جهورية العراق

بغداد

جينوم وتربية النبات

تأليف

الاستاذ الدكتور مدحت الساهوكي

كلية علوم الهندسة

الزراعية/جامعة بغداد

المهندس الزراعي عبدالباسط

عبدالرزاق داود

هيأة البحوث الزراعية/وزارة

الزراعة

2020

مقدمة الكتاب

نظراً لطلب العديد من الأخوة الافاضل كتابي القديم في تربية النبات ، ولنفاد كل نسخه ، ولكونه أصبح قديماً في بعض افكاره ، فان ذلك دفعني إلى أن اكتب هذا الكتاب . لقد أخذت اتجاهاً مختلفاً في هذا الكتاب ، إذ تطرقت إلى بعض الدراسات المتعلقة بتداخل العوامل الوراثية لبضعة محاصيل ، وعلاقة بعض الانواع أو الآجناس المختلفة التي تعيش في بيئة معينة، كذلك خصصت بعض فصول الكتاب لافكار مختلفة من طرائق التربية ، وبعض الصفات التي يمكن اخذها في نظر الاعتبار عند عملية استنباط الهجن. إن الانتخاب والتهجين، سواء منفردين أو مجتمعين تمثل بمجموعها معظم الأسس لعلم تربية النبات، كنت أطمح أن أدخل بعض الجوانب العلمية حول النقل الجيني وزراعة الانسجة وطرائق النقل، وغير ذلك ، لكنها ليست معتمدة عندنا في الوقت الراهن ، ولم تتوفر لدينا في الدول العربية عموماً مختبرات كاملة لذلك ، لأن العمل فيها دقيق جداً وليس أي واحد منا يمكنه ان يتقنه إلا بعد دراسة موسعة واستخدام متتابع للمعدات العلمية المعتمدة.

مثلاً ، عندنا في العراق ، لايزال من الصعب جداً الحصول من المكاتب العلمية على Probes الكاملة الخاصة بمحصول معين ، وعندما يطبق بعضهم خمسين أو ستين منها نقول انه عمل موسع! أسأل الله تعالى أن اكون قد كتبت وأوضحت ماهو مفيد للقاريء –الاستاذ والباحث والطالب ، والله الموفق.

المؤلفان

آذار/ 2020

الفصل الاول

تربية النبات قديما وحديثاً

كان الانسان سابقاً قد انتبه الى ان ينتخب بذور افضل نباتات الصنف ليزرعها في الموسم اللاحق ، ثم لما اتسعت معرفته راح ينتخب النباتات الجيدة من الحقل الواسع لينتج منها صنفاً جديداً في ذاتية التلقيح ، كما تعلم لاحقاً ان يضرب بين صنفين او اكثر ليحصل على تراكيب وراثية ذات تغايرات جديده ، كان ذلك كله في بدايات علم تربية النبات ، الذي ارى ان عهده كان في بداية القرن العشرين ، اي عام 1900 م صعوداً !! عليه ، يمكن ان نعّرف علم تربية النبات انه : علم وفن تغيير جينات النبات للحصول على ما يرغب المربي من صفات افضل . ان ذلك يمكن تحقيقة من خلال عدة طرائق ، اصلها انتخاب او خلق تغايرات جديدة في المجتمع النباتي ، ثم انتخاب الافضل . يشمل ذلك الانتخاب البسيط للنباتات الجيدة الصفات وحتى امور هندسة النبات الوراثة وفوق الوراثة و gene editing . لقد كان لتجارب مندل الحجر الاساس في علوم الوراثة وتربية النبات والجينوم وغيرها ، اذ فتحت افاقاً علمية لم تكن معروفه من قبل . ان تربية النبات اليوم تعتمد على فهم الاصول الوراثية والجينات المسؤولة عن الصفات في مجتمع النبات والوراثة الجزيئية وعلم الخلية وفوق الوراثة والطرائق الاحصائية التي بوساطتها تحدد الافضل الذي نرغبه ، كما يرتبط هذا العلم بعلوم اخرى مثل امراض النبات وفسلجة النبات وعلم الحشرات والكيمياء وغيرها. ان اهم اساسين هامين في تربية النبات هما الانتخاب selection والتهجين hybridization ، والانتخاب اصلا لايخلق اية تغايرات ولكنه يمكن ان يستخدم لانتاج مجتمع جديد يختلف عن صفات المجتمع السابق الذي انتخب منه ، اما التهجين ففيه امران مهمان ، الاول قد يكون لانتاج الهجين ، وهذا يكون مع نباتات خلطية التلقيح cross –pollinated مثل الذرة الصفراء وزهرة الشمس والشيلم وغيرها، اذ يتم الحصول على سلالات inbreds عن طريق الانتخاب والتلقيح الذاتي لثلاثة اجيال ، ثم تختبر هذه الاجيال بنبات هجين او سلالةاو صنف مفتوح التلقيح وبحسب هدف المربي ، اذا تم الحصول على تضريب cross جيد الصفات بعد زراعة البذور نستمر بالتلقيح الذاتي للجيل السادس فنحصل على تماثل وراثي عال homozygous لتصبح سلالة واعدة في استنباط الهجن ، اما في نباتات ذاتية التلقيح self – pollinated فان الانتخاب لنبات جيد لغاية الجيل الرابع يمكن ان يؤدي الى الحصول على خط نقي pure line ، يدخل في تجربة مقارنة تميزه في صفه مهمة او اكثر ، يمكن تسجيله registration ثم اطلاقه release صنفا جديدا ، اذا عدنا للتهجين مره اخرى بهدف اخر من غير استنباط الهجين ، فان التهجين او التضريب crossing بين صنفين مختلفي الصفات نحصل على بذور الجيل الاول first filial (F1) ثم تزرع هذه البذور للحصول على نباتات F2 الذي هو الاشد في التغايرات في

