قوة الهجين ناتجة من تفاعل المورثات المتبادلة ذلك عندما يكون تأثير كل أليل من الأليلين المتبادلين في المكان الواحد على الكروموسوم(الصبغي) مختلفا عن تأثير الأليل الآخر، اي ان قوة الهجين تزداد بزيادة التباين بين اليلي المورثة المتجمعين في التركيب الوراثي وبذلك فإن الفرد الخليط الجديد يفوق كل من التركيبين الوراثيين الأصليين (الأباء)، وكتوضيح لهذه الطريقة نفرض وجود ثلاثة اليلات متبادلة (عوامل وراثية) هي(A1،A2،A3) فان التركيب الوراثي(الفرد) A1A2 تكون فيه قوة الهجين أقل منهما في التركيب A1A4 و A1A3، وتكون قوة الهجين أقل في التركيب A1A3 مما في التركيب A1A4 وهكذا، بسبب وجود سيادة فائقة متباينة بين التراكيب تبعا لأليلاتها.

2- نظرية سيادة المورثات Dominance theory

تفرض هذه النظرية وجود عدد كبير من الأفراد المختلفة في تركيبها الوراثي في النباتات خلطية التلقيح، إذ ان عدد كبير من هذه الأفراد تحمل مورثات متنحية تضعف النمو في

الأفراد النقية، تعمل التربية الداخلية على زيادة نسبة تماثل هذه المورثات في النسل الناتج ويختفي تأثير هذه المروثات المتنحية بتهجين السلالات معاً لتظهر قوة التهجين، التي تزداد كلما تجمع في الجيل الأول الهجين أكبر عدد من المورثات السائدة، وتعد هذه النظرية أكثر مقبولية لتفسير إنخفاض معدل قوة النمو نتيجة التربية الداخلية وزيادة قوة النمو بعد التهجين، فلو فرضنا التهجين التالي:

نلاحظ ان المورثات السائدة في السلالة (1) وهي F،C،A المسؤولة عن تشجيع النمو، والمتنحية هي(e،d،b) المسؤولة عن ضعف النمو، عند التهجين مع السلالة (2) مورثاتها مناظرة للسلالة (1) سيؤدي الى تكون نباتات ذات التركيب وراثي (AaBbCcDdEeFf) متفوقة على الأباء وذلك لسيادة المورثات السائدة على المتنحية. ومن مميزات قوة الهجين هي:

1-تكون كافة أفراد الهجين في حالة تباين heterozygous في صفاتها، فيما تكون متماثلة بمظهرها Homogenous وذلك لأنها ناتجة من تضريب(تهجين) سلالات (نقية).

2- يكون معدل الصفة للهجين أفضل من أفضل أبويه سلباً(لقصر النبات أو موسم النمو أو محتوى واطئ من مادة ضارة.... الخ) أو أيجاباً (في زيادة الحاصل أو النمو أو للإرتفاع المطلوب.... الخ).

3- تكون أعلى نسبة لقوة الهجين في أفراد (F1) ثم تنعزل لاحقاً بحسب الأجيال، وأفضل الهجن هي الناتجة من سلالتين فقط، فاذا إزداد عدد السلالات (أكثر من 4 مثلاً) فان ذلك التوجه يكون نحو الصنف التركيبي الذي هو أقل حاصلاً من الهجين وأعلى من الصنف مفتوح التلقيح.

4- يفقد الهجين n/1 من قوة الهجين من الجيل الأول الى الجيل الثاني F1-F2.

5- تمتاز نباتات الهجين بسرعة نمو جذورها، فسرعة نمو نباتاتها تعطي حاصلاً أفضل، وتعد هاتان الصفتان من بين المظاهر المميزة لأفراد الهجن.

6- تستجيب الهجن (والأصناف المحسنة) استجابة أكثر لمدخلات النمو مثل الري والتسميد ومكافحة الآفات وتحمل الكثافة النباتية العالية... الخ.

سادساً. الإنتخاب التكراري

إستعملت هذه الطريقة في تربية المحاصيل خلطية التلقيح وبشكل واسع للتغلب على نقاط الضعف الموجودة في طرائق التربية المعتمدة على إنتخاب السلالات النقية لإنتاج الأصناف الهجينية، إذ ان طرائق الإنتخاب التكراري تعمل على زيادة عدد التراكيب الوراثية المرغوبة، فضلاً عن الحصول على تراكيب جديدة في المجتمع او العشيرة النباتية بواسطة زيادة نسبة المورثات الجيدة فيه وخاصةً في الصفات الكمية وبذلك يعطي حرية اكبر لمربي النبات في عمله من خلال تحديد وعزل التراكيب الوراثية المتفوقة بعد كل دورة إنتخاب وإجراء التلقيحات فيما بينها لإنتاج الجيل اللاحق.

ويتضمن الإنتخاب المتكرر(التكراري) أربعة أنواع رئيسية هي:

1- الإنتخاب المتكرر الظاهري (البسيط) Phenotype

2Recurrent selection- الإنتخاب المتكرر لقابلية الائتلاف العامة (GCA)

General combining ability recurrent selection

3- الإنتخاب المتكرر لقابلية الائتلاف الخاصة combining ability (SCA)

Specific recurrent selection

4- الإنتخاب المتكرر المتبادل Reciprocal recurrent selection

أولاً. الإنتخاب المتكرر الظاهري تتميز طريقة التربية هذه عن بقية قريناتها من طرائق التربية الأخرى بظهور تراكيب وراثية جديدة وجيدة في كل دورة إنتخاب، إذ يعتمد برنامج الإنتخاب هذا على الإنتخاب المظهري للصفات ذات نسبة التوريث العالية داخل المجتمع النباتي وهي طريقة سهلة التطبيق ومضمونة النتائج.

ثانياً. الإنتخاب المتكرر لقابلية الائتلاف العامة GCA

تختلف هذه الطريقة عن سابقتها في أن الإنتخاب يجري في كل دورة جديدة على اساس قابلية النباتات المنتخبة على الإئتلاف مع الصنف الفاحص (الإختياري)Tester cultivar في تلقيح قمي Top cross

ثالثاً. الإنتخاب المتكرر لقابلية الإئتلاف الخاصة SCA

تختلف هذه الطريقة عن الطريقة السابقة في نوع الصنف المستعمل كفاحص في التلقيح القمي الذي يكون عبارة عن سلالة نقية، وتشابه جميع خطوات هذه الطريقة خطوات تنفيذ طريقة الإنتخاب لقابلية الإئتلاف العامة.

التهجين القمي Top cross

يستعمل للكشف عن قابليتي الائتلاف الوراثي (GCA) و (SCA) لعدد من السلالات او الاجيال.

رابعاً. الإنتخاب المتكرر المتبادل (العكسي) يعتبر أفضل طرائق الإنتخاب التكراري لأنه يعمل على تحسين مجتمعين نباتيين في نفس الوقت، بالاستفادة من قابليتي الإئتلاف العامة والخاصة، إذ ينتخب من صنفين (A،B) على أن يكون الصنف (A) كاشفاً للصنف (B) في تلقيح قمي وبالعكس بالتبادل في تلقيح قمي آخر. وقد تمكن مربي النبات من إستعمال طريقة الانتخاب التكراري في تحسين الذرة الصفراء تحت ظروف الإجهاد المائي بإستعمال تزاوج الاخوة full sib ، إذ أعطت تلك الطريقة

معدل زيادة سنوية فى حاصل الحبوب بمقدار 108 كغم/الهكتار، في حين كانت الزيادة السنوية فى الحاصل للذريات الناتجة من تزاوج الأباعد حتى 144 كغم /هكتار.

تقدير نسبة التلقيح الخلطي

إن عملية تقدير نسبة التلقيح الخلطي في محصول ما ضرورية بالنسبة للمربي في العديد من دراساته وأبحاثه، إذ لابد أن يقوم المربي لتقدير نسبة التلقيح الخليطي في البداية بفحص أزهار النباتات لمعرفة إذا ما كان فيها احدى الظواهر التي تشجع على التلقيح الذاتي أو الخلطي، إذ إن زراعة النباتات كاملة الأزهار بصورة مستقلة في الحقل مع توفير الحماية لها من الحشرات مع عدم تكوين البذور تحت هذه الظروف يدل على ان تلك النباتات خليطية التلقيح، اما إذا كونت البور فان ذلك يعني انها ذاتية التلقيح.

ويمكن تقدير نسبة التلقيح الخلطي وذلك بإختيار صنفين من احد المحاصيل متساويان في موعد التزهير مع اختلافهما في صفة وراثية بسيطة واحدة تظهر اختلافا مظهريا في مرحلة البادرة، ويتم زراعتها في خطوط متجاورة متبادلة، او تزرع متبادلة في نفس الخط، ويتم زراعتها في خطوط متجاورة متبادلة او تزرع متبادلة في نفس الخط، ثم تحصد نباتات الصنف الذي يحمل الصفة المتنحية لتزرع في الموسم التالي، لتكون جميع النباتات الحاملة للصفة السائدة قد جاءت بذورها من التلقيح الخلطي، وبذلك تحسب نسبة التلقيح الخليطي على اساس انها ضعف نسبة النباتات الحاملة للصفة السائدة لتعطي أفراد ذات تركيب وراثي Aa، في حين تعطي النباتات الحاملة للصفة المتنحية أفرادا ذات تركيب وراثي aa التي لايمكن تميزها عن الأفراد الناتجة من التلقيح الذاتي.

تربية النباتات خضرية التكاثر Plant breeding of vegetatively propagated

التكاثر الخضري Vegetative reproduction

يُعرّف التكاثر الخضري على إنه عبارة عن إنتاج نباتات جديدة بإستخدام أي جزء من الأجزاء الخضرية للنبات (ماعدا جنين البذرة الجنسي)، أي أنه تكاثراً لاجنسياً Asexual Reproduction ، ويتوقف نجاح التكاثر الخضري على قابلية أي جزء من أجزاء النبات على إستعادة نموه بإنتاج باقي الأعضاء للنبات الكامل، وما يُميّز تربية النباتات الخضرية هو إمكانية إكثار التركيب الوراثي المرغوب المكتشف في نبات ما مباشرة، ليصبح صنفاً جديداً، ما يعني أنه تكاثراً لا جنسياً، إذ ان التكاثر الخضري وهو تكاثر لاجنسي لا يحدث فيه العبور الوراثي، لان الإنقسام يكون فيها إعتيادياً Mitosis، أي أن كل خلية (2n) تعطي خليتين (2n)، بينما ستعطي كل خلية في التكاثر الجنسي أربعة خلايا كل منها (n) خلال حدوث عملية الإنقسام الإختزالي Meiosis وتبادل المواد الوراثية.

ويمكن تلخيص مميزات خضرية التكاثر بما يلي:

1.أغلبها خلطية التلقيح، ويقل فيها الأزهار وعقد البذور بدرجة كبيرة.
2.معظمها نباتات معمرة، ومعظم الحولية منها جذرية أو درنية.
3.تظهر تدهوراً شديداً في قوة النمو أثناء التربية الداخلية، إذ تكون على درجة عالية من الخلط الوراثي (التغاير).
4.معظمها متعددة العدد الكروموسومي والكثير منها عبارة عن هجن نوعية، كما في الفراولة والموز والبطاطا.
5.تعتبر النباتات خضرية التكاثر أكثر تغايراً من النباتات المتكاثرة بالبذور، ولا سيما خلطية التلقيح.

أهداف التكاثر الخضري

1- إنتاج نباتات متشابهة فيما بينها ومشابهة لصفات النبات الأم.
2- إكثار نباتات يصعب تكاثرها بالبذرة.
3- سهولة التكاثر وسرعته، إذ أن طور السكون في البذرة وصعوبة كسره في بعض الأحيان يجعلان التكاثر بالبذرة صعباً وبطيئاً.
4- إنتاج نباتات خالية من الأمراض الفيروسية بواسطة تقنية زراعة الخلايا والأنسجة النباتية.
5- تخطى مدة طور الشباب، حيث أن هذه المدة تكون أقصر في النباتات التي يتم إنتاجها خضرياً مقارنة بمثيلاتها التي يتم إنتاجها بالبذرة.
6- التغلب على بعض الصعوبات البيئية الزراعية، كتطعيم الأصناف المرغوبة على أصول معينة أو مقاومة للأمراض أو ملائمة للظروف البيئة.
7- بواسطة التكاثر الخضري أمكن للإنسان أن يحتفظ بمجموعات من النباتات، نشأت أصلاً من نبات بذري واحد، وكل النباتات الناتجة منها لا جنسية ويطلق عليها إسم سلالة خضرية Colone.

أما فيما يتعلق بمشاكل تربية النباتات خضرية التكاثر وتحسينها فهي تعد عائقاً كبيراً أمام مربي النبات، ومن أهمها:

1- معظمها لا ينتج بذوراً مثل الموز والثوم وغيرهما، فضلاً عن إنتشار ظاهرة العقم (خاصة العقم الذكري) وعدم التوافق الذاتي.
2- تنتشر فيها الاصابات الفيروسية التي تنتقل بالتكاثر الخضري.

طرائق تربية النباتات الخضرية

1-الإدخال (الإستيراد) Introduction: إن طريقة الإدخال المستعملة في النباتات التي تتكاثر خضرياً هي نفسها المستعملة في تربية المحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح (الإخصاب) جنسية التكاثر.
وعملية الإستيراد تشمل الكلونات او البذور في حالة توفرها، ومن المحاصيل التي نجح العراق في إستيرادها من الهند وإدخالها البلاد هي أصناف جيدة من محصول قصب السكر التي تم أقلمتها في مناطق من محافظة ميسان.

2- الإنتخاب (إنتخاب الصنو أو السبط) Clone وجمعه صنوان (كلونات): وهو مجموعة من النباتات نشأت بالأصل من نبات واحد بواسطة التكاثر الخضري. إذ يمكن زراعة محصول خضريّ التكاثر على مسافات مناسبة في حقل التربية، وعند نهاية موسم النمو توضع علامات على النباتات الجيدة المنتخبة وحسب الصفات التي يرغب بها المربي، وفي الموسم اللاحق تؤخذ أفرع (أشطاء) Tillers النبات أو أي جزء نباتي آخر كالجذور أو الدرنات أو الرايزومات وغيرها وتزرع لتعطينا نفس النسل (الذرية) السابق، ومن ثم تُقارن خطوط هذه النباتات المنتخبة مع النبات الأصل (الأم)، وهكذا يتم الاستمرار بالإنتخاب والمقارنة الى حين إعتماد الصنف. كما تستعمل طريقة الإنتخاب التكراري المظهري في الأنواع التي تتكاثر جنسياً (ذاتية وخلطية التلقيح) لتحسين النباتات خضريّة التكاثر، فبعد تحسين الأخيرة يمكن إنتخاب الأفراد ذات الصفات الجيدة وإستعمالها كأصناف محسنة بشكل مباشر.

3- التهجين Hybridization
يتم إجراء التهجين بين الكلونات Clonal hybridization التي يستحصل عليها بعد إنتخابها للأفضل، شريطة أن تكون مختلفة وراثياً فيما بينها وأن النسل الناتج منها والمتفوق على أقرانه وآبائه ومنها الأصناف الأصلية يكون هو الهجين أي نباتات الجيل الاول والتي تكون ذات غزارة في الصفات الخضرية (شريطة ان تكون الكلونات ذات قدرة على التزهير وانتاج البذور) الذي يمكن إنتخابه ومن ثم إكثاره خضرياً مع ضمان عدم ظهور الانعزالات فيه.

كما وإستعملت طريقة التهجين الرجعي المحورة Modified back croos وذلك بتحوير طريقة التهجين الرجعي المتبعة في تحسين المحاصيل ذاتية وخلطية التلقيح لتصبح ملائمة لتربية النباتات خضرية التكاثر

يتم إجراء التهجين بين نباتات الجيل الأول (الناتجة من التهجين بين الأب الواهب والأب المستلم) وسلالة خضرية ذات صفات مرغوبة أو مع صنف محلي آخر ذو صفات مرغوبة بدلاً من الأب المستلم الأصلي.
ويتم إستعمال سلالة خضرية جديدة ذات صفات مرغوبة عند إجراء كل تلقيح رجعي إضافي، لتهجينها مع النباتات المنتخبة الحاملة للصفة المنقولة والصفات المرغوبة التي تم الحصول عليها من السلالات الخضرية التي إستعملت في التلقيحات الرجعية السابقة مع الإنتخاب المستمر للنسل المتفوق، وإستبعاد أفراد النسل غير المرغوب، من أجل الحصول على السلالة الخضرية ذات الصفة المطلوبة وعلى خلفية وراثية جديدة.

طرائق التكاثر الخضري

تقسّم طرائق تكاثر النباتات الخضرية إلى أربعة مجاميع وهي:

المجموعة الأولى

تحفيز تكوين جذور عرضية أو سيقان عرضية، ويشمل العُقل والترقيد.

المجموعة الثانية

التطعيم الذي يشمل التطعيم بالعين والتركيب.

المجموعة الثالثة

الأجزاء الخضرية المتخصصة وهي الأبصال والرايزومات والدرنات الساقية والدرنات الجذرية والكورمات.

المجموعة الرابعة

الأعضاء الخضرية المتخصصة ومهمتها الأساسية التكاثر الطبيعي وهي الفسائل والخلفات والسرطانات والسيقان

الجارية.

أولاً. تحفيز تكوين جذور عرضية أو سيقان عرضية

يتم تكوين نبات جديد من الأجزاء الخضرية، عن طريق تحفيز تكوين جذور أو سيقان عرضية صناعياً بأحدى الطريقتين التاليتين:

1- العقل Cutting

العقلة هي جزء من نبات تسمى تبعاً للجزء الذي تؤخذ منه، يستعمل في الحصول على نباتات كاملة جديدة عند زراعته، وتقسم العقل حسب مصدرها إلى:

أ- العقل الساقية: وهي عبارة عن جزء من فرع، يحتوي على برعم أو أكثر، وقد تكون طرفية أو غير طرفية وحسب موقعها على الفرع، وقد تكون خشبية أو غضة وحسب نوع الخشب، وهي أكثر أنواع العقل استعمالاً في إكثار أشجار الفاكهة وأشجار وشجيرات الزينة والنباتات الطبية والعطرية العشبية، ومن أهم أنواع الأشجار التي تتكاثر بالعقل الساقية هي الفيكس والدفلة والأثل، إذ تؤخذ من فرع عمره عام أو أكثر بطول يتراوح بين 20 - 30 سم وذات سمك مناسب، وتقطع العقل بحيث يكون القطع السفلى أفقياً وتحت البرعم مباشرة أو أسفله بقليل، أما القطع العلوي فيكون مائلاً ويعلو البرعم العلوي بحوالي 2-3 سم.

ب- العقل الجذرية: هي عبارة عن جزء من جذر متضخم لا يقل سمكه عن 0.5 سم، كما في الأكاسيا والبيجونيا وست الحسن والبلارجونيم المبرقش.

ج- العقل الورقية: قد تكون ورقة كاملة أو جزء منها، تحتوي على برعم أو لا تحتوي على برعم، وهي شائعة الاستعمال في إكثار نباتات الظل الورقية أو المزهرة والنباتات العصارية، أو قد تؤخذ الأوراق كاملة بأعناقها وبجزء من قاعدة العنق من الساق حاضنا معه البرعم الإبطي للورقة فتسمى بالعقل البرعمية الورقية، مثلما يحدث في إكثار أشجار الزينة وبعض نباتات الظل مثل الفيكس المبرقش والمطاط والبنفسج الأفريقي.