المجتمع ، ويمكن الانتخاب منه لعدة اغراض ، وهذا في خلطية التلقيح ، اما في ذاتية التلقيح ، فيمكن فالانتخاب كذلك في الجيل الثاني لاجل الحصول على خطوط نقية كما اسلفنا ، ويمكن زراعتها لغاية الجيل الرابع S4 ، فاذا كانت متماثلة فيمكن ادخالها في تجربة مقارنة الحاصل ، فان تفوقت ، سجلت واعتمدت صنفاً جديداً .هناك نوع اخر من التضريب بنقل صفة جديدة معينه من صنف مثل مقاومة مرض او مقارمة حشرة ويسمى هذا الاب الواهب donor parent نضربه بصنف اخر عالي الحاصل ولكن يفتقر لهذه الصفه ، فنضرب بينهما ويسمى هذا التضريب بالرجعي back crossing ، لاننا نرجع في كل جيل ونضرب مع الاب التكراري recurrent parent الذي هو جيد الحاصل ويفتقر للصفة ، وذلك حتى الجيل السادس BC6 ، تزرع النباتاتويرش عليها مسبب المرض او الحشرة ، والنبات المقاوم يؤشر بعلامة tag ويغلف للتلقيح الذاتي لزراعة بذوره في الجيل الاحق ، فان انعزلت نباتاته بحسب المقاومة ، فانه يترك ، وان ثبتت كلها ، فمعنى ذلك ان تلك الذرية كلها نقية ومقاومة ، فنأخذها صنفاً جديداً . من الجدير بالذكر ان التغايرات اساسية في الانتخاب والتهجين ، وبذا فربما يدخل في البرنامج طريقة اخرى مثل دمج البروتويلاست من خلايا النبات protoplast fusion او embryo rescue او زراعة نسيجية tissue culture او مضاعفة haploid بالكولشسين للحصول على diploid نقي تماماً (double haploid) وهو انقى السلالات المعروفه في خلطية التلقيح .

استناداً لذلك ، يمكن حصر اهداف التربية بالآتي :

1. تحسين نوعية البذور او الثمار ، مثل زيادة قيمتها التغذوية او طعمها او رائحتها او زيادة نسبة البروتين في القمح لتحسين قابليته لعمل الخبز الجيد .
2. زيادة انتاجية المحصول في وحدة المساحة .
3. زيادة تحمل المحصول للشدود اللاحية ، مثل تحمل شدود الجفاف والملوحة والعناصر السامة .
4. نقل قابلية المقاومة او التحمل للمسببات المرضية .
5. نقل تحمل ضرر مبيدات الادغال لنبات المحصول .
6. تحسين قابلية الحاصل لمدة خزن اطول .
7. جعل النباتات متجانسة في النضج والارتفاع لتناسب الحصاد الافضل .
8. تحسين قابلية الجذور لامتصاص افضل او رفع كفاءة الاوراق للتمثيل الكاربوني .

تطورعلم تربية النبات :

لقد كان لاكتشاف مندل لطبيعة الفعل الجيني ، من ان هناك جينات متغلبة dominant واخرى متنحية recessive اثر كبير في فهم عدة جوانب من ألية انتقال الصفات من جيل لاخر ، وكيفية الحفاظ على نقاوتها ، كما تطورت الطرائق الاحصائية لتحليل طبيعة الفعل الجيني المضيف , additive وغير المضيف non- additive والذي يمثل قوة الهجين heterosis او hybrid vigour . لقد احدثت تجارب اختبارات قوة الهجين ثورة علمية كبيرة في زيادة انتاجية بعض المحاصيل ولاسيما الذرة الصفراء وزهرة الشمس ، واليوم كثير من الفواكه والخضر هي نتيجة تطبيق ظاهرة قوة الهجين . بدأت افكار قوة الهجين في بداية المدة بين 1908 – 1912 من قبل كل من East و Shull على انفراد ، وكانت افكارهما هي المعتمدة في تطوير الاستفادة من هذه الظاهرة . لقد كانت الفكرة ولاتزال تستند الى ان تزاوج صنفين متباعدين وراثيا يؤدي الى زيادة حاصل او نوعية الجيل الاول الناتج من التضريب ، تطور بعد ذلك موضوع التزاوج بين الاباعد wide crossing وذلك بتضريب افراد نوعين او جنسين من ذات المحصول ، وكانت هنالك صعوبات في نجاح التضريب ولكن ابتكار كيمياويات استخدمت معها سهلت نجاح البعض منها مثل تضريب الرز الاعتيادي الاسيوي *Oryza sativa* مع الافريقي *Oryza glaberrima* كذلك نجح البعض في انتاج هجن عن طريق دمج البروتوبلاست protoplast fusion داخل مجال كهربائي ، والخلايا المندمجة الحية تزرع للحصول على الهجين . كذلك كان لاكتشاف ظاهرة العقم الذكري السايتوبلازمي cytoplasmic male sterile (cms) دور كبير في تسهيل انتاج هجن عدة محاصيل خصوصاً الذرة الصفراء والبيضاء وزهرة الشمس وعدة محاصيل خضر . تستخدم النباتات العقيمة ذكريا سايتوبلازميا وتسمى A-line امُا للتضريب اما الذكر او الاب فيكون خصباً سايتوبلازميا (B-line) وبتضريبهما يتم اكثار بذور سلالة A ، اما لاجل انتاج الهجين ويستخدم السلالة A امُا للتضريب ، ويكون الاب R-line خصباً نوويا ذكريا fertility restorer وبزراعة البذور من هذا التضريب نحصل على النباتات الهجينه بطريقة سهلة ، ان الهجن التي كانت تنتج في البداية في الذرة الصفراء ، كانت تعتمد على ازالة النورات الذكرية detasseling من النباتات الام وذلك لكافة نباتات الحقل ، اذ تزرع نباتات الاب والام بخطوط متبادلة ، فتبقى نورات الاب تعطي حبوب لقاح تنتقل بالهواء لتلقيح النباتات الام المزالة النورات ، وبذا لما اكتشفت ظاهرة cms في النباتات ، فان هذه العملية de tasseling المكلفة اصبحنا في غنى عنها . بعد ذلك انتقلت هذه الحالة الى عدة نباتات محاصيل وخضر وفاكهة ، اما اليوم فقد ابتكرت مواد كيمياوية ترش على النباتات الام لتحولها عقيمة ، من بينها مركب SQ-1 اذ ترش هذه المادة بعد اذابتها بالماء على نباتات الحقل سواء حنطة او ذرة