العوامل المؤثرة على تكوين الجذور على العقل

1- العوامل البيئية Environmental factors

تلعب العوامل البيئية دوراً هاماً في مساعدة الجذور على تكوين العقل وهي:

أ. الحرارة Temperature، والتي تشمل كل من درجتي حرارة التربة والجو المحيط بالعقلة، إذ تعتبر درجة حرارة 20 – 40 °م أنسب الدرجات لتكوين الجذور على عقل معظم النباتات.

ب. الرطوبة Moisture، إذ لابدّ أن تكون الرطوبة مناسبة لتكوين الجذور، وزيادتها تؤدي إلى تعفن قواعد العقل والإصابة بالأمراض الفطرية والبكتيرية وإنخفاضها يؤدي إلى جفاف العقل وموتها.

ج. الضوء Light، تحتاج بعض النباتات إلى تعرض عقلها إلى الضوء لتكوين الجذور.

د. الأوكسجين Oxygen، إذ يعد الأوكسجين مهما لتنفس الأنسجة الحية في قواعد العقل ويؤثر على تكوين الجذور، إذ لابد من توفر التهوية اللازمة حول قواعد العقل.

2- العوامل الفسيولوجية Physiological factors ومنها عمر النبات الأم ونوع الخشب والجروح، إذ إن عمل جروح في الجزء القاعدي من العقل الساقية وفي القمة في حالة العقل الجذرية يكوّن نسيج الكالس وتتراكم الأوكسينات والكاربوهيدرات، مما يساعد على تكوين الجذور.

مزايا التكاثر بالعقل

1- سرعة التكاثر والقدرة على إنتاج أعداد كبيرة من النباتات في مساحة محدودة .

2- سهولة إجرائها وقلة تكاليفها.

3- التغلب على حالة عدم التوافق التي قد تحدث بين الأصل والطعم في بعض حالات التطعيم.

2- الترقيد Layering

وهي عملية تكاثر خضري تجري للنباتات التي تكوّن جذوراً على السيقان، وهي لم تزل متصلة بالنباتات الأم كما في الياسمين والفكس والديكورا. فمن مزايا طريقة الترقيد هي ضمان نجاح تكوين الجذور، لأن الفرع يظل متصلاً بالنبات الأم إلى أن يتم تكوين الجذور، فضلاً عن حاجته إلى وقت قصير مقارنة بالتكاثر بالعقلة.

وتستخدم طرائق عدة للترقيد، ومن أهمها:

أ. الترقيد البسيط.

ب. الترقيد الطرفي.

ج. الترقيد التاجي.

د. الترقيد الهوائي.

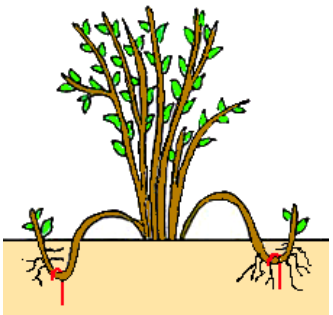
هـ. الترقيد الشقي أو الطولي: ولتطبيقه: يتم ثني فرع قريب من سطح التربة ويُرقَد مستقيماً بجوار النبات المراد إكثاره في شق بعمق 5 ـ 8 سم ويثبت الفرع المرقد في عدة أماكن منه ويغطي بطبقة من التربة، وبعد نمو البراعم وإستطالة الأفرع، تغطى قواعدها بطبقة أخرى من التربة وهذا يساعد على تكوين الجذور عند قواعد الأفرع النامية.

ومن بين أهم مميزات طريقة التكاثر بالترقيد واستعمالاته هي:

1- ضمان نجاح تكوين الجذور، لأن الفرع المرقد قد يظل متصلاً بالنبات الأم حتى يتم تكوين الجذور التي هي مصدر غذاء الفرخ المرقد.

2- يعد الترقيد طريقة سهلة، لذلك فهي تستعمل في إكثار النباتات التى يصعب إكثارها بطرائق التكاثر الخضري الاخرى مثل بعض أنواع العنب وأصول البرقوق.

3- لا يحتاج الترقيد إلى مهارة أو فن فى إجراءه، فضلاً عن الوقت القصير نسبياً في إجراءه إذا قورنت بغيرها من طرائق التكاثر الخضري.



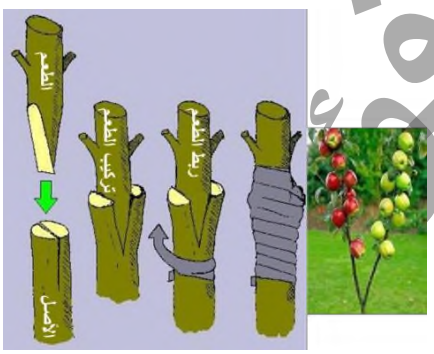
الشكل يوضح الإكثار بالترقيد البسيط

د. فؤاد رزاق

ثانياً- التطعيم Grafing (Budding)

يُعد التطعيم بمثابة عملية إكثار صنف وليست تحسين في مواصفاته، فهو عبارة عن أخذ جزء من النبات المراد إكثاره يسمى الطعم Scion وتثبيته على نبات آخر أو جزء من نبات آخر يسمى الاصل Stock، بحيث ينمو الطعم على الأصل بعد إلتحامهم، وبذلك يكون النبات الجديد نامياً على جذور غير جذوره كما في الشكل رقم (37)، لذلك يُلجأ للتطعيم لاكثار انواع واصناف ذات مواصفات جيدة وعالية الانتاجية وخالية من الامراض والتي لا يمكن اكثارها بالعقل او الترقيد والخلفات.

وتتم عملية التطعيم بعد عام من تفريدها في المشتل وتكون الشتلات بعد ثمانية عشر شهراً من موعد زراعة البذور، إذ يتم إعداد الطعوم بإختيارها من أفرع ذات مقطع دائري لأن الأفرع المضلعة تكون غير تامة النضج أو من أو فروخ مائية أو من سرطانات وغيرها، كما يشترط أن تأخذ من أشجار قوية خالية من الأمراض والحشرات، وقد يحتوي الطعم على برعم واحد كما في التطعيم بالعين، أو أكثر من برعم كما في أشجار الزيتون والليمون الحلو.



الشكل يوضح مراحل التطعيم

طرائق التطعيم

أ. التطعيم بالعين: وهناك طرائق عديدة لإجراء هذا النوع من التطعيم منها: البرعَمة الدرعية والبرعمة الحلقية والبرعَمة بالرقعة: في هذه الطريقة تزال رقعة مستطيلة أو مربعة من قلف الأصل، ويوضع بدلاً عنها رقعة من الطعم محتوية على برعم، ومشابهة لها تماماً، ومن ثم يتم ربطها.

ب. التركيب: وفيه يتم تركيب جزء قصير من فرع يحتوي على برعمين أو أكثر يسمى القلم (في حين يكون تطعيماً في حالة وجود برعم واحد)، على الأصل في مكان مناسب، وقد يكون الأصل ساقاً أو جذراً. وهناك أشكال عديدة تستخدم في هذه الطريقة، أهمها: التركيب السوطي، التركيب اللساني، التركيب بالشق، التركيب الفلقي، التركيب باللصق **والتركيب القنطري**: الذي يتم بإزالة الجزء المصاب حتى تظهر الأجزاء السليمة من القلف، ثم تحضر الأقلام بطول يوازي طول الجزء المزال مرة ونصف، ويبرى طرفي الأقلام ويعمل شقان على شكل حرف T في اللحاء في أسفل وأعلى المنطقة المصابة وتثبت الأقلام داخل القلف وتربط بعناية، بعد نجاح عملية إلالتحام تعمل الأقلام كقنطرة لنقل الغذاء من المجموع الخضري. عادةً ما تستخدم هذه الطريقة في علاج حدوث إصابة أو تآكل في قلف الأشجار في أي منطقة على الجذع فوق سطح الأرض.

مزايا التطعيم

1- إستخدام أصول مقاومة للأمراض والملوحة في التربة.
2- تغيير صنف غير مرغوب فيه بآخر مرغوب فيه.
3- علاج الأجزاء المصابة في الأشجار ودراسة ومعرفة الأمراض الفيروسية التي قد تكون موجودة في الأشجار.
4- تغيير صفة النبات، بإستعمال أصول مقوية أو مقصرة للنمو.
5- إكثار نباتات يصعب تكاثرها بالطرائق الأخرى، فضلا عن اكثار الاصناف التي لا تتكاثر بالبذور.
6- التغلب على مشكلة عدم ملائمة التربة لبعض الانواع في الارض الكلسية.

ومن عوامل نجاح عملية التطعيم هي:
1- اختيار الطعم من شجرة ذات مواصفات جيدة، ولهذا يتم انشاء بساتين امهات متخصصة ومعروفة وموثوقة الاصناف والسلالات.
2- ان يكون هناك توافق او رابطة بين الطعم والاصل من نفس النوع النباتي والفصيلة (حمضيات، تفاحيات، لوزيات) كل على حدة ، ولا يمكن تطعيمها على بعضها لاختلاف عائلتها النباتية.
3- ان تكون قوة نمو الطعم مثلها في الاصل وان تكون بداية النمو في الربيع للاثنين معاً، وفي حالة اختلاف موعد بداية النمو فلا بدّ ان يكون البدء في الاصل اولاً ، والا جف الطعم.
4- إحكام عمليتي الربط وتغطية الجروح في كل من الطعم والاصل.

ثالثاً- التكاثر بواسطة أجزاء خضرية متخصصة وتشمل:

1- الأبصال Bulbs: وهى سوق قصيرة ذات أوراق لحمية وسميكة وبراعم جانبية في آباط قواعد الأوراق تكون أبصالاً مصغرة أو بصيلات عند تكشفها وتعرف الحلفات عند نموها الكامل، مثل البصل والثوم والنرجس والسوسن.
2- الكورمات Corms: هي عبارة عن ساق النبات الرئيسية تكون خازنة للمواد الغذائية ويكون سطحها مقسم إلى عقد وسلاميات وتحمل براعم، تنمو الجذور حول قاعدة الكورمة، أما البراعم فتتكون على باقي أجزاء الكورمة، مثل الموز والقلقاس.
3- الرايزومات Rhizomes: هي عبارة عن سيقان أرضية متحورة ومخزنة للغذاء تنمو باتجاه أفقي تحت سطح التربة، ومقسمة إلى سلاميات قصيرة وعقد تحمل أوراق حرشفية صغيرة، وفي ابطها براعم التي تنمو مكونةً الساق ومن السطح السفلي لها تتكون الجذور، وتتكاثر النباتات الرايزومية بواسطة تقسيم هذه السيقان الأرضية إلى أجزاء صغيرة تحتوى كل منها على برعم أو أكثر وزرعها، كما في النجيل.
4- الدرنات الساقية Stem tubers: هي عبارة عن رايزومات أرضية تتضخم نهاياتها لتخزين الغذاء، وتحتوى على براعم، ويمكن زراعة الورقة بأكملها أو تجزئتها إلى قطع تحتوى كل منها على برعم أو أكثر، وتخرج السيقان من البراعم، في حين تتكون الجذور من قواعد السيقان النامية من البراعم مثل البطاطا والبيجونيا.
5- الدرنات الجذرية Root tubers: عبارة عن جذور لحمية متضخمة لا تحتوى على براعم مثل البطاطا الحلوة والداليا (الداليا نبات عشبي حولي شتوي أو صيفي وتتبع مجموعة الأبصال المزهرة رغم أنه من الناحية النباتية ذو فلقتين).

رابعاً. التكاثر بإستعمال أعضاء خضرية متخصصة، وتكون مهمتها الأساسية التكاثر الطبيعي وتشمل:

1- الفسائل أو الخلفات Off-Shoots

وهي نباتات تتكون من براعم جانبية من السيقان بالقرب من سطح الأرض، ولها جذورها الخاصة بها، ويمكن فصلها وزراعتها لتكوين نبات جديد، كالنخيل والموز والأناناس.

2- السرطانات Suckers

وهي أفرع جانبية تنمو من براعم عرضية على جذور النبات تحت سطح الأرض أو على الساق في منطقة التاج، وليس لها جذور خاصة بها، تفصل بجزء من خشب النبات الأم وتزرع كنبات مستقل مثل الزيتون والرمان والتين والتفاح والجوافة.

3- السيقان الجارية Runners

هي عبارة عن أفرع خضرية تخرج من براعم إبطية، من سيقان جارية على سطح الأرض، وتكون لها مجموع جذري عند ملامستها التربة، ويمكن فصلها وزراعتها كنبات مستقل كما في تكاثر نباتات الفراولة.

شكل يوضح، 1- التكاثر الخضري بطريقة الرايزومات، 2- الكورمات، 3- الدرنات

التكاثر العذري (اللإخصابي) Parthenogenesis

يعد التكاثر العذري الذي يسمى أيضاً Apomixis شكلاً من أشكال الإكثار اللاجنسي في النباتات خضرية التكاثر، ويعرّف على أنه قدرة بعض النباتات على إنتاج الثمار الخالية من البذور طبيعيا بدون تلقيح أو إخصاب، **أو** هو الحصول على فرد جديد من بويضة غير مخصبة، ويطلق على النبات الناتج منه بـ Apomict، فقد تم تشخيص حدوث التكاثر العذري في أكثر من (300) نوع يتبع (35) عائلة نباتية، ومن بين أشهر النباتات التي تتكاثر بهذه الطريقة هو الخيار الأنثوي Parthenocarpy، إذ يتحفز المبيض ويتكون بصورة كاملة بدون بذور خصبة وذلك بسبب خلوها من الجنين ومحتوياته، ومن المحاصيل التي تتكاثر بهذه الطريقة أيضاً هي الموز والأناناس وبرتقال أبو سرّة، فضلاً عن حصوله في محاصيل أخرى كزهرة الشمس والسمسم.

الإثمار العذري الصناعي Artificial Parthenocarpy

أمكن إحداث الإثمار العذرى صناعياً لبعض النباتات وحثها على تكون الثمرة صناعياً من غير إخصاب بواسطة معاملة المبيض غير الملقح بهرمون نباتي مثل الأوكسين ومنها أندول أو نافثول حامض الخليك Naphthalene acetic acid لتنبيه المبيض من أجل حثها على تكوين الثمار بدون بذور، والذي أستعمل في الطماطة ، أو بواسطة رش المياسم بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة في أثير كحولي).

كما ويستعمل التكاثر بمزارع الأنسجة والخلايا، إذ تستعمل مزارع الأنسجة والخلايا Tissue and Cell Cultures في بعض الحالات كوسيلة للإكثار اللاجنسي غير المحدود للتراكيب الوراثية.

التربية بإستحداث الطفرات Plant breeding by mutagenesis

في علم الوراثة، من الممكن أن يكون 1+1= صفر، وهي المعادلة التي تصح في مفهوم الطفرة، فالجينات التي يجب ان تعمل عادة بالتنسيق فيما بينها، وكل جين يعزز من تأثير الجين الآخر على نفس الكروموسوم قد يلغي بعضها احياناً وجود الجين الآخر، وإن حدوث الطفرات يمكن أن ينتج عنه تغيير غير محدد في الصفات الوراثية، قد يعطي نباتات مختلفة تماماً في صفاتها عن النبات الأساسي، لأنه يمكن أن يُحدث تغيير في جين واحد أو في جزء من تسلسله بالحذف أو الإضافة النيوكليوتيدية، أو عكس ترتيب الجينات، أو تغيير في موقعها.

تعرف الطفرة Mutation على أنها تغير مفاجئ في تسلسل المادة الوراثية DNA، الذي قد يكون على مستوى الكروموسومات أو على المستوى الجيني، وقد تكون الطفرة رجعية فلا تُحدِث أثراً في تغير الجينات وقد تكون مستمرة وتُغِّير في تركيب الجين وبالتالي تؤثر على تكرار الاليلات داخل الفرد أو العشيرة.

إن هذا التغير المفاجئ في تركيب الحامض..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الشكل يظهر حدوث الطفرة بإستبدال نيوكليوتيدة الثايمينT في شريط الحامض النووي العلوي بالسايتوسينC في الشريط الثاني للحامض

لقد شاع إستعمال المطفرات بإستخدام عوامل التطفير الصناعي المختلفة خلال العقد الخامس من الألفية المنصرمة وما بعدها لإنتاج الأصناف التجارية الحديثة من الحبوب كالحنطة والشعير والذرة الصفراء والرز وغيرها كثير، فضلاً عن بعض محاصيل الخضر، ويقدر ما يوجد في العالم من أصناف نباتات مختلفة ناتجة بالتطفير بأكثر من 2250 صنفاً، تعود الى 175 نوعاً، من بينها 440 نوعاً طافراً من محصول الرز، وتصدرت الصين قائمة دول العالم من حيث عدد أنواع الطفرات بـ 191.

إن التغييرات المفاجئة التي تطرأ على المادة الوراثية من خلال الطفرة لتُغيِّر من صفات الكائن الحي هي في الحقيقة تغيير في ترتيب قواعد DNA بحيث سيكون النسل الناتج مختلفا في صفة او مجموعة من الصفات التي حدثت في الترتيب النيوكليوتيدي للجينات المسؤولة عن إظهارها، كما وتعرف الطفرات المستحدثة على أنها معاملة النبات صناعياً بالعوامل المطفرة (Mutagenic agents) بهدف تحسين صفاتها وذلك بإحداث تباينات وراثية جديدة.
يلجأ مربو النبات الى إستحداث الطفرات صناعياً في محاصيل مختلفة بسبب إنخفاض معدل حدود الطفرات الطبيعية فيها الى ما يقارب واحد في المليون في المورثة الواحدة وحسب نوع المحصول والصفة وبعد إستنفاذ جميع وسائل التربية الأخرى الممكنة لتحسين محصول ما.
إن ما يميز التربية بهذه الطريقة انها سريعة النتائج ويمكن التحكم فيها، الا ان هناك بعض السلبيات المرافقة لتنفيذ هذه الطريقة ومنها:

1- بعض الطفرات المستحدثة في الكائن الحي تكون ضارة ونسبة المفيد منها ضئيل، فضلاً عن أن الأغلب منها تكون ذات تأثير مميت.
2- الكائن الحي المطفر لابد أن يتم إختياره بدقة وعناية كبيرة.

أنواع الطفرات Types of mutations

1- الطفرات الكروموسومية (الصبغية) Chromosomal mutations
هي عبارة عن تغيرات مفاجئة في عدد الكروموسوات (التضاعف) Polyploidy أو في تركيبها الذي يشمل الانتقال بتبادل الاجزاء بين كروموسومين غير متناظرين لتكوّن كروموسومين جديدين، او الزيادة باضافة مورث واحد او أكثر، او النقص لمورثة واحدة او أكثر، او الانقلاب بتقطيع الكروموسوم الى قطع صغيرة تعيد إندماجها ببعض مغيرة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

حاجة إلى إجراء التلقيح الذاتي يدوياً، فضلاً عن سهولة تحديد الطفرة فيها، وهي تلائم أيضا النباتات خضرية التكاثر بسبب إكثارها خضريا لتكوين الصنف الجديد، أما المحاصيل خلطية التلقيح فان التربية بالطفرات لا تلائمها الا بعد زراعة النباتات المعاملة بطريقة التجميع Pulk بسبب حاجاتها لجهود كبيرة في تلقيح عدد كبير من النباتات يدوياً، على النقيض من التباينات الوراثية من النباتات ذاتية التلقيح، فضلاً عن إنعزال الطفرات المنتخبة بحالتها الأصلية.