او اي من محاصيل البذور فتصبح عقيمة ، ويتم التضريب بالاعتماد على الرياح واحياناً تستخدم معدات لنفخ الهواء بعد شفط حبوب اللقاح ، وكما في انتاج البذور الهجينة لاصناف القمح ، علماً ان زيادة حاصل القمح الهجين عن غير الهجين ليست بالكبيرة ، اذ هي غالباً بحدود 10% عن افضل الابوين ، ولكن لما كانت الطريقة بسيطة في انتاجها ، اي الهجين ، وكلفتها ليست عالية ، فقد استخدمت في ملايين الهكتارات اليوم في اوربا ودول العالم الاخرى . اما قوة الهجين في الذرة الصفراء وغيرها فهي اعلى من هذه النسبة بعدة اضعاف . ان المربي عندما يعمل بطرائق التربية التقليدية classical plant breeding فانه لايعلم اي الجينات دخل في النبات او اي الجينات هو الذي تسبب في زيادة الحاصل ، وبذا فقد تم التوجه في تربية النبات الحديث modern plant breeding الى عدة طرائق لتشخيص الجين ومحاولة نقله الى النبات الهدف ، اذ ان هذا العمل يحتاج مدة اقصر ، وان معظم صفات النبات لاتتغير ، وانما يتغير ادخال هذا الجين وما يترتب على الصفة الناتجة منه ، وهذا يسمى molecular genetics او الوراثة الجزيئية ، والتي ارتبطت كذلك بموضوع علمي اخر هو فوق الوراثة epigenetics اذ تتغيرر صفات في الكائن الحي بعيداً عن فعل الجينات ، وهي حلقة علمية نعرفها اليوم في هذا الجانب هي gene – editing ويتم فيه التلاعب بحذف او اضافة قاعدة نايتروجينية او اكثر في جين معين ، وينظر لها البعض انها اكثر اماناً للانسان من النباتات المحورة وراثياً او جزيئياً genetically modified crops (GMO او GMC او GMP).

هذا ولايخفى علينا وكما ذكرنا اهمية التغايرات في كل جنس من الاحياء ، فكان من اجل ذلك استخدام كيمياويات مختلفة لتغيير الطبيعة الوراثية للنباتات . استخدمت مثلاً EMS وDMS والتشعيع والترانزبوزون لاحداث الطفرات والصعق الكهربائي ، كل ذلك ادى الى ظهور علم جانبي آخر بجانب تربية النبات وهو mutation breeding ، كذلك استخدمت الزراعة النسيجية لعدة اهداف من بينها مثلاً تحويل haploid الى diploid (DH) واستخدام زراعة الكالس callusلانتاج نبيتات جديدة soma clonal وانتاج التضاعف polyploidy اذ يتحول الى diploid مثلا الى tetraploid باستخدام الكولشسين colchicine اوغيره بشكل عام ، لازالت طرائق التربية التقليدية هي التي تتصدر المربتة الاولى في استنباط اصناف وسلالات وهجن محسنة من مختلف نباتات المحاصيل والخضر والفاكهة ونباتات الزينة والنباتات الطبية والعطرية وغيرها .

تربية النبات الحديث :

تجمعت الاف الابحاث منذ عشرات السنين حول مايسمى بالوراثة الجزيئية فاصبح لدينا منفذ اخر لتربية النبات وهو molecular breeding . يستند هذا العلم الى

ادخال جين او حذف جين من الكائن الحي بطريقة او اكثر تسبب التحوير الوراثي في النبات ، ثم بعد ذلك يتم التحقق من فائدته . سوف نحاول لاحقاً ايضاً ايضاح اهمية بعض جوانب هذا العمل ، ودوره في خدمة تربية النبات .

الفصل الثاني
خطوات برنامج التربية

قبل ان ندخل في تقسيم طرائق التربية بحسب مجموعة النباتات ، ذاتية التلقيح وخلطية التلقيح وخضرية التكاثر ، لابد ان نتحدث عن الخطوات الاساسية في اي برنامج تربية يهدف المربي منه الحصول على مادة او مواد وراثية ذات قيمة علمية في التضريب لاحداث زيادة كمية او نوعية في الحاصل ، اما هذه الخطوات فهي :

1. الحصول على التغايرات لذلك النوع او الجنس ، اما باحداثها او جمعها .
2. الانتخاب للصفة او الصفات المطلوبة .
3. تقييم المنتخبات في اختيار الحاصل ، لاجل اعتماد المنتخب صنفاً في ذاتية التلقيح او سلالة في خلطية التلقيح .
4. اجراء التضريب المطلوب ، سواء الرجعي او التضريب من اجل الحصول على انعزالات جديدة .
5. التحقيق باختبارات حقلية لبضعة مواسم من ثبات الصفات المورفولجية و الوراثية والتركيبية للمادة الوراثية ، ثم اكثارها بعد ذلك .
6. تقديم المادة الوراثية للتسجيل registration او الاطلاق release ، والاعتماد adoption .
7. اذا اقرت اللجنة المختصة صحة فائدة المادة الوراثية ينتقل الى مرحلة الاكثار ، للتوزيع على المحطات البحثية ، وكذلك للشركات المختصة لاجل زراعته وانزال الناتج الى السوق .

1. جمع المادة الوراثية (التغايرات) variations :

يمكن الحصول على المواد الوراثية النباتية من الانتخاب في الحقل من مجتمع كبير ، ولاسيما ذا طبق برنامج خلية النحل honeycomb اذ تزرع النباتات على مسافات متباعدة ، مثلا تزرع حبوب الحنطة بذرة بذرة على مسافات 70-80 سم فيما بينها وبين الخطوط والذرة الصفراء والبيضاء وزهرة الشمس على مسافات بين 100- 120 سم او اكثر ، وعند بداية التزهير ينظر المربي الى النباتات وهو يسير بينها في الحقل فيشخص ارتفاع النبات او تبكير في التزهير او حجم النورة الزهرية او اية صفة اخرى ويبحث عنها ، يلقح النبات ذاتيا ويضع عليه علامة ، وهكذا حتى

نهاية موسم التزهير ، فان كان النبات جيد الصفة اخذ بذوره ليكثرها في الموسم اللاحق ، ويستخدمها لاحقا بحسب برنامجه .
يمكن كذلك اجراء التضريب بين نباتات الاصناف المختلفة في بعض الصفات ، وتزرع في الجيل الثاني وينتخب النباتات التي يريدها ويلقحها ذاتياً ويضع عليها علامة ، ان افراد ذرية الجيل الثاني هي الاكثر تغايراً في كافة الاجيال اللاحقة ، واذا كان الهدف انتاج صنف ذاتي التلقيح فيمكن الاستمرار بالانتخاب لغاية الجيل الرابع فاذا تماثلت نباتات الخطوط فيما بينها فيمكن ان تخلط تلك البذور مع الاخرى التي تماثلها في المظهر ، فيما تخلط بذور النباتات الاخرى المغايرة لها والمتماثلة فيما بينها كصنف اخر .
ان برامج التربية في العالم تستند كذلك الى تبادل النشرات العليمة والمطبوعات المختلفة حول المواد الوراثية كما يمكن تبادل البذور فيما بين تلك المؤسسات العلمية في العالم ، وبذا يمكن الاستفادة من هذا الجانب كمصدر هام للتغايرات . من جهة اخرى ، فأن مركز الامم المتحدة في روما التابع لمنظمة FAO يقوم كذلك بارسال عينات من بذور المحاصيل لمن يطلبها ، وهي سبق وان جمعت من عدة اماكن جغرافية في دول العالم ، وضرب بعضها مع بعض الى الجيل S3 .
هنالك ايضا مبدأ التطفير باستخدام التشعيع او الكيمياويات مثل EMS و DMS والكولشسين ، كذلك تم اختراع جهاز الصعق الكهربائي في عام 2002 بالبراءة رقم 3112 باسم كل من الدكتورمدحت مجيد الساهوكي والدكتور احمد عبد علي عبطان . تتضمن فكرة الجهاز استنبات البذور مع بداية خروج الجذير ووضعها في محلول ملحي 1% كلوريد الصوديوم ، ويمرر عليها التيار الكهربائي لمدة 2 -6 دقائق ثم تزرع وتراقب التغايرات ، وقد نشرت بضعة ابحاث حول هذا الموضوع في الحنطة والشعير والذرة الصفراء وبعض محاصيل الخضر وذلك قبل عام 2000 ، حتى لما ظهرت نتائج الابحاث مؤكده فائدة الطريقة تم تسجيلها براءة اختراع .