عموماً يمكن تمييز الطفرات واكتشافها في الصفات النوعية البسيطة للنبات وبسهولة في الصفات الكمية، وبسبب وجود عدد أقل من المورثات المسؤولة عن إظهار الصفات النوعية.

إن معاملة البذور والبادرات الصغيرة بأحد العوامل المطفرة سينتج عنهما الكايميرا (Chimera) الذي يعرف بانه نبات يحوي على نوعين او أكثر من الأنسجة المختلفة .

هناك نوعين من التأثيرات التي تحدثها العوامل المطفرة على النبات، فمنها تأثيرات وراثية عاملية او تحورات كروموسومية، ومنها تأثيرات فسيولوجية تظهر على شكل زيادة في قوة النمو في مراحل النمو الأولى في الجيل الأول للمعاملة بالمطفر.

إن الطفرات الأكثر شيوعاً هي طفرات المورثات المتنحية، إذ ان الطفرات الخاصة بالمورث السائد يظهر تأثيرها في الفرد مباشرةً، بينما لا تظهر طفرات المورث المتنحي الا بوجود مورثتين متنحيتين في الفرد بسبب الإنعزالات الوراثية.

طرائق حدوث الطفرة

يحدث التأثير المطفر باحدى طريقتين واحيانا يكون بكليتهما معاً، وهما:

1- التأين ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

رة ذات قدرة عاليـة على التفاعلات الكيميائية وبذلك سيؤدي الى حدوث الطفرة في النبات.

العوامل المطفرة Mutagenic agents

يستعمل نوعين من العوامل المطفرة لإحداث الطفرة الصناعية في النبات وهما:

1- المطفرات الفيزيائية Physical mutagens:

يعد الباحث muller أول من استخدم الأشعة السينية (x-ray) لأحداث الطفرة على الدروسوفيلا في عام 1927، ثم بعده stadller في عام 1928م على الشعير، وإستمر العمل على عدة محاصيل ونباتات وبوسائل مختلفة، بهدف خلق تغايرات جديدة إما بإستخدام صنفاً جديداً بشكل مباشر، أو بالتضريب مع أصنافاً للآباء المتزاوجة.

تضم المطفرات الفيزيائية أنواعاً مختلفة من الأشعة، التي تعد من أهم العوامل المطفرة ومنها الأشعة فوق البنفسيجة التي تؤثر فى طبيعة استنساخ الـ DNA وربما توقفه، والأشعة الكهرومغناطيسية وتضم أشعة أكس X-ray وأشعة كَاما Gamma ray وأشعة بيتا (الكاثود) Beta ray وأشعة ألفا Alpha ray والنيوترونات ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

وفحصه سايتولوجياً، وإن أشهر محصول مزروع اليوم من إنتاج الإنسان هو محصول التريتيكيل triticale

وقد أستخدم الكولشيسين ايضاً في تطوير أنواع من الأعلاف، حيث تمت مضاعفة كرموسومات كل من البرسيم والدخن من 14 إلى 28 كروموسوم.

3- الصدمات الفيزيائية Physical shocks: وتتم بتعريض حبوب اللقاح الى درجات الحرارة العالية ثم تنخفض وبشكل مفاجئ او بإستخدام جهاز الطرد المركزي وبسرعة عالية جدا اذ سيؤدي الى إحداث الطفرة، فضلاً عن طريقة الصدمة الكهربائية Electric shock والتي تؤثر فى ميثلة أو أستلة DNA أو الهستون

إن فعالية الجرعة او التركيز من هذه المطفرات في إحداث الطفرة مرتبطة بعدة عوامل أهمها:
1- نوع المحصول.
2- الجزء النباتي المعامل مثل حبوب اللقاح او البذور او الجزء الخضري.

2- طول فترة المعاملة (التعريض).

4- طريقة المعاملة.

فمثلا تعامل البذور الجافة أو الرطبة بجرعة فعالة تتراوح ما بين 5- 50 Krad من أشعة كاما وتعامل بنفس الأشعة البراعم الزهرية بجرعة فعالة تتراوح بين (0.05 – 0.5 %).

مراحل التربية بإستخدام الطفرات

هنالك اربعة مراحل رئيسية من برنامج التربية بالتطفير وهي:

1- إختيار المادة النباتية: المتمثلة بإختيارالأصناف الأكثر استقراراً وتحملاً لظروف البيئة المحلية على إعتبار أن هذا الصنف ذو صفات مورفولوجية وفسلجية كمية ونوعية جيدة ولكن تنقضه صفة واحدة او أكثر يستهدفها المربي من خلال التطفير.

2- إختيار عامل التطفير: ان إختيار نوع المادة المطفرة يعتمد على الجزء النباتي المستهدف او عادةً ما يفضل إستعمال المواد الكيميائية في معاملة البذور، والمطفرات الاشعاعية في معاملة اجزاء النبات الخضرية لسهولة اختراقها انسجة تلك الاجزاء، وتستعمل المحاليل الكيميائية لإذابة المطفر الكيميائي من اجل تسهيل دخوله الى النسيج النباتي وغالبا ما يستعمل Dimethyl Sulphoxide لهذا الغرض.

3- المعاملة بالمطفر (التعريض): بالإمكان استهداف ثلاثة اجزاء في النبات ومعاملتها بالمطفرات الصناعية وهي:

أ.حبوب اللقاح Pollen grain: من السهولة معاملة كميات كبيرة من حبوب اللقاح اذ ستنتقل الطفرة المستحدثة من حبوب اللقاح الى الجنين الذي سينشا عنها ومن ثم الى جميع خلايا النبات الذي سينمو منه.

ب. البذور Seeds: من السهولة ايضا معاملة كميات كبيرة من البذور وهي طريقة شائعة الإستعمال في النباتات البذرية بسبب سهولة التحكم ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

رع بذور كل نبات من نباتات الجيل الأول على مسافات متباعدة في خطوط مستقلة وتلقح ذاتياً لإنتاج بذور الجيل الطفري الثالث، حيث تنعزل في هذا الجيل الطفرات المتنحية بحالة أصيلة، ولا يظهر التأثير الفسلجي على النباتات المعاملة بالمطفر، مع القيام بإزالة وإستبعاد النباتات ذات النمو الطبيعي.

ج.الجيل الطفري الثالث (M3) generation: تزرع عدة خطوط من كل طفرة وتنتخب النباتات ذات الصفات المرغوبة وتلقح ذاتياً لإنتاج بذور الجيل الطفري.

د. الجيل الطفري الرابع – التاسع g. M4 - g. M9: المباشرة بتجارب المقارنة مع الأصناف المحلية جيدة الصفات ضمن تصاميم في مكررات مع الاستمرار بالإنتخاب، وغالباً ما يستعين مربي النبات بطريقة إنتخاب النسب او التجميع (وهما الأكثر شيوعاً) في مداولة الأجيال الطفرية لإنتخاب المتفوق منها لإعتمادها كأصناف.

إنجازات التربية بالطفرات

حققت طرائق التربية بالطفرات الصناعية كتقانة فعالة إنجازات كبيرة في المجال الزراعي من خلال تحسين الصفات الكمية والنوعية في الكثير من المحاصيل والنباتات، ففي عام 1969 إستطاع الباحث Micke من إنتاج 77 صنفاً محسنا كان منها 11 صنفا من نبات الشعير و28 من نباتات الزينة، ثم وفي عام 1973 كشف كل من Micke و Signrbjornsson عن إنتاج أكثر من 98 صنف لمحاصيل حقل وخضر مختلفة و47 صنف لنباتات زينة نتيجة للطفرات المتبوعة بالإنتخاب، وتم إنتاج 13 صنف نتيجة للطفرات المتبوعة بالتهجين، ثم تلتها إنجازات كثيرة في هذا المجال ولا زلت الدراسات والبحوث مستمرة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الأصلي في معدل الحاصل سميَّ فيما بعد بسمتي العراق، وبالطريقة نفسها إستنبط صنف الرز عنبر المناذرة والفرات وبغداد والعباسية من الصنف عنبر-33.

وقد إستخدم عدد من الباحثين أسلوب التطفير بالصدمة الكهربائية على مجموعة كبيرة من المحاصيل كالرز والحنطة والشعير والقطن وزهرة الشمس وتم الحصول على سلالة حنطة وصلت نسبة البروتين فيها الى 18%.

وخلال السنوات الستة الاخيرة (حتى نهاية 2017) تمكن باحثو مركز تربية وتحسين النبات في وزارة العلوم والتكنلوجيا (منظمة الطاقة الذرية العراقية سابقاً) من إستنباط عدة أصناف من حنطة الخبز، ومنها بغداد-1، بغداد-3 وصنف فارس-1، وصنفي بغداد-2 ولطيفية-2 من حنطة المعكرونة وصنفي السمسم (طفرتي سومر والوداع)، وأصناف أمل-7، فرح والمهند من القمح الشيلمي، وصنف طاقة-3 من محصول فول الصويا.

التربية لتحمل الإجهادات الأحيائية وغير الأحيائية

أصبح القطاع الزراعي يواجه العديد من التحديات، وخاصة في المجتمعات النامية، ومن بين هذه التحديات هي الإجهادات الأحيائية (الحيوية) Biotic stress التي تُعرّف على إنها هي الإجهادات التي تحدث نتيجة الأضرار التي لحقت بالنباتات من قبل الكائنات الحية الأخرى المتمثلة بالعوامل البيولوجية (كالحشرات والأدغال والأمراض التي تسببها البكتيريا والفيروسات والفطريات والطفيليات) والإجهادات اللاأحيائية (غير الحيوية) Abiotic stress التي تُعرّف على إنها الأثر السلبي للعوامل غير الحيّة على الكائنات الحية في بيئة معينة، والمتمثلة بالعوامل البيئية (كالجفاف والملوحة والرياح والسقي والضوء والإرتفاع والإنخفاض الحراري)، التي شكلت مصدر قلق كبير خاصة مع ما تمثله من خسائر إقتصادية كبيرة تصل الى حدود 40 % من إجمالي الحاصل وأكثر، وقد تصل في بعض الحالات الى الكارثة الزراعية التي يتعرض لها المحصول، لذلك فقد قام الانسان ومنذ زمن بعيد بمقاومتها محاولاً من خلالها الحد من إضرارها للحاصل الاقتصادي، ومع الوقت تطورت الكثير من الاساليب والمفاهيم الزراعية وإبتكرت العديد من التقانات التي إستعان بها المزارع والمربي معاً من اجل الحد من أضرار الفقد المحصولي، وبرز إستخدام مفهوم الزراعة المستدامة Sustainable agriculture التي هي القدرة على ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

بعض الدول المتقدمة في إعتماد وتحسين نظم الزراعة المستدامة، فقد وصل معدل إنتاج انكلترا من الحنطة الى 14 طن للهكتار، في حين أنه لا يزيد عن طن ونصف في العراق بحسب ظروف الانتاج في أفضل حالاتها.

ومع إنتشار الإعتماد على وسائل المكافحة المختلفة تلك ومنها الكيمياوية، فقد ظهرت معها عدة مشاكل بيئية وصحية مباشرة وتراكمية غير مباشرة وإرتفاع كلفتها التي أصبحت تثقل كاهل العاملين في القطاع الزراعي، فضلاً عن تكيف سلالات جديدة من الحشرات للمبيدات ومقاومتها لها، الى جانب ما يشهده قطاع الإنتاج الزراعي من تدني بسبب مشاكل الملوحة وإنحسار مساحات كبيرة من الاراضي بسببها ونتيجة تناقص الواردات المائية ومشاكل الجفاف، فبالإضافة الى دوره (الذي يستهدف الوصول الى عدد حبوب سنبلة الحنطة من معدل 40 حبة الى 60 حبة مثلاً، او زيادة معدل نمو اي محصول غذائي ينمو بمعدل 50 ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

لملوحة، لما لهما من تأثير كبير على القطاع الزراعي والبيئة بشكل عام.

تربية محاصيل الحقل لتحمل الإجهادين المائي والملحي (التأقلم)

إن تعرض النبات خلال دورة حياته الى ظروف بيئية قاسية مثل النقص المائي أو إرتفاع نسبة

الملوحة، يسبب إجهاداً يؤثر في جميع العمليات الفسلجية والأيضية.
إن مفهوم الإجهاد فيزيائياً هو مجموعة من الظروف التي تتسبب في إحداث تغيرات واضحة في العمليات الفسيولوجية والتي تؤدي تدريجياً إلى إحداث الضرر، أما فسيولوجياً فهو انعكاس لمجموعة من الضغوط البيئية لإحداث تغيرات في فسيولوجيا النبات. ويمكن تقسيم أضرار الاجهاد الى أضرار مباشرة Direct damages، أضرار غير مباشرة Indirect damages، وضرر ثانوي (Secondary damage).
تتعرض أكثر من 50% من الأراضي الزراعية لتدهور متوسط أو شديد بفعل الجفاف والتصحر، مع فقدان ما يقارب 12 مليون هكتار من الأراضي يمكن استغلالها للإنتاج كل عام، وتعاني أكثر من 7% من مساحة اليابسة، وأكثر من 15% من نسبة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

ذلك الشد. إن آلية تحمل النبات للاجهادات (الشدود) هى آلية وراثية جزيئية معقدة التركيب، متداخلة الفعل، تتباين وحسب نوع الإجهاد وشدته ويرتبط بنوع النبات ومرحلة نموه الى جانب نوع التربة وعوامل اخرى، كما ان تلك الآليات قد شملت الأثر الفسلجي والكيميائي والتشريحي وصولاً للتأثير المظهري فضلا عن التأثير الجزيئي، التي تتداخل فيما بيها بالمجمل لتنعكس على أداء النبات وانتاجه، فيتأثر معدل نموه وعدده وعدد الازهار ونسبة الاخصاب والمساحة الورقية وغيرها من صفات النمو الخضري والثمري حتى يتدهور الحاصل او قد ينعدم تحت الاجهاد الشديد ولفترة طويلة.

آليات التحمل الفسلجية والوراثية

تستجيب النباتات للإجهاد بآليات تختلف بإختلاف النوع النباتي، وهي الآليات التي لا يمكن فصلها عن بعضها البعض لأنها تكاد تكون متكاملة، إذ ان تلك الإستجابات هي عادة ما تكون ذات طبيعة مورفو-فسلجية ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

المحافظة على إمتلاء الخلايا النباتية من أكثر الصفات المرغوب فيها خلال فترات الجفاف القصيرة الأمد، ولكنها تعجز عن تأمين الإتزان المائي في الخلايا النباتية عندما تطول فترات الجفاف أو تزداد شدته، ولكي تتمكن الخلايا من البقاء حية لابد أن تطور آليات تحمل حقيقية عند تعرضها للظروف البيئية غير المناسبة، تسمح في المحافظة على النمو خلال فترة الإجهاد المائي ، وتؤمن أيضا القدرة على استعادة النمو Growth recovery عند انقضاء الجفاف. ومن بين الآليات التي يتبعها النبات لتقليل شدة الجفاف (الإجهاد المائي) مثلاً والمرتبطة بدورة حياة النبات، هي لجوءه الى إنهاء دورة حياته خلال الفترة التي يكون فيها الماء متوفرا، فالنمو السريع والإزهار المبكر يساعدان بتفادي فترة الجفاف، وقد طور النبات آليات للتأقلم مرتبطة بدورة حياته (التبكير)، وعادة فان الأصناف مبكرة النضج تستطيع تجنب فترة العجز المائي التي تصادف عادة في نهاية دورة

حياة النبات والتي تكون ذات مردود عالي، إذ حققت 53 صنفاً من الحنطة والشعير مبكرة في النضج بيوم واحد زيادة في حاصل الحبوب بلغ قرابة 500 كغم/هكتار، وهذه الزيادة بالتأكيد ستكون رهينة عاملي مدى حساسية النبات للفترة الضوئية ودرجات الحرارة المرتفعة .

وهناك عدة آليات مورفو-فسيلجية يتبعها ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

فيما بعد نحو الحبوب للمساهمة في امتلائها ، فتساهم المادة الجافة التي تتشكل في الساق قبل الإزهار بنسبة 3-30% في إمتلاء الحبوب، فترتفع مساهمة الساق في إمتلاء الحبوب في حالة وجود العجز المائي بنسبة تفوق 40% من المادة الجافة للحبوب.

وقد وُجِدَ أن الأصناف ذات السيقان القصيرة ليست قادرة على تخزين المواد بكميات كافية مما يجعلها ضعيفة التحمل للإجهادات بالمجمل.

وراثياً، فان صفتي تحمل الملوحة والجفاف صفتان كميتان تتحكم فيهما مجموعة كبيرة من الجينات التي تعبر عن نفسها كصفة للتحمل، وان هناك عدة مظاهر كيموحيوية ووظيفية (فسلجية) وتشريحية وشكلية مرتبطة بمجموعة كبيرة من توليفة الجينات التى تجعل النبات يتحمل الملوحة أو الجفاف.

ففي حالة الإجهاد المائي، فإن الجينات المسيطرة عليه تصنف ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

للإجهاد الملحي Salt tolerance من التي تنمو في تربٍ متملحة Salinized soil أو تروى بماءٍ مالح ، وهي التي تتبع آليات عديدة لتحمل شدة هذا الاجهاد وتقليل الأثر الضار التراكمي.

ومن بين تلك الآليات هي آلية تحمل الأملاح عن طريق تجميع ملح كلوريد الصوديوم في أنسجة النبات وخاصة في الفجوات والاوراق القديمة وهي النباتات التي تتحمل الصوديوم بتخزينه في أنسجتها المختلفة والتي تسمى المخزنة Include، أما الآلية الثانية فهي آلية تجنب الأملاح Salt avoidance أي أنها من النباتاتُ الطاردةٌ للأملاح Excluder، إذ يقوم النبات بخفض وتقليل تركيز ملح كلوريد الصوديوم داخل أنسجته من خلال طرح الزائد منها عبر الأوراق أو الجذور.

إن النباتات المتحملة للملوحة التي تعتمد على آلية طرح الأملاح الزائدة تمتلك غدداً خاصة تقوم بطرح الأملاح الزائدة، أما النباتات العصارية فإنها تعتمد على مبدأ زيادة المحتوى المائي في أنسجتها حتى تقلل من سمية تلك الأملاح.

أما من الناحية المورفولوجية (الشكلية أو المظهرية) فإن بعض النباتات المقاومة للأملاح تتميز بوجود حويصلاتٍ ملحيةٍ على الأوراق حيث تقوم هذه النباتات بتجميع الأملاح و تخزينها في تلك الحويصلات.

يعتبر نبات الذرة الصفراء مثلاً، وحيد المسكن، لذلك فان وجود هذه الصفة جعلت من تأثره بإجهادات الملوحة والجفاف اكثر من غيره من محاصيل الحقل كالحنطة والشعير والذرة البيضاء، إذ ان زيادة الفترة بين التزهير الذكري والتزهير الأنثوي في هذا المحصول تقلل من نسبة الإخصاب الفعال وبالتالي ينخفض حاصل الحبوب، وترتفع نسبة الخسارة المحصولية لهذا النبات بسبب امتلاكه لساق واحدة فقط التي تتأثر بظروف الإجهادات أكثر من أقرانه من المحاصيل لإمتلاك الاخيرة القدرة على إنتاج أفرع أُخرى جديدة بعد إنتهاء فترة الإجهاد التي تعرض لها، الى جانب عوامل اخرى كحاجته للماء مدة أطول وكمية أكثر بسبب كبر حجم العرنوص وحاجة الحبة الى فترة إمتلاء أطول، خاصة انه محصول ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

حد العوائل الجينية الخمسة المسؤولة عن التحكم في صفة تحمل الملوحة من خلال سيطرة جيناتها التسعة على إمتصاص ونقل أيون الصوديوم عبر الغشاء البلازمي Plasma Membrane وعلاقة التوازن بينه وبين ايون البوتاسيوم من التربة الى النبات وبين اجزاء النبات نفسه، تضم هذه العائلة اثنين من تحت العائلة Sub-familly وهما (Sub-familly-1) التي تضم خمسة جينات نفاذة للصوديوم وتسمح بمروره وتبادله بين التربة وجذور النبات، و (Sub-familly-2) التي تضم أربعة جينات أكثر تسامحا ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الذرة الصفراء واطئة جداً بسبب طبيعة جينومه، فهو لا يمتلك الجينات المتعددة لتحمل الملوحة، كما هو الحال في بقية محاصيل الحبوب، إذ تبدأ بالتأثر والضرر من الاجهاد الملحي عند 1.7 دسي سيمنز/متر (17 ملي مولر من كلوريد الصوديوم)، بيد أن هذا التأثير سيختلف مع تباين وفرة عوامل أخرى، في حين أن نباتات الرز يمكن أن تنمو وتعطي حاصل حبوب جيد في تربة تركيز الاملاح فيها 5 دسي سيمنز/متر (50 ملي مولر من كلوريد الصوديوم، ويتخطى عتبة 125 ملي مولر في بعض الأصناف)، والشعير حتى 28 دسي سيمنز/متر، فيما تتحمل الحنطة 10-15 دسي سيمنز/متر ويصل الى 27 في بعض الأصناف، وعلى الرغم من أن سيقان نباتات الحنطة الخشنة اقوى لوجود طبقة كيوتكل سميكة تغطيها، إلا انها تتحمل مستوى أقل من الملوحة بالمقارنة مع حنطة الخبز. في محاصيل الحبوب، عادةً ما يكون
تاثير الإجهادات على عدد النباتات القائمة عند مرحلة النضج هو الاكثر تاثيراً من بقية الصفات، ومن بين الصفات الأكثر ثباتاً تحت ظروف الشد هو وزن البذرة باستثناء حالات الشد القاسية جدا.

ولا زالت محاصيل الحقل والخضر تعاني من قلة عدد الأصناف المستنبطة منها والمتحملة للملوحة فعلاً.

الحنطة ذات تغايرات كبيرة وتضم ستة عشر نوعا species مختلفاً، ما يتيح للمربي والباحث مدى واسع لإختيار ما يناسب بيئته، فهي تتمتع بمقدرة واسعة على التطبع لمديات واسعة من خطوط العرض شمال وجنوب خط الاستواء، لذلك فهي تزرع في ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

المحاصيل المتحملة لشدود النقص المائي والملحي بإستخدام الإنتخاب الكمي والتكراري أو التضريب الرجعي وبإعتماد صفة حاصل الحبوب معياراً للإنتخاب، ومن بين نتائج بعضها هو الحصول على نباتات رز تتحمل الإجهاد المائي مع حاصل حبوب وصل الى 4 طن/هكتار مقارنة مع حاصل أصولها البالغ 7.2 طن/هكتار تحت ظروف كفايتها المائية الطبيعية. في الذرة الصفراء،
كان هناك تقدم كبير في تربية النبات وتحسين صفاته عموماً وفي حاصل الحبوب خصوصاً تحت شد الجفاف والعجز المائي، بإعتماد طرائق التربية التقليدية لدى اعتماد صفات ذات درجة توريث عالية مرتبطة بحاصل الحبوب.

إن بادرات الرز تتحمل شد الملوحة في مراحلها الأولى افضل من المراحل اللاحقة للنمو، لكنها تعود مرة اخرى حساسة للشد الملحي عند دخولها الطور التكاثري، وتتأثر حبوب لقاحه، ويقل عدد سنيبلات الدالية، فيقل عدد حبوبها.

للأسف فإن أغلب الأصناف المستنبطة لتحمل الملوحة أو الجفاف تعاني من مشكلة انخفاض نسبة الخصوبة فيها، بحيث وصلت نسبة العقم فيها حتى 30% ، بل والبعض منها لم يتعد حاصله 50% من حاصل الاصناف البرية.

عموماً، فإن إتباع تقنيات الهندسة الوراثية الى جانب زراعة الانسجة، ومن بينها زراعة حبوب اللقاح أو المتوك في نقل الجينات المسؤولة عن تحمل الإجهادات غير الإحيائية من النباتات المتحملة الى الحساسة من ذوات الصفات المرغوبة هو الطريقة التي بات ينتهجها الباحثون اليوم للتغلب على مصاعب التربية التقليدية للتحمل، كما وان إتباع أفضل برنامج تربية لتحمل إجهادات الجفاف والملوحة في المحاصيل يتمثل بزراعة عدد كبير من ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

ل الحبوب.

الطرائق الزراعية لحماية المحاصيل من الإجهادات

ومن بين أهم أساليب حماية المحاصيل الحقلية هي الطرائق الزراعية التي تتضمن:

1- الدورات الزراعية.

2- القضاء على ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

أفضل من الأصناف او الهجن ذات القاعدة الوراثية المحدودة، فضلاً عن الاهتمام بالتراكيب الوراثية المتأقلمة لظروف المنطقة حيث تكون أفضل من غيرها في تحمل الأمراض ومقاومتها.

إن إستخدام وتطبيق الطرائق الزراعية للوقاية المذكورة آنفاً ومهما تطورت أساليب إستخدامها الا انها ليست بديل عن الطرائق الوراثية في تربية وتحسين المحاصيل لمقاومة الأمراض والحشرات، اذ تبقى الاساليب الوراثية بنوعيها التقليدية والحديثة هي الأساس في حماية المحاصيل من الأمراض والحشرات من خلال إستنباط أصناف مقاومة بإستخدام مختلف طرائق التربية، ومن أهمها:

1- الإنتخاب بتحسين صنف المقاومة وتحسين الأصناف المتأقلمة.
2- إستخدام الطفرات الوراثية وإنتخاب النباتات التي تظهر مقاومة للإجهادات او النباتات من المصادر المدخلة.
3- التهجين ونقل صفة المقاومة من الأصناف المحلية او المدخلة.
4- إستخدام تقانة الوراثة الجزيئية والهندسة الوراثية في نقل العوامل الوراثية التي تمتاز بالمقاومة الى الأصناف ذات الأهمية الاقتصادية من حيث الإنتاج.

تجارب الغربلة للمقاومة والتحمل

أخذ مربو النبات على عاتقهم مهمة إيجاد وإستنباط الأصناف النباتية المقاومة او المتحملة لتلك الإجهادات، وفعلاً نجح مربو النبات ومنذ عقود في تربية النباتات المقاومة للإجهاد بإستنباط الأصناف والسلالات بالإعتماد على تجارب الغربلة التي ساهمت بشكل كبير في تقليل كلف الإنتاج ومخاطر التلوث البيئي والضرر الصحي التي تسببها للإنسان ولحيواناته.

وقد إعتمد المربي على عدة مصادر للمقاومة في تجارب الغربلة أبرزها:

1- الأنواع البرية القريبة.
2- الأصناف التجارية المقاومة.

3- الطفرات الصناعية المستحدثة.

ومن التجارب المهمة المستعملة في غربلة الأصناف التجارية وغيرها لمقاومة كافة الإجهادات هي:

أولا. تجارب الغربلة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

وحشرة ثاقبة أوراق القطن وغيرها من الحشرات.

إن على مربي النبات التمييز بين حالات المقاومة للمرض أو للحشرة كي يستطيع تنفيذ برنامج التربية بنجاح، وبصورة خاصة معرفة طبيعة مقاومة التراكيب الوراثية من الأصناف، وأن يميز بين الأمراض والحشرات من حيث إمكانية ان تكون المحاصيل الزراعية على عدة حالات في مواجهة الإصابات المرضية والحشرية وهي:

1- نباتات حساسة Susceptible

يفضل إستبعاد هذا النوع من التراكيب الوراثية لتعذر ولصعوبة تحسينها وراثياً.

2- متوسطة التحمل Moderetely tolerant

تظهر هذه الحالة بسبب حالة المورثات المسؤولة عن المقاومة في مثل هذا الصنف تكون غير تامة الفعالية او تكميلية والنباتات غير متماثلة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

في الزراعة المحمية (بعد توفير ظروف الاصابة الطبيعية فيها) بإتباع الخطوات التالية:

أ. إجراء العدوى بزراعة النباتات في حقل موبوء بمسببات المرض أو الحشرة لإختبارها، ومن ثم إنتخاب النباتات غير المصابة باعتبارها مقاومة.

ب. إجراء عملية التهجين بين النباتات المقاومة المنتخبة مع الصنف المحلي الذي تنقصه صفة المقاومة.

ج. الإستمرار بالتهجين واتباع طريقة التهجين الرجعي (الأكثر شيوعاً) أو طريقة تسجيل النسَب لضمان إنتقال المورثات المسؤولة عن إظهار صفة المقاومة أو التحمل (التي عادة ما تكون مورثة واحدة ونادراً ما تكون أكثر).

ويتم إجراء العدوى الصناعية في ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

المرباة صناعياً.

3- خلط البذور بالمسببات المرضية قبل الزراعة أو تعفيرها بالمسببات الجافة.

4 - رش النباتات بمحلول مائي يحتوي

على المسببات الجافة.5 - حقن النباتات بالمحلول المائي الحاوي على المسببات. 6- زراعة النباتات تحت الاختبار في مناطق انتشار الحشرة او في الموسم الذي تكون فيه نسبة عالية لانتشار الحشرة.

7- التربية الصناعية للحشرات

ومن ثم نقلها للبيت المحمي او الحقل المزروعة فيه النباتات.

فبالنسبة للاصابة الحشرية، يفضل إجراء ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

تحمل الفسيولوجية، ومع الإنتخاب المستمر لنباتات التي اظهرت التحمل يمكن ان تحصل على سلالات او أصناف ذات استقرارية لتحمل ظروف الجفاف الحقلي.

الطريقة الثانية: وتتم بتعريض البادرات الصغيرة للإجهاد المائي لزيادة تحملها لظروف نقص الماء في حالات الجفاف اللاحقة، ومع تقدم مراحل النمو يمكن متابعة التطورات الفسيولوجية من حيث التحمل وإنتخاب النباتات التي أظهرت إستجابة أكثر من خلال عدة مؤشرات يستعين بها مربي النبات كمقياس لمعرفة مدى تحمل النبات للجفاف ومنها طول جذور البادرات، اذ ان النبات الذي يزيد طول جذوره ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الاجهاد المائي، فزيادة وزن الورقة بسبب احتوائها على الماء تكون أكثر تحملا للجفاف بسبب قلة فقدها للماء، أما حاصل الحبوب أو الإنتاجية فيكون دليلاً واضحا للمربي من خلال ملاحظة عدد البذور التي يعطيها النبات بعد النضج تحت ظروف الاجهاد المائي والاجهاد المائي القاسي.

ثالثاً. تجارب الغربلة لمقاومة الملوحة Sceening experiements for salt risistance

تساهم عدة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

planting

وتتم بزراعة النباتات في أحواض مملوءة بالرمل ومن ثم ريها بالمحلول المغذي الحاوي على تراكيز مختلفة من أملاح (كلوريدات، كاربونات، كبريتات أو الصوديوم).

2- الزراعة المائية Hydroponics

يتم تجهيز احواض مائية بجميع المحاليل المغذية ويضاف لكل حوض تركيز أو تراكيز مختلفة من الأملاح كمكررات مع تثبيت أحد الاحواض كونترول (بدون اضافة الملح)، ومن ثم تزرع فيها

النباتات التي تختلف في قابليتها على تحمل مديات معينة من تراكيز الأملاح، وسيكون نمو النباتات وتطورها في تلك البيئات والتراكيز مؤشراً على قدرتها لتحمل ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

للاملاح لقياس مديات التحمل للنباتات المختلفة.

د. فؤاد رزاق البرزكي

التربية بالتضاعف الكروموسومي Breeding by chromosomal duplication (Polyploidy)

بعد أن أثبت عالم الأحياء توماس موركان T. Morgan(1866-1945 م) وطلابه في تجاربهم على حشرة الدروسوفيلا بأن الصفات الوراثية تنتقل من الأباء الى الأبناء بواسطة العوامل الوراثية (المورثات) المحمولة على الكروموسومات داخل نواة الخلية والتي تتضح خلال عملية إنقسام الخلية، برز دور هذه الكروموسومات في انتقال المورثات بين الأجيال وبالتالي مسؤوليتها وتحكمها بصفات الكائنات الحية، وتوالت دراسات وبحوث الكثير من علماء الوراثة والبيولوجيا على الكروموسوم ومعرفة تركيبه الذي يتكون من الحوامض ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

في النباتات، في حين يكون نادر الحدوث في الحيوانات، ويُعرّف حجم الكروموسوم بانه كمية الـDNA في النواة.

تركيب الكروموسوم (من كتاب تربية وتحسين النبات- د. فؤاد رزاق)

التضاعف الكروموسومي

من المعروف ان الجينات محمولة على الكروموسومات الموجودة في النواة لذلك فأن اي تغيير يطرأ على الكروموسومات الموجودة في نواة اية خلية من خلايا جسم النبات يصحب ذلك تغيير في التركيب الوراثي الموجود في تلك الخلية وان جميع الخلايا الناتجة من هذه الخلية سوف تحمل هذا التغيير الوراثي، وبذلك يمكن توصيف ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

إن التضاعف الكروموسومي يعتمد على المجموعة الكاملة من الكروموسومات أو المورثات في أمشاج (كَميتات) الأنواع أي الجينوم Genome ويرمز له بـ (X)، فمثلاً يساوي الجينوم الواحد في محصولي الحنطة والشعير سبعة كروموسمات، ويلاحظ أن هناك 1X، 2X، 3X، 4X، ..... الخ، ما يعني أن للكائن الحي أما جنيوم واحد فيسمى بأحادي المجموعة الكروموسومية (Monoploid) أوجنيومين فيسمى ثنائي المجموعة الكروموسومية (Diploid) أو ثلاثة جنيومات ويسمى ثلاثي المجموعة الكروموسومية(Triploid) ....) وهكذا على التوالي.

أوأربعة جنيومات Tetraploid وهكذا، يمكن في بعض الحالات ان يساوي الجينيوم (X) {الذي يحوي عدد معين من الكروموسومات } الخلايا الكَيميتية (n) بينما تكون في حالات أخرى غير مساوي له، كما في الحنطة السادسية (6n) التي تحتوي على ستة جنيومات:

6n = 42 = (في الحنطة) n= 7
6x [AABBDD]
2n = 14 = (في الشعير) n= 7
2x [AA]

حالات التضاعف (أنواعه)

يمكن تقسيم ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

وهذه العلاقة تحقق الثبات الوراثي) عند حدوث خلل في الإنقسام الميتوزي، ما يؤدي الى تكوين كَيميتات فيها (N-1) أو (N+1) من الكروموسومات، وعادة ما تنتشر ظاهرة العقم في كثير من النباتات المتضاعفة وخاصة في التضاعف غير التام.

تعتبر النباتات الحاملة لهذا النوع من التضاعف ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

، لذلك يعد التضاعف غير التام قليل الاهمية في نشوء الانواع، إلا أن الباحث يستعين به في إجراء تجاربه وخاصة في تحديد مواقع الجينات والمجاميع الارتباطية وعلاقة كل مجموعة بالمجاميع الاخرى . كما ان وجود هذه الحالات تسبب ارباكا فسيولوجيا نتيجة لعدم التوازن في عدد الكروموسومات مما يسبب العقم.

2- التضاعف التام Euploidy

وهي حالة التضاعف الموجودة في النباتات التي تكون فيها ظاهرة التضاعف وتحتوي على مجموعة (هيئة) كروموسومية واحدة أو اي مضاعفات للمجموعة غير الحالة الثنائية الطبيعية عند حدوث خلل في الإنقسام الميوزي بحيث يؤدي الى تكوين امشاج فيها (2n) من الكروموسومات، يقسم التضاعف التام الى نوعين:

أ.التضاعف الذاتي Autopolyploid

ويتضمن الحالة ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

هذا التهجين عقيما بسبب وجود الكروموسومات بحالتها المفردة (دون قرين) وقد يحتوي النسل الناتج على جميع كروموسومات ابويه فتسمى بهجينية التضاعفAmphi di ploid أي ان الشكل المظهري له يكون وَسطاً بين صفات أبويه، وقد ينتج عن هذا التضاعف خلايا تكاثرية خصبة (أفراد خصبة) عن الإنقسام الإختزالي الذي يحدث عند إزدواج كروموسومات النوع نفسه، أي إزدواج كل كروموسوم مع شريكه المماثل له. ينتشر التضاعف الهجيني في الطبيعة بشكل واسع كما في الحنطة والشعير والشوفان والقطن والبنجر السكري وقصب السكر والتبغ والبرقوق والفراولة وغيرها، وقد حقق التضاعف الهجيني فائدة كبيرة من خلال إنتاج تراكيب وراثية جديدة وأنواع جديدة وكذلك أسلاف الأنواع النباتية المعروفة والمضاعفة هجينياً، فضلاً عن تسهيل نقل المورثات من الأنواع البرية الى الأنواع المنزرعة وتسهيل احلال الكروموسوم من الأنواع البرية محل كروموسوم اخر في الأنواع المنزرعة. يعتبر ..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

علفي للماشية .

تأثير التضاعف على النبات

هناك عدة تأثيرات للتضاعف الكروموسومي على النبات منها تأثيرات إيجابية وأخرى سلبية يمكن إيجاز اهمها وكما يلي..... جزء من النص مفقود التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الجوت والقطن.

7- تتميز النباتات المتضاعفة بقابلية كبيرة على التعبير الجيني والتباين الإنزيمي وإرتفاع معدل البناء الضوئي مع إنخفاض معدل التنفس.

لقد ساهمت عملية التضاعف الكروموسومي هذه في تحسين العديد من النباتت وتطوير نباتات أخرى ومن أهمها الحنطة، الشعير، الشوفان، الشيلم، قصب السكر،البنجر السكري، القطن والهرطمان وغيرها كثير، إذ تقدر نسبة المحاصيل المتضاعفة بحدود 35 % من مغطاة البذور، وترتفع هذه النسبة الى حدود 70 % في محاصيل العائلة النجيلية .

طرائق إحداث التضاعف الصناعي

من الطرائق التي يستعملها المربي في إحداث التضاعف الكروموسومي الصناعي هي:

اولاً. إستعمال المواد ..... جزء من النص مفقود
التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

منع هجرة الكروموسومات الى قطبي الخلية، وبذلك سيؤدي الى تكوين نواة جديدة تحتوي على ضعف العدد الكروموسومي الأصلي، كما يعمل على منع تشكيل الصفيحة الوسطى اثناء الإنقسام الخيطي، وبذلك سيمنع إنقسام الخلية الى خليتين بل يؤدي الى تكوين خلية واحدة فقط ذات عدد كروموسومي مضاعف. يتم تحضير الكولشيسين بإذابة الماء ببطئ، لأن السرعة تؤدي الى ترسبه ويمكن تخزين المحلول المتكون هذا لعدة أسابيع بالحالة السائلة فقط، ومن طرائق المعاملة بالكولشيسين هي: أ. البذور: يتم معاملة
البذور بنقعها في المحلول المائي للكولشيسين بعد تحضيره بتركيز 0.05 – 1.5 % ولمدة 1 - 6 أيام بمعدل عشرة دقائق يومياً وحسب نوع البذور، على أن تغسل البذور بعد ساعة من المعاملة، فمثلا تعامل بذور الحمص المستنبتة في مرحلة بداية البزوغ بتركيز 0.25 % كل 30 دقيقة، وتعامل بذور الفلفل بتركيز 0.1 % ولمدة 8 أيام . ب. البادرات: .....
جزء من النص مفقود
التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

0.4 %.
3- وضع ..... جزء من النص مفقود
التكملة في الكلاس روم والمحاضرات الفديوية

الكروموسومي الرباعي.

إن التربية بطريقة التضاعف (التعدد) الكروموسومي (الصبغي) تفضل ان تطبق على المحاصيل خلطية التلقيح وذات العدد الكروموسومي القليل شريطة ان تكون قادرة على التكاثر الخضري، وغالبا ما يستعمل التضاعف في إنتاج السلالات بهدف إدخالها في برامج التربية لإستنباط أصناف جديدة، أي ان التضاعف الكروموسومي هو بداية لبرنامج التربية، فالتهجين بين هذه السلالات المتضاعفة ومن ثم إنتخاب النسل يؤدي الى رفع نسبة الخصوبة والجودة، فضلاً عن أن ممارسة التربية الداخلية في النباتات المتضاعفة يؤدي الى إنتاج نباتات ذات صفات أصيلة مرغوبة.

د. فؤاد رزاق البدري

التربية الجزيئية والإنتخاب بمساعدة الواسمات

لقد صار جلياً أن تقنيات التربية التقليدية غير قادرة على مواكبة الزيادة المضطردة في عدد سكان المعمورة الى جانب تناقص مساحات الأراضي القابلة للزراعة بسبب عوامل عدة.

ومع حقيقة أن غلة المحاصيل لم تبلغ ذروتها النظرية بعد، فانه لابد من إيجاد البدائل والطرائق الكفيلة بالوصول إلى تلك الزيادة الممكنة في الغلة مع الاستمرار في تحسين صفاتها النوعية، لذلك فان ظهور مجموعة من الأدوات الجديدة والتقنيات الحديثة كفيل بالسيطرة على معادلة تزايد الحاجة الغذائية للبشر في الوقت الذي تشهد مساحات الزراعة تناقصاً، ومن بين هذه الادوات هي تقانة الواسمات أو المؤشرات (المعلمات) الجزيئية، الى جانب أداة الهندسة الوراثية التي أضحت أداة مهمة وفاعلة بيد المربي والتي من خلالها إستطاع تحقيق هدفه الأهم وهو زيادة الحاصل.

عادةً ما يستعين مربي النبات أو الباحث عموماُ بالواسمات أو المعلمات لتسهيل قياس ومقارنة صفاته تحت الدراسة ومن بينها المعلمات المظهرية Morphological Markers وهي أول وأبسط طريقة لجأ اليها الإنسان ولا زالت شائعة الى اليوم لدراسة التنوع الوراثي بين الأفراد، إعتماداً على قياس الصفات المظهرية مرئياً، والمعلمات البيوكيميائية أو

الإنزيمية Markers Isozyme التي تعتمد على مبدأ الفصل الإنزيمي بترحيل هذه الانزيمات المتناظرة على هلام بإستعمال الهجرة الكهربائية، ولكن تأثر هذه المؤشرات بالظروف البيئية بشكل كبير وتحكم اكثر من جين في بعض الصفات المظهرية أوجَب إعتماد معلمات ومؤشرات أكثر ثباتاً ودقة.

وبعد التطور الكبير الذي شهدته تكنلوجيا الهندسة الوراثية، بدأ مربي النبات أو المهندس الوراثي بإستعمال طريقة الإنتخاب بمساعدة الوإسمات (الدلائل)Marker assisted selection، للكشف عن التغايرات الوراثية وللبحث عن التركيب الوراثي للصفات الزراعية وفي تسريع نقل وتراكم الصفات المرغوبة في السلالات التي يتم تربيتها من خلال دراسة وكشف التباين الوراثي فيها. ولتحديد مورثات معينة بسهولة، أُستعملت الوإسمات الجزيئية Molecular markers أو DNA markers التي تتكون من تتابع نوكليوتيدات الحمض النووي مكونة مقاطع من DNA، وتقع هذه الوإسمات بالقرب من تتابعات الحمض النووي للمورث المطلوب، وتنتقل عن طريق قوانين الوراثة من جيل الى الآخر، ولان موقع الوإسمات قريب من الجينات على نفس الكروموسوم لذا فهما ينتقلان معا من جيل الى جيل اخر، وهو ما يعرف بالإرتباط الوراثي، ويساعد هذا الإرتباط المهندس الوراثي في توقع ما إذا كان هذا النبات سيحتوي على الجين المطلوب الحامل للصفة أم لا، فإذا ما تمّكن الباحث من الكشف عن وجود الوإسم Marker المرتبط

بمورِّث مرغوب فهو دليل على وجود الجين نفسه، وبمعرفة مواقع الوإسمات على الكروموسوم وتحديد مدى قربها من مورثات معينة فإن ذلك يمّكن من رسم خريطة ارتباطية توضح مواقع الوإسمات والجينات والمسافة بينها وبين مورثات أخرى معروفة على نفس الكروموسوم، ومن خلال هذه الطريقة إستطاع العلماء من رسم خرائط وراثية مفصلة من جيل انعزالي واحد فقط خلال برنامج تربية كامل.

إن التربية الجزيئية بمساعدة الواسمات هي تقنية جينية تؤدي الى كشف وجود جين ما مسؤول عن صفة معينة دون الانتظار لمشاهدة هذه الصفة وتشخيصها مظهرياً، فمثلاً، إذا ما أردتَ أن تعرف أن نبات الرز الذي شاهدته مزروع في احد الحقول، متحملا للإجهاد الملحي أو لا، فلا حاجة لاختباره حقلياً، وبإستعمال طريقة الواسمات الجزيئية يمكنك أخذ عينة من ورق هذا النبات وتستخلص منه DNA ثم تختبره بإستعمال واسم جزيئي يكون مرتبط حصراً بصفة تحمل الإجهاد الملحي في الرز.

أظهرت الدراسات الوراثية والجزيئية العلاقة الوثيقة بين محاصيل الحبوب الرئيسية وهي القمح والرز والذرة الصفراء والنجيليات الأخرى، وبالتالي فانه يمكن إستغلال المخزون الجيني الذي تمثله الأسلاف البرية لهذه الأنواع المحصولية واستعادة الخصائص

المرغوبة المختزنة في هذه الأنواع إلى الأصناف الحديثة من خلال طرائق التربية، إذ إن تحديد وظائف الجينات المفردة لنبات ما يسمح لنا بالنظر في المحاصيل الحالية وأصولها البرية بحثا عن نسخ من الجينات التي تضفي خصائص مرغوبة.

فمثلا وفي نبات الرز، وُجِدَ ما مجموعه 000 20 جين تقريباً مشابه من حيث الوظيفة لجينات سبقت دراستها في نباتات أخرى كالأرابيدوبس ثاليانا، ويفترض أنها تؤدي نفس الوظيفة، وقد تمكن العلماء ايضاً من إختبار التعبير الجيني لزهاء 000 21 جين في نبات الرز وحددوا 269 جين منها تمتلك تعبيرا مميزا خلال نمو حبة الرز وتطورها، مما يشير إلى أن هذه الجينات تؤدي دوراً مفتاحيا مهمًا في تحديد محتوى حبة الرز الناضجة من المغذيات، وكذلك تم تحليل الجينات المسؤولة عن إظهار صفة نمط التفرع في عرانيص الذرة الصفراء التي عثر عليها في المكسيك بالقرب من موطنها الاصلي، فإكتشفوا أن الذرة الصفراء المستأنسة ومنذ 4400 سنة، تمتلك جينات تتحكم في نمط تفرع النبات الى جانب الخصائص النوعية للبروتين والنشا، هي نفس الجينات الموجودة في في أصناف الذرة المنزرعة الحالية، فنتائج الدراسات التي اجريت على السلف البري للذرة الفراء والذي يسمى التيوسينت Teosinte، بينت أن هذه الجينات وأليلاتها لم تتكرر سوى في 7-36% من النباتات، وهو ما يعني تزايد تمايز نباتات المحاصيل عن أسلافها، وندرة تزاوجها مع أقاربها البرية تدريجيا بسبب عمليات الإنتخاب

والتحسين المستمرة التي مارسها المزارعون الأوائل ومن ثم المربون لصالح هذه الجينات.

وقد تم إنجاز رسم خارطة جينوم نبات الأرابيدوبسس وذلك بتحديد كامل تسلسل الحمض النووي له (تسلسل النيوكليوتيدات) عام 2000، ومن بعدها رسم خارطة جينوم نبات الرز، الذي ضمَ (430 مليونا) من أزواج القواعد (نيوكليوتيدة) في (37.544 جين) على (12 كروموسوم)، وإعلان خارطته الكاملة عام 2002، تلتها وفي عام 2005 إلانتهاء من رسم خارطة نبات الذرة الصفراء، ثم جينوم نبات البطاطا في نفس العام، ولازالت المشاريع مستمرة بأبحاثها لفك شفرات جينوم القمح وعدد من النباتات التي شكلت وستشكل قاعدة بيانات جينية مهمة لتطبيق تقانة الواسمات الجزيئية.

إن أهمية رسم خارطة جينوم نبات الأرابيدوبسس مثلاً تكمن في أنه يتشارك في تسلسله الجيني مع جميع الكائنات الحية بدون إستثناء، إذ إن التركيب الوراثي لهذا النبات سهل وبسيط ويساوي خمس التركيب الجيني لنبات الذرة الصفراء، وأصغر 25 مرة من التركيب الوراثي للإنسان، كما أن دورة حياته قصيرة ولا يتأثر تركيبه الوراثي بتعاقب أجياله لآلاف السنين، وهو متواجد على نطاق واسع في المناطق المعتدلة في معظم دول أوربا وآسيا وشرق أفريقيا، وبذلك يستطيع العلماء من خلال هذا الإكتشاف من رسم خريطة جينية كاملة للنباتات كالخريطة الوراثية للإنسان، وبذلك فانه يعتبر

اليوم مرجعًا لكل الأنواع الأخرى، وأصبح نموذجا (موديلاً) يستخدمه الباحثون في تنفيذ تجاربهم لتعميم نتائجها على بقية أنواع النباتات والمحاصيل، وبالفعل بدأ الباحثون من إنتاج محاصيل معدلة وراثيًّا ذات صفات كمية ونوعية جيدة وأكثر مقاومة للجفاف والأمراض والحشرات وغيرها من الصفات المرغوبة، بمعنى آخر أن هذا الاكتشاف بدأ يفسر الكثير من القواعد الوراثية التي تحدث في النباتات المعدلة وراثيًّا.

يمكن لتقانة رسم الخرائط أن تحدد موضع جين ما مسؤول عن صفة معينة في منطقة واحدة على الكروموسوم، وهكذا يضيق البحث في تتبع التسلسل النوكليوتيدي في تلك المنطقة من الكروموسوم إلى مستوى الجين الواحد، وبإستخدام البحث في قواعد البيانات بالاستعانة ببرامج خاصة ومواقع متخصصة من التي تحدد التسلسل النيوكليونيدي للجين.

وبعد تحديد وظيفة جين ما، تكون الخطوة التالية هي استثمار هذه المعرفة في تحسين المحاصيل من خلال تمييز ألائل محددة في الجين لنقل الصفة المرغوبة، فعلى سبيل المثال، إذا ما تم تحديد تسلسل أحد الجينات المسؤولة عن صفة تحمل الجفاف في الشعير، فيمكن

يبين الإختلاف المظهري بين ثمار بعض النباتات الحالية المنزرعة وأصولها البرية

البحث عن نسخة من هذا الجين (تسلسله) الذي يؤدي الوظيفة المطلوبة في صنف متحمل للإجهاد المائي، لإستخلاصه ومن ثم نقله الى صنف شعير آخر مرغوب حساس للإجهاد المائي وبطرائق متعددة.

إن صفات الواسم الجزيئي المناسب: هي أن يكون رخيص الثمن ومتوفر، قابل لإعادة الإنتاج، يتصف بالتعددية الشكلية والسيادة المشتركة، وان تظهر التباينات الوراثية Polymorphic فيه بشكل دقيق وموزعة ومكررة بانتظام على الجينوم وبمستوى تكرارية

عالية.

ومن أهم تطبيقات الواسمات الجزيئية هي:

1 . الكشف الجيني Genetic diagnostics .

2. قياس إستجابة المادة الوراثية للإنتخاب Measure the genetic material response to selection

3. دراسة الجينوم Genome study.

4. إختبارات النسَب والتحري عن الجرائم. Paternity testing and the investigation of crimes

يمكن تعريف واسمات الحمض النووي DNA Markers (المعلمات الجزيئية) على إنها عبارة عن تتابعات من DNA يمكن الاستدلال بها على موقع معين على الكروموسوم أو الجين، والمستخدمة لدراسة العلاقات الوراثية بين الأفراد بما فيها إيجاد البصمة الوراثية والإرتباط والتباين (الذي ينتج من الحذف أو الإضافة والإدراج أو إعادة الترتيب النيوكليوتيدي في جينوم الأفراد المدروسة لأي سبب كان كالطفرات الوراثية Mutations مثالاً) التي يمكن رصدها باستخدام تقانة الترحيل الكهربائي الهلامي والتصبيغ الكيميائي أو الكشف عنها بالواسمات المشعة أو المسابر Probesالملونة، لذلك إعتمدت هذه المؤشرات في دراسات

التصنيف الجزيئي Molecular taxonomy والدراسات التطورية Evolutionary studies وفي بناء الخرائط الوراثية Genetic mapping ايضاً، كما أصبحت اليوم واحدة من الأدوات المهمة لدراسة التنوع الوراثي Diversity genetic.

إن عملية التعرف على مواقع الصفات الكمية وإعتماداً على التقييم المظهري صعب جداً، لذلك كانت الحاجة ماسة لتطبيق تقانة كالواسمات الجزيئية تساعد على إظهار علامات جينية معينة على الجينوم ليسهل تمييز وتتبع جين السمة المطلوب، فالتوصيف الجزيئي للصفات الكمية وإعتماداً على واسمات الحمض النووي منذ عام 1980م ساعد على تسهيل الانتخاب غير المباشر للصفات المهمة وجعل البعض من طرائق التربية التقليدية أسرع وأكثر دقة، من خلال إستخدامه للجينات المرغوبة كواسمات ممكنة التتبع.

إن من بين مميزات إستعمال الواسمات الجزيئية هي أن لها القدرة على الكشف عن مئات المواقع Loci ولعدة أليلات للموقع الواحد، لان هذه المؤشرات تعكس الاختلافات مباشرةً على مستوى القواعد المكونة للـ DNA، ونظراً لان جينوم الكائنات الحية الراقية يحتوي على الملايين من هذه القواعد، لذلك فان اعداد هذه المؤشرات كبيرة جداً، كما انها تتميز بإظهار التغاير الذي يحدث على مستوى DNA مباشرة، و كما هو معروف فان الـDNA هو المادة الوراثية المستقرة التي لا تتأثر بالبيئة، لذا امتازت هذه المؤشرات

بالاستقرارية Stability بعكس المؤشرات الوراثية المعتمدة على الصفات المظهرية التي تتأثر بشكل كبير بالظروف البيئية، الى جانب أن هذه المؤشرات تمتاز بكونها تعتمد على مادة الـDNA الموجودة في جميع خلايا الكائن وبشكل متساوٍ لذا فان تحليل أي جزء من ذلك الكائن وفي أي مرحلة نمو سوف يعكس بالنتيجة حالة الكائن الوراثية وعلى نحو دقيق مما يمنح هذا النوع من المؤشرات الشمولية ويجعلها تتفوق على المؤشرات المعتمدة على تحليل المحتوى البروتيني لذلك الكائن او حتى على ما تمثله هذه البروتينات من متناظرات إنزيمية.

لقد أثبتت الدراسات أن الواسمات الجزيئية تلعب دوراً مهماً في تحسين كفاءة برامج التربية التقليدية وبالنتيجة زيادة الإنتاج الزراعي من خلال البحث في التركيب الوراثي للصفات الزراعية وفي تسريع نقل وتراكم الصفات المرغوبة في السلالات التي يتم تربيتها، وبذلك فهي تتيح الفرز السريع لأعداد كبيرة من النباتات في مرحلة مبكرة من عمليات التربية والتحسين، وبالتالي تساهم في إختصار برنامج التربية وتقليل الجهد وتوفير النفقات، مما يُوجِب على مربي النبات والباحثين فهم أسس وطرائق تطوير واسمات الـ DNA والانتخاب بمساعدتها.

لقد زاد إستخدام التقنيات الحيوية على المستوى الجزيئي للمادة الوراثية وتطبيقاتها في الآونة الأخيرة بسبب تطورها وتعدد طرائقها

بشكل لافت، ما أدى إلى ظهور عدد كبير من المعلمات الجزيئية بسبب تغلبها على سلبيات التقنيات السابقة لتميزها بخصائص عديدة تم تناولها سلفاً ومن أهمها على المستوى الزراعي هو تسريع وتحسين تربية المحاصيل كونها تعطي مؤشرات مساعدة في تسريع برامج الانتخاب والتربية.

طرائق تقانة الواسمات الجزيئية

لقد أستخدمت هذه الطرائق الجزيئية بالتوسع في دراسة تباين التتابعات في DNA داخل النوع الواحد وبين الأنواع المختلفة، كما سمح تطبيق هذه التقنيات في تسهيل نقل صفات جديدة ومرغوبة من الأصناف البرية إلى السلالات والأصناف التجارية أو بين الأصناف، وعلى الرغم من أن وإسمات الـ RFLPs كانت اساس الدراسات الوراثية إلا ان تقنيات الـ SSRs و AFLPs هما الأكثر شيوعاً في الإستخدام في الوقت الحاضر نظراً لسهولة تطبيقهما، كما

يفضل إستخدام تقنية SNPs لتوافر المعلومات عن تتابعات DNA ووظائف الجينات نتيجة الأبحاث في مجال الجينوم.

لقد قسمت الواسمات الجزيئية المستخدمة في دراسة التنوع الوراثي الى أربعة مجموعات وهي (واسمات تعتمد على مبدأ تهجين الـDNA، واسمات تعتمد على تفاعل PCR، واسمات تعتمد على تحليل وتجزئة الـ DNA الى جانب الأيزوزيمات وبروتينات التخزين).

وقد إستخدمت بعض الطرائق الشائعة في الواسمات الجزيئية ومنها:

أولا. تقانة تباين أطوال قطع الـDNA المتضاعفة (AFLPs)

Amplified Fragment Length Polymorphisms

تعد واسمات الـAFLP من مؤشرات الـDNA المعتمدة على التضاعف العشوائي لسلسلة الـDNA ويعتمد هذا النوع من المؤشرات على مضاعفة قطع معينة من الـDNA المقيدة من خليط تفاعل الـPCR وإظهار التباين بوجود او غياب هذه القطع، فضلاً عن التباين بأطوالها وتستثمر هذه الطريقة مزايا نوعين من مؤشرات الـDNA وهي الـRFLP و الـRAPD في آن واحد، إذ استمدت واسمات الـAFLP مرحلة هضم الحمض النووي DNA Digestion بواسطة أحد إنزيمات القطع من مؤشرات الـRFLP للحصول على تباينات بأطوال تلك القطع.

تمتاز واسمات الـ AFLP بالدقة والقدرة على اظهار الطراز المميز لكل فرد، لذلك أصبحت الطريقة الناجحة لبناء البصمات الوراثية DNA Fingerprinting لما تمتلكه هذه الطريقة من ثبوتية لمؤشراتها، فضلاً عن إمكانية الاحتفاظ بمحاليل خزينة من كل مرحلة عمل دون الرجوع الى تحضيرها مرة اخرى وهذا ما يزيد في امكانية المناورة بتلك المحاليل ولفترات طويلة.

وعلى الرغم من مميزاتها تلك، الا ان محددات تطبيقها هي عدد المراحل التي تتطلبها لبناء الواسم، الى جانب انها تتطلب أن تكون عينات الـDNA من نسيج واحد لكل النماذج المدروسة، لذلك يلجأ الباحثون لإيجاد طرائق أخرى.

إن مراحل تطبيق هذه التقنية هي بإختصار:

أولاً. هضم الحمض النووي DNA digestion

يتم تحليل جينوم الكائنات الحية من خلال تقطيع DNA هذه الكائنات الى اطوال محددة وتتابعات مميزة يمكن استخدامها فيما بعد في اغلب تقنيات الهندسة الوراثية، ويتم ذلك باستخدام إنزيمات التقييد Restriction endonuclease (يستخدم في واسمات AFLP نوعين من إنزيمات التقييد احدهما يمتاز بالقطع عالي التكرار Frequent Cutter والآخر يكون قطعه قليل او نادر التكرار Rare Cutter).

ويتم إجراء الهضم الكلي Complete Digestion لعينات الـDNA بهدف الحصول على أعلى درجات التقطيع.

إن سبب إستخدام نوعين من إنزيمات التقييد في آن واحد هو لان القطع عالي التكرار للإنزيم الأول ينتج قطعا من الـDNA صغيرة تكون مناسبة لعمليات التضاعف في الـ PCR وتصبح بعدئذ ضمن معدل الحجم المثالي للفصل على هلام الترحيل الكهربائيGel، ولزيادة احتمالية وجود تباينات بين هذا الكم من القطع يستخدم إنزيم قليل القطع للحصول على ثلاث انواع من قطع الـDNA في خليط التفاعل، النوع الاول سيشكل 90% من مجموع قطع الـDNA ناتج بفعل الانزيم عالي التكرار، والنوع الثاني ناتج فعل إنزيمَي التقييد، لذا تصبح لهذه القطع نهايتان مختلفتان Rare/Frequent Cutter Fragments وتكون نسبتها في الخليط قليلة إلا أنها تشكل ضعف نسبة النوع الثالث من قطع الـDNA الناتجة من فعل إنزيم قليل التكرار لوحده.

ثانياً. اللصق Adapters ligation

وفيها يتم إضافة التتابعات النيوكليوتيدية المزدوجة القصيرة Double Strand التي تتألف من (8–24 نيوكليوتيدة متوافقة مع موضع الإنزيم القاطع)، وتعتمد عملية ربط قطع الـDNA على فعالية انزيم الـDNA اللاصق DNA Ligase الذي يعمل على اعادة بناء الاواصر الفوسفاتية ثنائية الأستر، وذلك بين مجموعة الهيدروكسيل OH في نهاية $^{-}3$ لإحدى النيوكليوتيدات ومجموعة الفوسفات PO_4 في النهاية $^{-}5$ للنيوكليوتيدة المجاورة وذلك لربط سلسلة واحدة من الشريط، أما السلسلة الثانية فتُربط

نتيجة لنشاط انزيم البلمرة Taq DNA polymerase الذي يقوم بملء الفراغ الحاصل بين قطع المكيفات وسلسلة الـDNA المجاورة.

ثالثاً. التضاعف التمهيدي Preamplification

ويتم في هذه المرحلة مضاعفة القطع التي تم تحديد نهايتها بإنزيمَيْ التقييد وربطت معها النيوكليوتيدات الخاصة بها، من خلال تفاعل الـ PCR بوجود بادئات خاصة تحتوي على تتابعات مكملة لتتابعات موقع القطع للإنزيم فضلاً عن تتابعات مكملة لتتابعات النيوكليوتيدات، وتكمن اهمية هذه المرحلة في استبعاد قطع الـDNA من مزيج التفاعل والتي لا تتوفر فيها شروط القطع والالتحام لعدم وجود مواقع الارتباط بها وكذلك استبعاد القطع صغيرة الحجم.

إن نجاح هذه المرحلة يعتمد على توفير الظروف المثلى لتفاعل الـ PCR، إذ ان تركيز البادئات وإنزيم البلمرة وكذلك دنا القالب لهما الاثر المباشر في ذلك لذا يصار الى عمل عدة تفاعلات وبتراكيز مختلفة لهذه المواد بغية الحصول على التركيز الامثل لها.

رابعاً. التضاعف الانتقائي Selective Amplification

وهي المرحلة الاخيرة من مراحل اعداد مؤشرات الـAFLP، اذ يتم فيها الحصول على نواتج تضاعف (حزم) منتخبة واضحة المعالم ويمكن فصلها من خلال الترحيل الكهربائي ثم احتسابها لتحليل النتائج.

إن من بين الاسس التي يعتمد عليه انتخاب قطع الـDNA المرغوبة هو البرمجة الصحيحة لجهاز البلمرة الحراري Thermocycler وتنظيم دوراته، اذ تلعب درجات الحرارة المختلفة وخاصة في مرحلة إلتصاق البادئات دوراً مهماً في تمييز وانتخاب القطع المرغوبة، وحسب البروتكول التالي:

- دورة أولية First cycle بدرجة حرارة 65مْن وهي ملائمة لارتباط البادئات بقطع الـDNA الكبيرة.

- (2-13) دورة عند درجة 56مْ، لإستبعاد قطع الـDNA الكبيرة جداً، الناتجة من إنزيم القطع قليل التكرار في خليط التفاعل وبشكل تدريجي وصولا إلى انتخاب القطع الاكثر تنافساً مع البادئين.

- 14-36 دورةعند درجة لصق 56مْ

تقانة الهندسة الوراثية Genetics engineering technique

شهدت الحضارة الإنسانية تطوراً تقنياً كبيراً في العصر الحديث، ما أحدث تطوراً مهماً في جميع ميادين الحياة المختلفة، إذ حقق العلم في هذا العصر طفرات كبيرة وتسارعت خطى التطور في مجال العلوم والتقنية الحديثة، وأصبحنا في عصر التخصصات الدقيقة، حتى يُمكن القول بأن التقدّم الذي حصل في العقود الثلاثة الأخيرة بما يعادل تقدم البشرية في كل تاريخها الطويل.

ولا نبالغ إذا قلنا: إن القرن الحادي والعشرون سوف يُعرف بعصر تطبيقات الهندسة الوراثية، والذي سوف ينضم إلى عصور سابقة يُؤرّخ لها كمراحل لتطوير العمل الإنساني الذي مرّ بعدة ثورات تقنية، بدأت بعصر الميكنة، ومرت بعصر الأوتوماتيكية ثم الذرة، وانتقلت إلى عصر الهندسة الوراثية وتطبيقاتها، وتلتها أخيراً ثورة عصر المعلوماتية وتطور إستخدام الكمبيوتر وبرامجياته التي أضافت إضافة نوعية لإستخدامات التقنيات الحيوية والهندسة الوراثية، إذ ثبت وبفترة وجيزة، إن امتلاك هذه التكنولوجيا وبما لديها من إمكانات كبيرة على التدخل في تركيب المادة الوراثية للكائنات الحية وإكسابها صفات لم يكن من الممكن أن تكتسبها بالطرائق التقليدية سيفتح آفاقاً رحبة في تربية وتحسين الكائنات الحية واستخداماتها.

بدأ علم الهندسة الوراثية بدراسة الفيروسات التي تنمو في داخل سلالات معينة من بكتريا الـ *E.Coli* .

ومع ذلك التوجه البحثي والأكاديمي نحو التقنية الحيوية الجديدة المتمثلة بالهندسة الوراثية، فقد أدت إلى التعرف على أسرار الكائن الحي عن طريق فك ومعرفة رموز الشفرة الوراثية ونقل الجينات .

ويعد الإنتاج النباتي من أهم المجالات التي لعبت تقانة الهندسة الوراثية فيها دوراً واضحاً بهدف تحسينه كماً ونوعاً خلال مدة قصيرة وبكلف قليلة، وذلك لتغطية الحاجة الملحة والمتزايدة للغذاء في ظل الزيادة المضطردة لسكان العالم، إذ سهلت هذه التقنية التعرف على الصفات المرغوبة في المحاصيل الحقلية أو غيرها من النباتات، وبالتالي أمكن نقلها بصورة أكثر كفاءة ودقة الى النبات المستهدف.

إن الأسس التي تقوم وتعتمد عليها الهندسة الوراثية هو المخزون الجيني الحامل للصفات الوراثية للكائن عن طريق التحكم في موضعها ووظيفتها وتعبيرها ونقلها من موضع الى أخر ميكانيكياً، بطريقة تسمح بظهور صفات جديدة مفضلة في كائن لم يكن يمتلكها، أو أنها تزيل صفات غير مرغوبة كانت موجودة لدى الكائن، أو تسمح بالاستفادة منها في إنتاج مواد أو توفير وظائف محدّدة، وقد أدى التنويع الجيني الى تمكين الانسان من اختيار النباتات ثم تحسين أدائها، وبالتالي أصبحت تقانة الهندسة الوراثية وجه الحداثة الذي يمثل علم تربية النبات وتحسينه وراثياً والجزء الاكثر تطوراً كأداة بيولوجية بيد مربي النبات مع ما يمتلكه من الادوات التقليدية بطرائقها المعروفة،

Plant breeding Dr. Fouad Razzaq

واللذان (بإعتبار أن كليهما يكمل بعضهما البعض) يسعيان لنفس الهدف وهو تحسين صفات النبات الرغوبة.

تُعرّف تقانة الهندسة الوراثية على أنها التقنية التي تتعامل مع الجينات المتواجدة على الكروموسومات فصلاً ووصلاً وإدخالاً لأجزاء منها، من كائن حي إلى كائن حي آخر بهدف تكوين إتحادات وراثية جديدة وإحداث الحالة التي نصل بها الى معرفة وظيفة الجين وموقعه وتعبيره.

تكنلوجيا الهندسة الوراثية أو هندسة الجينات هي بإختصار أحدث الطرائق العلمية في تغيير التركيب الجيني من خلال النقل الميكانيكي للجينات وبالتالي التحكم في الصفات الوراثية للكائن الحي.

إن علم الهندسة الوراثية هو جزء من منظومة علوم التقنية الحيوية التي ترتكز على عدة فروع علمية أهمها البيولوجيا الجزيئية، علم الوراثة، علم الخلية، الكيمياء الحيوية، علم النبات، علم الحيوان، علم الأحياء الدقيقة، علم المناعة والهندسة الكيميائية، هندسة العمليات، الى جانب علوم الكمبيوتر والمعلواتية، وتتراوح التقنية الحيوية ما بين التقانة الحيوية التقليدية إبتداءاً بالتخمر وصولاً إلى الهندسة الوراثية.
أما الكائنات المعدلة (المحورّة) وراثياً (GMO)، فهي الكائنات التي تم تعديل مادتها الوراثية بتقنيات الهندسة الوراثية المعروفة بتكنولوجيا إعادة إتحاد الحمض النووي Recombination DNA.

تركيب الجين وآلية عمله

لقد وصف الجين مندل في أبحاثه واطلق عليه بالعوامل الوراثية دون معرفة ماهيته، وقد كان أول من إستعمل إصطلاح الجين Gene لوصف الوحدة الوراثية العالم جوهانسون عام 1909 م الذي عُرِّف فيما بعد وسميّ بالجين أو الجينة.

فالجين هو الوحدة الوظيفية للوراثة الذي يحمل المعلومات الوراثية، وهو قطع من حمض DNA متمركزة في مكان محدد على الكروموسوم، يعمل على تنظيم عملية تكوين الإنزيم أو أي بروتين آخر، إذ ان للمورثات لغة تخاطب بها الخلية، تنقل اليها رسائل تقرئها الخلية فتنفذ ما فيها من تعليمات وأوامر بدقة متناهية، لغة الجينات هذه تتألف من أربعة حروف (قواعد) هي A،C،T،G، اما كلماتها فتتألف من ثلاثة أحرف فقط من تلك الحروف الأربعة، ولتلك اللغة شفرات لكي تفهمها الخلية كعلامات الترقيم والفواصل بمعنى ابدأ من هنا .. توقف هنا، بعض هذه الشفرات تعمل كأقواس بين الجمل تسمى أنترونات Intron.

تمتاز الكائنات حقيقية النواة بامتلاكها نسختين لكل جين وتسمى بالأليل Alleleأي ان لكل جين أليليين احدهما يؤخذ من الأب (1n) والأخر من الأم (1n)، سواء أكان إنسانا أو حيواناً أو نباتاً، وهو بطبيعته يكون اما سائد Dominant ويرمز له بالحرف الكبير أو متنحٍ Recessive ويرمز له بالحرف الصغير بالتالي تسمى جينات حقيقية النواة ب Diploid ويرمز لها (2n) .

يتكون الجين من مناطق متعاقبة باستمرار تسمى بـ Exon وهي مناطق تحوي المعلومات الوراثية التي تشفر فيما بعد، و Intron التي لا تشفر، لكنها لها وظائف تنظيمية.

يتكون الجين عموماً في حقيقية النواة من المناطق التالية:

1 . منطقة المحفز أو التحفيز Promoter

وتسمى تسلسل المحفز، وهي المنطقة الاولى في الجين، التي يمكن إستغلالها في تحديد توقيت عمل الجين وموقع ومستوى تعبير الجين، فهي تعد بمثابة شفرة للجين نفسه، التي تحدد مكان بدء نسخ الحمض النووي mRNA، تحتوي منطقة التحفيز على تسلسل خاص يرتبط عندها انزيم RNA polymerase IIعند بدء عملية الاستنساخ Transcription، وتقع قبل منطقة المحفز منطقة تسمى منطقة التنظيم او السيطرة Control or Regulatory Gene وظيفتها تنظيم عملية بدأ الاستنساخ ومنها المُسرِّع Enhancer، كما وتحتوي منطقة المحفز على تسلسل يسمى ب TATA box

2. منطقة المشغل Operator

وهي المنطقة التي يرتبط عندها مثبت عملية الاستنساخ Repressor.

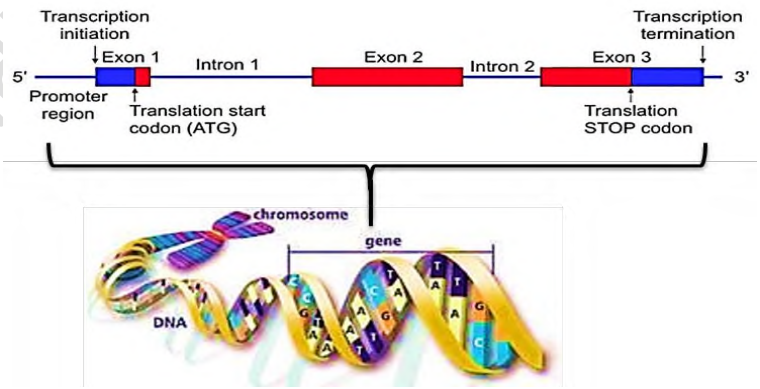
3. منطقة الجين التركيبي Structural gene

وتسمى ايضاً منطقة التسلسل المشفر او التشفير Coding sequence، وهي المنطقة التي تحمل المعلومات الوراثية التي سيتم استنساخها لتحديد طبيعة البروتين الذي يشفره الجين التركيبي

4.منطقة الإنهاء Terminator

وتسمى منطقة تعدد الأدننة Ploy adenylation (Poly-A) وهي المسؤولة عن انهاء عمل نسخة الحمض النووي tRNA للحمض النووي RNA transcript Messenger على الوجه الصحيح، وكأنها تقول للجين (إنهي عملية النسخ هنا).

ولكل من هذه المناطق تسلسل خاص ووظيفة خاصة بها. فبإمكان المهندس الوراثي مزج هذه المناطق والموائمة بينما وتجميعها من جينات مختلفة لتنتج ما يسمى بالجينات الكيميرية او الخليطية Chimeric genes .



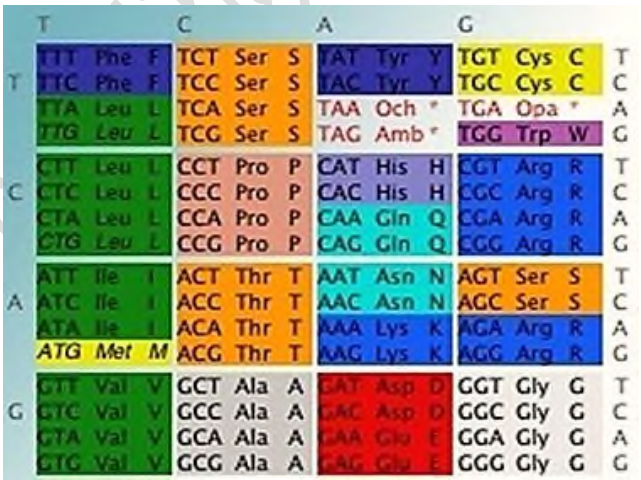
تركيب وموقع الجين على الكروموسوم

الشفرة الوراثية Code

إن المحتوى الوراثي للكائن الحي يدعى بالجينوم Genome وهو اما ان يكون DNA في حقيقية النواة مثلاً، أو أن يكون RNA كما في حالة بعض الفايروسات، وان جزء الجينوم الذي يشفر للبروتين هو الجين (على الكروموسوم) الذي يتركب من مجموعة من وحدات ثلاثية النيوكليوتيدات Tri-nucleotide unit تدعى بالشفرات الوراثية، التي تحدد نوع وتسلسل الأحماض الأمينية في البروتين، إذ أن كل شفرة وراثية تتخصص بحمض أميني واحد مع وجود بعض الاستثناءات.

والشفرة الوراثية (Code أو Codont) هي الترتيب النيوكليوتيدي في جزيئ mRNA الذي يذهب الى الرايبوسوم حيث يُترجم الى تتابعات للأحماض الأمينية في سلسلة متعدد الببتيد الذي يكوّن بروتيناً ما إستجابة لحاجة الخلية وتفاعلاتها، بمعنى آخر فإن الشفرة الوراثية هي ثلاثية (تسلل لثلاثة قواعد نيتروجينية للحمض الرايبوزي النووي المراسل) التي يتم بواسطتها بناء سلسلة من الببتيدات (وحدة البناء الأساسية في البروتينات)، فهي بذلك تُمكِّن من تحويل تسلسل الحمض النووي DNA sequences إلى بروتينات عن طريق مقابلة كل ثلاثية نيوكليوتيدية بحمض أميني واحد.

مما أظهرته دراسات الوراثة الجزيئية على الشفرة الوراثية أنها عامة بمعنى أن جميع الكائنات الحية تشترك بنفس شفرة الأحماض الأمينية، فمثلا الحمض الأميني الكَلايسين في جميع الكائنات الحية يتواجد بشفرته المعروفة (GGA،GGC،GGU)، ويتم توزيع الجينات علي الكروموسوم بشكل متقن وليس بعشوائية، وهذا التحديد يتم بواسطة المسافات الفاصلة بين الجينات على الكروموسوم.



شفرة وراثية نموذجية

خطوات هندسة الكائن الحي وراثياً

في الهندسة الوراثية، هناك ثلاث أدوات تقنية مستخدمة لهندسة الكائن الحي وراثياً من أجل نقل الصفات المرغوبة بين الكائنات الحية وهي:

1- ZFNs (Zinc finger nuclease)

وتسمى إنزيمات اصبع الزنك المحلّلة للنيوكلوتايد

2- TALENs (Transcription activator-like effector nuclease)
وتسمى إنزيمات شبيهات منشط التناسخ المحلّلة للنيوكلوتايدات المستجيبة

3- CRISPR-Cas9

(**C**lustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats)

وتسمى التكرارات العنقودية المتناوبة منتظمة التباعد، وهي أحدث تقنية لتعديل الجينات والتي اعتبرت ثورة في تقنيات تحرير الجينوم بعد إعتمادها عالمياً عام 2012 وبسببها بدأ المهندس الوراثي والباحث البيولوجي يبتعد عن إستعمال التقانتين السابقتين.

على عكس التقنيتين (1و2) فان تقنية كريسبر تقطع شريطي الحمض النووي في المنطقة الجينية المستهدفة تحديداً في نفس الوقت، لذلك فانها تعتبر أكثر دقة وأكبر تأثيراً وأسهل وأسرع تطبيقاً وأقل كلفة من التقانيتين السابقتين اللتين تستهدفان شريطاً واحداً وبشكل عشوائي (من خلال لصق قطعة من الجين في الجينوم المستهدف وفي أماكن عشوائية،)، ما يعني ان إحداث الطفرة أو التغيير الجيني المستهدف بواسطتهما ليس مضموناً وبنسبة كبيرة.

تتشارك أغلب الكائنات الحية وجميع أدوات تكنلوجيا الهندسة الوراثية نفس خطوات التعديل الوراثي الرئيسية في أدناه، ولكنها تختلف نسبياً فيما بينها في آليات التطبيق وبروتوكولاتها، وقد نضطر الى تعديلها أو تحسينها وحسب المتغيرات وطبيعة النتائج، ففي النبات مثلاً، كل محصول يختص ببروتكول معين، تحدده طبيعته الفسلجية وخصوصية جينومه بما يشمل تعديل نوع الانزيمات او درجات حرارة وعدد دورات تفاعل البلمرة ونوع البلازميدات والتفاعلات الكفيلة بإنجاح عملية التضاعف والتحول والنقل والانتخاب ومن ثم الإكثار للحصول على كائن حي مهندس وراثياً.

ويمكن تناول خطوات التعديل الوراثي كما يلي:

الخطوة الأولى- تصميم أو رسم الخرائط الوراثية Genetics maps design

ويقصد به تحديد الموقع الطبيعي لجين ما او العلاقة الوراثية على كروموسوم معين، ما يعني فك الشيفرات الوراثية له، إذ لا يزال بناء الخرائط الجينية شرطا مسبقا هاما لتحليل موقع السمات الكمية خاصة في الكائنات الحية التي لم يتم فك تسلسلها جيني.

إن عملية تحديد المواقع النسبية لمقاطع المادة الوراثية (DNA fragments) المختلفة في المحتوى الوراثي للكائن الحي، وتحديد مدى إرتباط هذه المقاطع بالصفات الوراثية سواء أكانت الكمية منها والتي تعتمد في توارثها علي العديد من الجينات أو الصفات النوعية التي تعتمد في توارثها علي

مورث واحد أو عدد قليل من الجينات تسمى بتصميم أو رسم الخرائط الوراثية، وتسمى هذه المقاطع من المادة الوراثية بالجينات، وتشبّه الخرائط الوراثية Genetic mapping بالعرض البياني المرّكز للمسافات النسبية على شكل إتحادات جديدة بين مورثات المجموعات الإرتباطية الواحدة المحمولة على الكروموسوم.

حديثاً وفي آذار 2017، نشرت دراسة بينت نتائجها بتمكن علماء أمريكيون من تطوير تقنية سريعة وقليلة التكلفة تُسهل عملية رسم الخرائط الوراثية للكائنات الحية المختلفة وتُقلل من تكلفتها، من خلال فك شيفرة الحمض النووي DNA للبعوض الناقل لفايروس زيكا، أي تحديد تتابع الكروموسومات عن طريق دراسة كيفية انثناء الكروموسوم في نواة الخلية، ويمكن تطبيق هذه التقنية على أي نسيج حي، في البشر (ما يجعلها ذات أهمية قصوى في حالات الطوارئ الطبية) أو الحيوان أو النبات بوقت قصير جداً وبكلفة قليلة.

تلعب الخرائط الوراثية دوراً كبيراً في عمل مربي النبات وتحقيق هدفه من خلال جيلين أو ثلاثة أجيال بدلا من خمسة عشر جيلاً بالتربية التقليدية لتحقيق نفس الهدف عن طريق أجراء إختبارات على مستوى الـ DNA باستعمال تقنيات البيولوجيا الجزيئية لإنتخاب النباتات الحاملة لهذه المقاطع والتي ترشده الى وجود الصفة المرغوبة مباشرة و بدقة.

يوجد خمسة أنواع من الخرائط الوراثية، وهي:

1- الخريطة الإرتباطية Linkage map

2. الخريطة الهجينية Hybridization map

3. الخريطة الإنفصالية الجزيئية

4- الخرائط الميكروسكوبية Microscopic maps

5- خرائط الإنتشار الأنزيمي المقيد (خرائط التقييد) Restriction m.

الخطوة الثانية- دراسة تتابع النيوكليوتيدات

إن معرفة التتابع النيوكليوتيدي داخل الجين يوفر معرفة تركيب الخريطة الوراثية المتناهية الدقة، وبالتالي يمكن اختيار أنزيمات القطع المحددة اللازم استخدامها للحصول على الجين المطلوب.

الخطوة الثالثة- إستخلاص الـDNA

لقد طُورّت طرائق عدة لعزل (إستخلاص Extration) الجين أو قطعة الحمض النووي المستهدف Target DNA بتكسير جدران الخلايا البكتيرية والنباتية بشكل هادئ لا يؤثر على الكروموسومات ومن ثم فصلها عن باقي مكونات الخلية الاخرى باتباع طرائق وبروتوكولات مختلفة تضمن الحصول على جزيئات الـ DNA بصورة نقية.

Plant breeding L...

يتم استخلاص الجين المرغوب من الخلية عبر طريقتين، إما عن طريق إستخلاص DNA من الخلية وتعريضه لانزيمات الفصل، أو إستخلاص mRNA ونسخه عكسيا ال شريط واحد من DNA ومن ثم شريط مضاعف الذي يمثل جين الصفة المرغوب فيها.
وبعد عزل وفصل الجين او قطعة منه، تتم مضاعفتها باستخدام تفاعل البلمرة PCR فينتج عن التفاعلات قطع من DNA لكنها متقطعة دائما عند النهايات المستخدمة، وعند فصلها بالتفريد الكهربائي بـ (الاكرمايد جل) يمكن تعيين موقعها في الجِل سوف ينتج شريطاً (سلمّاً) يشير إلى تتابعات النيوكليوتيدات، وستذهب اقصر القطع إلى أطول مسافة أو اقرب جهة للأنود (الالكترود الموجب) وستكون كل حزمة تليه محتوية على سلاسل أطول وهكذا يتم قراءة السلم على لوح الهجرة الكهربائية.

الخطوة الرابعة- معالجة الجين المعزول

تتم معالجة الجين المعزول لكي يعبر عن نفسه وراثياً وتكوين الجين الكيميري، أي نسخ الجين لنفسه وتكوين صورة على شكل mRNA ليتم ترجمتها على الريبوسومات لتكوين البروتين اللازم لإظهار صفة نباتية مرغوبة، فالجين مؤلف من ثلاثة مناطق هي منطقة التحفيز، ومنطقة التشفير ومنطقة تعدد الادننة ، إذ يستطيع المهندس الوراثي من مزج هذه المناطق والموائمة بينهما وتجميعهما من مورثات مختلفة لتنتج الجينات الكيميرية Chimeric gene.

الخطوة الخامسة- مرحلة تطعيم الجين وإكثاره

وتتم بتطعيم الجين الذي تم تركيبه على بلازميد خلية بكتيرية (البلازميدات هي تراكيب وراثية غير كروموسومية للبكتريا وهى عبارة عن جزيئات من DNA تتضاعف مستقلة عن الكروموسوموم في النواة غير الحقيقية وتحتوى على موروثات تمكنها من الانتقال من خليتها إلى خلية أخرى، لذلك تسمى تلك البلازميدات بالبلازميدات المعدية أو بلازميدات الاتصال.

لقد أمكن استغلال البلازميدات كناقل لإيلاج الجينات في جينوم كائن حي آخر، إذ يعمل البلازميد على إختراق النواة عند انقسامها ويقوم بفرد حلقته ولصقها بإحدى كروموسومات النواة، فعند تضاعف الكروموسوم أثناء الانقسام يتم عمل نسخة إضافية من البلازميد الذي سرعان ما ينفصل عن الكروموسوم ويتحلق ويخرج من النواة إلى السايتوبلازم الجديد مرة أخرى.

الخطوة السادسة- نقل الجين إلى الجينوم Transformation
توجد عدة طرائق لنقل الجين المستخلص وإيلاجه في جينوم الكائن المرغوب هندسته (تحويره) نوجزها كما يلي:

أ. النقل بواسطة الأكَروبكتريوم T-DNA
يعد النقل بواسطة الـ T-DNA (Transferred DNA) أول نظام لهندسة النباتات وراثياً وهو

الأوسع استخداماً حالياً، ويتم بنقل الجين المرغوب إلى النبات باستخدام قدرة بكتريا *Agrobacterium tumefaciens* الممرضة في نقل جزء من DNA إلى خلايا النبات، وتقوم البكتريا بنقل جزء منDNA الخاص بها تسمى T-DNA (Transferred DNA) - أي الحمض النووي الناقل- بالإندماج مع كرموسومات النبات المصاب لتدفعه إلى إنتاج الهرمونات النباتية بهدف رفع مستواها في تلك الخلايا إلى المستوى الذي يؤدي إلى سرعة تكاثر الخلايا وتكوين كتل من الخلايا الجذرية والتي تعرف Crown Gall لتصبح تلك الأورام بيئة ملائمة ومصدر غذائي لتلك البكتريا فيما يعرف بمرض التدرن التاجي Crown Gall disease، ولكي تكون تلك البكتريا فعالة كأداة للنقل الجيني لابد من إستئصال مورثاتها المسببة للمرض. وبالتالي يتم إستنساخ الجينات التي سيتم إدخالها إلى نواقل ثنائية والذي سيحوي DNA الناقل الذي يستطيع النمو في كل من Escherichia *coli, Agrobacterium*، ومن ثم يتم تحويل البلازميد إلى أجروباكتيرم لا يحتوي على أي بلازميدات بعد بناء الناقل الثنائي مباشرةً، وبالتالي تتم عملية إصابة خلايا النبات بالعدوى وإدخال *Agrobacterium* (الحاملة لتسلسل الجين المرغوب) في جينوم خلايا النباتات المستهدفة بالتعديل.

ب- طريقة دمج الجينات إلى خلايا البروتوبلاست

ج- طريقة الحقن المجهري Micro injection

د- تقنية قاذفات الجين Gene gun

هـ. النقل بالفَيج Transduction by phage

سادساً. زراعة الأنسجة أو الخلايا Tissue culture

تستعمل الأنسجة المهندسة وراثياً كمنفصلات نباتية Explant لإستزراعها فى مزارع الأنسجة بهدف الحصول على نباتات كاملة مهندسة وراثياً.

سابعا. التحقق والتأكيد

توجد حاجة لإجراء فحوصات إضافية باستخدام تفاعل البلمرة PCR وبعض الاختبارات البيولوجية للتحقق وللتأكد من نقل الجين وتفعيل تعبيره في الكائن الجديد وبأنه يؤدي وظيفته بنجاح، كما ويتم فحص نسل الكائن T1,T2.... (Transformation1, 2....) أيضاً، للتثبت من أنه يمكن وراثة الصفة وتناقلها بين الإجيال كما في النباتات وبأنها تتبع نمط وراثة مندل.

وبذلك يمكن إيجاز ما تم تفصيله من مراحل في أعلاه وكما يلي:

1. إختيار الكائن الحي الذي يحتوي الجين السمة او السمات الوراثية المرغوبة.

2. تحديد موضع الجين الدقيق على على الكروموسوم على إمتداد الـDNA.
3. عزل الجين المطلوب.
4. إدخال هذا الجين في نافلات، كأن يكون بلازميداً أو فايروساً، من خلال ربط مقطع الـ DNA المقصوص مع البلازميد لإنتاج الـ DNA الهجين.
5. تنمية وإكثار الناقلات في أوعية معقمة في وسط مناسب ومن ثم إستخلاص جين الصفة المرغوبة بعد مرور فترة حضانة ملائمة لنقله الى الكائن الحي بتقانة التحويل الوراثي Transformation.
6. فصل الكائن المعدل وراثيا (GMO) عن الكائنات الحية التي لم يتم تعديلها بنجاح، ومن ثم إكثارها وتقييمها.

إنجازات تقانة الهندسة الوراثية النباتية

لقد ظهرت أولى النباتات النجيلية المهندسة وراثياً في عام 1990، وأخذ عدد النباتات المهندسة وراثياً يتزايد في ذلك الحين ليصل إلى 60 نوعاً، كان من أهمها الذرة الصفراء وبنجر السكر والبطاطا والطماطة وفول الصويا والقطن.

في عام 1995 وافقت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة لاول مرة على إجازة محصول البطاطا كأول محصول تجاري مهندس وراثياً لمقاومة حشرة خنفساء كلورادو، وفي عام 1997 تمت زراعة 1.76مليون هكتار بالمحاصيل المهندسة وراثياً في حين تجاوزت 185 مليون هكتار في عام 2016.

وتصدَّرت الولايات المتحدة قائمة الدول التي تزرع وتنتج تلك المحاصيل وبمساحة بلغت حوالي 73 مليون هكتار (أكثر من 50 محصولاً)، تليها البرازيل بما يزيد على 49 مليون هكتار.

تطبيقات على إستعمال الهندسة الوراثية في الإنتاج النباتي

أولاً. إنتاج محاصيل معدلة وراثياً لمقاومة الأمراض، ومن هذه الأمراض:

1- مقاومة الأمراض البكتيرية Bacterial disease resistance

2- مقاومة الأمراض الفيروسية Virus Diseaese Resistance

3- مقاومة الأمراض الفطرية Fungal Disease Resistance

ثانياً. إنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً لمقاومة الحشرات

ثالثاً. إنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً لتحّمل مبيدات الأدغال

رابعاً. إنتاج محاصيل لتحمل الملوحة والجفاف

خامساً. إنتاج محاصيل ذات صفات نوعية مرغوبة

Plant breeding - Fouad Razzaq

فقد نجح العلماء في إنتاج الرز الذهبي الذيGolden rice يحتوي على عنصر البيتا كاروتين الذي يحوله جسم الإنسان إلى فيتامين- أ (A) وهو ما يفتقر إليه نبات الرز العادي في أجسامنا، من خلال نقل ثلاثة مورثات من نبات النرجس البري وإحدى أنواع البكتريا إلى إحدى سلالات الرز لتنتج نبات رز أصفر اللون غنياً بالبيتا كاروتين وبذلك سيساهم هذا الرز المحور وراثياً في تقليل إصابة الأطفال بالعمى الذي تعاني منه نسبة كبيرة من أطفال دول جنوب شرق آسيا .

كما تمكن المهندس الوراثي من إنتاج نباتات ذات صفات أخرى مهمة، فمثلاً وفي عام 1994، أنتجت شركة مونسانتو الأمريكية طماطة فلافر سيفر(Flavr Saver) والتي لا تختلف عن الطماطة الإعتيادية في القيمة الغذائية ولكنها يمكن أن تبقى مخزونة بضعة أسابيع دون أن تفسد.

بعض إنجازات الهندسة الوراثية في المجالات الأخرى

في الطب

ساهمت الهندسة الوراثية في تخليق وإنتاج الكثير من المواد الطبية واللقاحات والأدوية، ومن بين الإسهامات هي إنتاج بعض الأدوية بكميات كبيرة، ومنها الإنسولين من بكتريا القولون لعلاج مرضى السكري والذي يعد أول الأدوية البشرية المصنعة بطريق الهندسة الوراثية عام 1982

في الصناعة

ففي مطلع 2017، كُشف النقاب عن يعسوب نصف آلي، مُعدل وراثياً أُطلق عليه اسم (دراغون فُل)، يمكن استخدامه في التلقيح الموجه للنباتات، فضلاً عن بعثات المراقبة والتتبع والتجسس على أي شخص. وقد جُهز الكائن نصف الحشرة ونصف الآلة بما يشبه حقيبة ظهر بحجم الظفر، مدعومة بالألواح الشمسية يتم التحكم فيها عن بُعد. وقد تم إجراء التعديل الجيني بأضافة البروتينات الحساسة للضوء إلى الجهاز العصبي لليعسوب حتى يستجيب لنبضات الضوء، إذ يسمح ذلك للضوء المرسل من حقيبة الظهر بتنشيط الخلايا العصبية، التي بدورها ترسل إشارات للأجنحة لتحفيزها على الطيران.

المخاوف والأضرار الناجمة عن تطبيق الهندسة الوراثية

مع ما قدمته وستقدمه هذه التقانة من نتاجات مهمة وما فتحته من آفاق علمية كبيرة في جميع مجالات الحياة، الا ان هناك قلق ومخاوف من قبل الكثير من العلماء والمهتمين بهذه التقانة .

إذ ان كل جديد في العلم يُقابل في بدايته بردود فعل متباينة تتراوح بين الانبهار والإعجاب أو بين الإستنكار والرفض، فقد أُتهم غاليليو بالكفر عندما أعلن إكتشافه عن كروية الأرض، وأُتهم لويس

باستر بالجنون عندما اكتشف الميكروبات وأُتهم أنشتاين بالجهل وفصل من الجامعة عندما اخترع نظريته النسبية وهو ما حدث ويحدث عند التحدث عن الهندسة الوراثية، ومن هذه المخاوف والأضرار:

أولاً. قلة التجارب والدراسات حول تأثير هندسة الجينات على المدى البعيد

إن إستخدام الطرائق والأساليب الجانبية في هندسة الجينات هي في الواقع عملية إنتخاب غير طبيعي، تستخدم فيها مواد وراثية طفيلية مركبة بشكل اصطناعي، تشمل بعضها إستخدام الفيروسات كناقلات تحمل الجينات لتخترق خلايا الكائن الحي النستهدف، إذ أن الآثار الضارة والمميتة الناجمة عن عملية إدراج مورثات غريبة في جينوم كائن حي هي معروفة منذ فترة بعيدة، ومن ضمنها إصابة الجسم بأمراض سرطانية.

ثانياً. التسُّمم والحساسية
قد تنشأ عن تطبيقات الهندسة الوراثية طفرات غير متوقعة على الكائن الحي ومجهولة العواقب، وبإمكان هذه الطفرات أن تُحدث مستويات عالية من التسمّم في الأطعمة، وقد تُحدث هندسة الجينات ردود فعل معاكسة وغير متوقعة على حساسية أجسام الكائنات الحية نتيجة تناول الأطعمة المحورة وراثياً.

ثالثاً. بكتيريا مقاومة للمضادات الحيوية

يقوم مهندسو الوراثة بإستخدام مورثات مقاومة للمضادات الحيوية من أجل تمييز المحاصيل المنتجة وراثيا عن غيرها، مما يعني أن المحاصيل تحوي مورثات تمنح المقاومة للمضادات الحيوية، وبذلك يمكن لهذه الجينات أن تتلقفها البكتيريا مسببةً العدوى للمستهلك.

رابعاً. زيادة إستخدام مبيدات الأدغال و إستخدام المبيدات الحشرية

يتوقع بأن تكون المحاصيل المهندسة وراثيا مقاومة لمبيدات الأدغال والحشرات، وبذلك سيضاعف من كميات مبيدات الأدغال التي يستخدمها المزارعون في حقولهم لصعوبة إستجابة نباتات الأدغال للمكافحة بالمبيدات الكيميائية .

خامساً. التأثير على البيئة

إن التأثير السلبي للكائنات المهندسة وراثياً على السلسلة الغذائية الطبيعية سيؤدي إلى تدمير البيئة كلها، بسبب تنافس الكائن الجديد مع أقاربه البرية wild relatives مسبباً تغييرات غير متوقعة في البيئة المحيطة، وبالتالي فهي تعتبر ملوثة للغذاء والماء أيضاً.

سابعاً. التلوث الجيني

Plant breeding Dr. Fouad Razzaq

إن إحتواء النباتات المهندسة وراثياً والبكتيريا والفيروسات وغيرها في البيئة المحيطة سيكون صعباً في حالة إنتشارها وإعادة البيئة إلى ما كانت عليه.

ثامناً. إعتبارات أخلاقية ودينية

إن نقل الجينات من الحيوان إلى النباتات ستخلق نقاط خلاف ونقاشات حادة تهم النباتيين وذوي المذاهب الدينية المختلفة.

إن من الأهمية بمكان هو معرفة التركيب الجيني للنبات لأنه أساس النظام البيئي في العالم، ويعتبر تطبيق تقانة الهندسة الوراثية في النبات أسهل بكثير مما في الحيوان، وذلك لأسباب عدة منها:

1- وجود نظام طبيعي لنقل الجينات في النبات.

2- إن أنسجة النبات لها القدرة على إعادة التكشف والتمايز، إذ يمكن لجزء من نسيج ورقة أن يتكشف إلى نبات كامل.

3- سرعة وسهولة عمليات الإكثار الخضري للأنسجة المهندسة وراثياً في كثير من النباتات.

طرائق الكشف عن الكائنات المحورة وراثياً

يتم إعتماد الفحوصات المختبرية للكشف عن الأغذية والأعلاف المحورة بإستخدام التقنيات الجزيئية بطريقتين وهما:

1- إستعمال جهاز الـ PCR للكشف عن المادة المستحدثة في التحوير سواء أكان الـ DNA أو الجين، وهي الطريقة الأكثر إستعمالاً، فضلاً عن أنها الأدق من حيث النتائج المستحصل عليها.

2- إستعمال فحص ELISA للكشف عن أحد نواتج الجينات وهي البروتينات.

Plant breeding Dr. Fouad Razzaq

ثانياً. التعددية الشكلية لقِطَع الـ DNA المُكاثرة عشوائياً (RAPDs)

Random Amplification of Polymorphic DNAs

هي واحدة من مؤشرات الـDNA التي تعتمد على تفاعل PCR، وتعرف على أنها تضاعف الـDNA إنزيمياً باستخدام قطع عشوائية منه (عشرة قواعد كحد أعلى، تحتوي على GC بنسبة 50 % على الأقل) لإنتاج طيف من منتجات التضخيم لمواقع معينة منتشرة على الجينوم.

تعتبر أحد الطرائق الهامة والفعالة عند وجود مادة مرجعية للمقارنة مع المادة المراد فحصها ولكن عند وجود معلومات قليلة أو عدم توافر معلومات حول التسلسل النيوكليوتيدي المستهدف يعتمد هذا النوع من الواسمات على عدد مواقع ارتباط البادئ مع الـDNA من جانب، وتعتمد كذلك على البعد بين تلك المواقع Distances Primer من جانب اخر.

إن التباين في أعداد المواقع وأبعادها بين الأفراد ينتج اما طبيعياً من خلال الاتحادات الجديدة Recombination اثناء الانقسام الإختزالي، واما عن طريق الطفرات Mutations وكلاهما يسبب حالات الحذف Deletion،او الاضافة Insertion،او الإستبدال Substitution، وخصوصاً تلك التي تحدث في مواقع الارتباط المشار اليها مما يؤدي الى تغير في ترتيب القواعد المكملة لنتائج

البادئ مما يفقده فرصة الارتباط به لاسيما انه يتأثر بتغيرات قاعدة واحدة فقط. تستخدم واسمات الـ RAPD في الكشف عن التباينات الوراثية بين الأفراد، وتحديد العلاقة الوراثية والتمييز والتشخيص بين الأنواع والأصناف الزراعية فضلاً عن تمييز المبكر للجنس ودراسة الثبات الوراثي للنباتات الناتجة من زراعة الأنسجة، وهي تقنية سريعة وبسيطة لا تحتاج الى خبرة، الى جانب أنها غير مكلفة.

ثالثاً. واسمات التتابعات البسيطة المكررة (SSRs)

Simple Sequence Repeats

هي إحدى واسمات الـDNA الحديثة والمتمثلة بإمكانية الكشف عن التباينات لمناطق من الـDNA التي لها تتابعات متكررة يتراوح طولها خمسة أزواج قاعدية كحد أقصى. ومن مميزات هذه الطريقة بالمقارنة مع المؤشرات الـAFLP هو انها ترتكز على اظهار التباينات الوراثية في المناطق الجانبية لمواقع التتابعات المتعاقبة الموجودة بشكل طبيعي في جينوم الكائن بينما في مؤشرات الـAFLP يقوم الباحث ببناء تلك الجوانب.

لقد أستخدمت هذه الواسمات في تعريف العديد من الأنواع في الوقت الراهن لإعتمادها على تفاعل (PCR) وبتكرارية عالية، متعادلة السيادة وذات تعددية مورفولوجية في جينوم النبات، الى جانت أنها ثابتة بين الأنواع تقريباً وهو ما يجعلها ذات قابلية للإنتقال بين الأنواع المتقاربة، فبالمقارنة مع التقنيات المعتمدة على DNA، فإن

تقنية SSRهي الأكثر فاعلية وفائدة في دراسة التنوع الوراثي لإرتفاع مستوى التعددية التي تكشفها مقارنة مع غيرها من التقانات الأخرى وسهولة تطبيقها وتحليل نتائجها وتصنيف المجموعات الوراثية فضلاً عن قدرتها على تعريف العديد من الأليلات في الموقع المفرد الواحد، كما تتوزع على كامل الجينوم.

رابعا. تكرارات التسلسل البسيطة الداخلية (ISSR)

Inter simple sequence repeats

تعتمد تقنية تكرارات التسلسل النيوكليوتيدي البسيطة او ما تعرف بالتوابع الترادفية على تفاعل (PCR)، التي تعد مثالية وللأسباب التالية:

1- تضخم منطقة التوابع الترادفية البسيطة ويستخدم بادئ وحيد ومؤلف من قطع متكررة ومحاط في بعض الأحيان بـ 2-4 نيكليوتيدات أما في المنطقة '3 أو'5 .

2- أكثر تكرارية من تقنية RAPD بسبب طول البادئ المستخدم.

3- إمكانية الكشف عن التتابع النيكليوتيدي ذو السيادة في التوريث.

4- وفرتها وتواجدها في جينوم النبات، الى جانب انها لا تحتاج إلى معلومات عن التسلسل الجيني المدروس.

5- نتائجها ثابتة عند تكرارها وسريعة كما أنها تتطلب كمية قليلة من الحمض النووي DNA.

خامساً. تعدد أشكال النوكليوتيد المفرد (SNP)

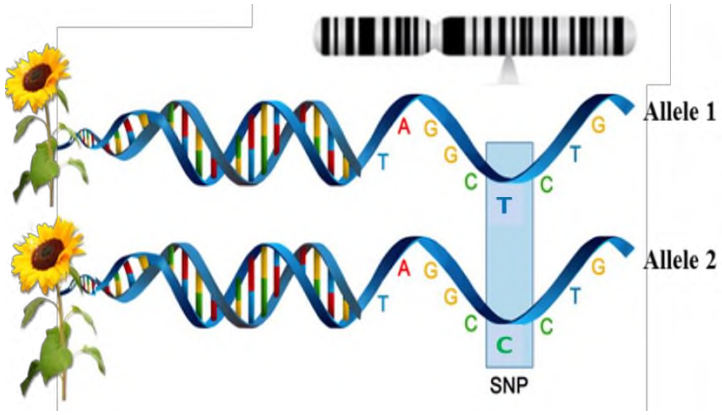
Single-nucleotide polymorphism

هو عبارة عن إختلاف أو تبدل جيني صغير في سلسلة الحمض النووي DNA، من خلال حدوث تباين في تعدد أشكال النوكليوتيد المفرد عندما يتم إستبدال قاعدة نيتروجينية واحدة بأخرى، كإستبدال النيوكليوتيد T بالنيوكليوتيد C أو A أو G في تسلسل الجينوم بين فردين من نفس النوع البيولوجي أو بين كروموسومات مزدوجة، فيكون التبدل عبارة عن SNP عندما يحدث بنسبة 1% على الأقل في التسلسل النيوكليوتيدي لجينوم أي مجموعة حية سواء أكانت نباتية او بشرية او حيوانية، وبالتالي فهي على الأغلب تبدل في وظيفة البروتين الحيوية بإحداث الطفرة Mutation. فعلى سبيل المثال تعمل الـ SNP على إستبدال التسلسل النووي في الـ DNA من TAGGC**A**CTG الى TAGGC**G**CTG،

تعتبر الـ SNP ثابتة بشكل كبير ولا تتبدل كثيراً من جيل لآخر مما يمكن من تتبعها في الدراسات الوراثية وفي برامج التربية والتحسين.

وفي الإنسان الذي يضم جينومه ما مقداره ثلاثة مليارات نيوكليوتيدة تقريباً، يقدر عدد الـ SNP فيها بحدود عشرة ملايين، إذ يحدث اثنان من كل ثلاثة SNPs نتيجة إستبدال قاعدة السايتوسين Cytosine بقاعدة الثايمين Thymine .

عموماً، تعتبر دراسة التبدلات الجينية المتمثلة بالـ SNPs ذات أهمية كبيرة في مجال الأبحاث النباتية، التشخيص الطبي وتطوير المنتجات العلاجية.



الشكل رقم (76)، حدوث SNPs بإستبدال الثايمين بالسايتوسين

سادساً. هضم الـDNA المضاعف بأنزيمات القطع (RFLP)

Restriction Fragment Length Polymorphism

وتسمى بـ (تعدد أو تغاير طول قطع التقييد لتفاعل البلمرة)، هي التغايرات أو التباينات في عدد قطع موقع جيني معين مهضوم بنفس الانزيم القاطع بين كائنٍ وآخر، فهي أحدى الواسمات الجزيئية ذات السيادة المشتركة في التوريث التي تُظهر التباين على مستوى تسلسل الـDNA وليس البروتين، ولكنها تتطلب كميات كبيرة نسبياً من الـDNA.

إن أساس عمل هذه التقانة هو قدرة إنزيمات القطع او التقييد على التعرف على تسلسل محدد فتقوم بقطعه وبذلك نتمكن من تحديد

وجود التسلسل المستهدف في العينة (إذا تم قطعه) أو عدم وجوده (اذا لم يحدث القطع).

تتضمن مراحل تطبيق التقانة تضخيم أو مضاعفة تسلسل محدد من سلسلة الـDNA (وهي عبارة عن تتابع أسس حمض نووي مشترك وثابت من حيث نوع الأسس وتسلسلها بين أنواع وسلالات مختلفة) باستخدام الـPCR ، ثم يتبع ذلك هضم بأنزيمات القطع المحددة والتي بإمكانها أن تظهر الاختلافات الوراثية بين الأفراد، إذ يتم استثمار الاختلافات (التباينات) في سلسلة الـDNA لإجراء القطع ومن ثم رؤية نمط الحزم Bonds الناتجة باستخدام الترحيل الكهربائي على الهلام بحيث يكون نمط القطع مميز للنوع الواحد.

وأدناه جدول يلخص مزايا وعيوب بعض طرائق التربية بالواسمات الجزيئية:

الخاصية	RFLPs	RAPDs	AFLPs	SSRs	SNPs
كمية DNA المطلوبة للتفاعل أو التحليل بالmg	10	0.02	0.5 – 1.0	0.05	0.05
درجة نقاوة DNA	عالي	عالي	متوسط	متوسط	عالي
إستخدام PCR	لا	نعم	نعم	نعم	نعم

عدد المواقع المتباينة التي يمكن الكشف عنها	1.0 - 3.0	1.5 - 50	20-100	1.0– 3.0	1.0
سهولة الإستخدام	صعب	سهل	سهل	سهل	سهل
إمكانية ان تكون اوتوماتيكية	منخفضة	متوسطة	متوسطة	عالية	عالية
درجة ثبات النتائج عند تكرار التفاعل	عالية	لا يعتمد عليها	عالية	عالية	عالية (تتكرر مرة واحدة كل 100- 300 bp
التكلفة / التحليل	عالية	منخفضة	متوسطة	منخفضة	منخفضة

ومن بين تقنيات الهندسة الوراثية المستخدمة كواسمات أو كواشف جزيئية لتحديد وظيفة الجين ايضاً، هي تقنية تثبيط فعلها Inactivation، أي تعطيل وظيفة الجين المستهدف، وذلك بإيلاج تسلسل نيوكليوتيدي بهدف إحداث الطفرة في الجين تؤدي إلى إيقاف عمله لإنتاج سلالة Knock-out، ومن ثم إختبار ومراقبة ما يحدث بالمقارنة بين السلالة الجديدة والنبات الأصل (الصنف او النوع البري). أحيانا تكون التأثيرات واضحة، ولكن من الممكن أيضا اختبار النبات المحوَّر للتحقق من التغيرات التي حدثت والتي قد تكون أقل وضوحا كتلك المتعلقة بوظائفه الفسلجية العادية، أو

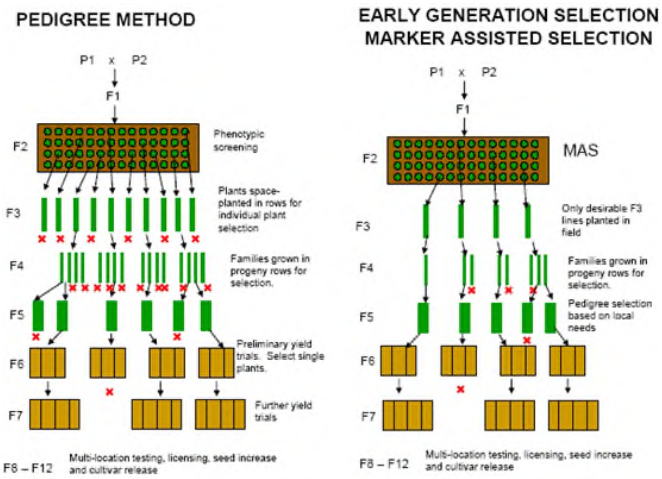
التطورية، أو المسارات التنظيمية الداخلية أو الكيميائية الحيوية.

وقد أثمرت الجهود الخاصة والعامة في جمع عينات من نباتات الرز والذرة الطافرة التي تحتوي على الآلاف من جينات نوعية مثبطة (معطلة).

إن الدراسات الجينومية الوظيفية المشفوعة بمقارنة تتابع الجينات في الأنواع المختلفة تتيح الفرصة للباحثين للبدء بتكوين تصور عام عن الجينات وعددها في الرز، وأي من الجينات هي التي تسهم في نمو وتطور النبات ووظائفه الفسلجية ومساراته الأيضية وغلته النهائية.

ومع ذلك، غالباً ما يتردد المربون في تطبيق تقانة الواسمات او المعلمات الجزيئية بسبب الانتقال غير المتوقع لجينات أخرى مع الجينات التي تتحكم في السمة المستهدفة والتي تعتبر أحد عيوب تطبيق هذه التقانة، لذلك قد يستغرق جهد كبير وفحص دقيق للتخلص من الجينات غير المرغوب فيها وإعادة السلالات تحت الاختبار إلى قيمة زراعية مقبولة، ويمكن التحقق من وجود أليلات الصفة المستهدفة بشكل مستمر من خلال الواسمات بإستعمال برامج التهجين العكسي التقليدية Backcross كما في المخطط ادناه، أو إجراء الانتخاب بمساعدة الواسمات في الأجيال المبكرة وخاصة في F2أو F3

مخطط يوضح تطبيق التضريب الرجعي مع الواسمات



لتسريع انعاش جينوم الأم المتكررة

لتحديد النباتات الحاملة للصفة المرغوبة بأليلاتها.

إستخدامات الوإسمات الجزيئية في الدراسات الوراثية للمحاصيل

إن من بين أهم إستخدامات الوإسمات الجزيئية في الدراسات الوراثية للمحاصيل، التي حققت الحفاظ على الاصناف والسلالات النباتية، الى جانب رصد التباين بين الاصناف الذي يساعد فى عملية الانتخاب واختيار برنامج التربية المناسب، هي:

1- تقييم التنوع الوراثي في الموارد الوراثية Germplasm.

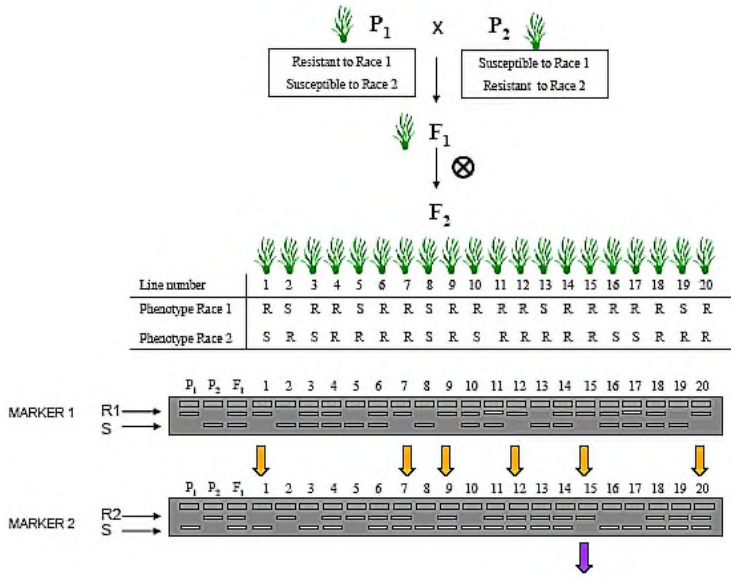
2- تعريف وايجاد البصمة الوراثية للتراكيب الوراثية Genotypes .

3- قياس درجة القرابة الوراثية بين العشائر والسلالات ومواد التربية.

4- تحديد مواقع الجينات المتحكمة في الصفات الكمية (QTLs) والصفات التي يتحكم فيها جين واحد (Monogenic).

5-

التعرف على تتابعات الجينات المسؤولة عن السمات المرغوبة.



مخطط تطبيق الإنتخاب مع الواسمات في الأجيال المبكرة