2. الانتخاب :

ذكرنا سابقاً ان عملية الانتخاب لاتخلق تغايرات جديدة في المجتمع النباتي ، وانما اذا انتخبنا تغايراً من المجتمع الطبيعي ، يمكن باكثار ذلك التغاير الحصول على مجتمع نباتي بصفات جديدة مختلفة عن صفات المجتمع الاصلي التي انتخبت منه .
ان وجود صفات او علامات معينة لاغراض معينة مرتبطة بها قد تساعد على الانتخاب بصورة ادق ، لقد تم الاعتماد على وجود صبغة الانثوسيانين على بادرات زهرة الشمس قبل اكتشاف العقم الذكري السايتوبلازمي في المحصول ، وذلك لوجود تلازم linkage بين العقم والصبغة ، اما اليوم فان تحليل النباتات بحسب طبيعة DNA فيها يساعد في تشخيص جين معين فيها من عدمه ، اذ يحلل جزء صغير من النبات لهذا الغرض الذي يريده المربي ، ويمكنه بهذه الطريقة انتخاب مجموعة كبيرة من النباتات على هذا الاساس وهو وجود او عدم وجود الجين

الهدف ، وتسمى الطريقة marker assisted selection ، اي الانتخاب بمساعدة معلمة وراثية مرتبطة بصفة جيدة يرغبها المربي .

3. التقييم الحقلي :

بعد الحصول على كمية كافية من البذور ، والتي تم التحقق من صفاتها الجيدة وتفوقها على غيرها من الاصناف او الهجن الموجودة ، يمكن تقديم طلب الى اللجنة المختصة في وزارة الزراعة ، وتقدم لهم استمارات فيها كافة مواصفات الصنف او السلالة او الهجين ، سواء الصفات الحقلية او النوعية ، وتقدم لهم كمية بذور كافية لتقوم لجنة متخصصة بزراعة البذور وتدوين صفاتها لتقرر بعد ذلك رفض الصنف او تسجيله واعتماده.

4.الاطلاق :

بعد ان يستلم المربي مصادقة اللجنة المختصة على تلك المادة الوراثية بالتسجيل registration والاطلاق release فان عليه اكثار البذور بكميات كبيرة وتحت مراقبة حقلية دقيقة ، وانتاج رتبة البذور المصدقة certified seed التي تباع للمزارعين . تبدا رتب البذور من بذور المربي breeder seed والتي هي حكر على المربي فقط ،ثم يقوم باكثارها لانتاج البذور المسجلة registered seed واحياناً تضاف حلقة تسمى بذور النواة nucleus seed ، ولكن الحلقات الثلاث السائدة علمياً هي بذور المربي ثم بذور الاساس foundation seed ثم البذور المصدقة ، فأذا اريد اكمال نقص في البذور المصدقة عادوا الى اكثار بذور الاساس ، وان حدث خلل في بعض حقول انتاج الاساس تكون العودة الى بذور المربي ، وهي حالة نادرة الحدوث لانه غالباً تكون هناك عدة حقول لدى عدة جهات لاكثار بذور الاساس او المصدقة ، وقسم منها قد يرفض ، والباقي يقبل لامتلاك تلك الحقول كافة المواصفات الخاصة بالصنف والتي اعطاهم اياها المربي .

4. الاكثار (propagation) :

ان اكثار بذور الصنف الجديد او الهجين ليس بالامر السهل ، اذ يحتاج الى عدة حقول واسعة نظيفة تصلح لانتاج بذور الاساس او المصدقة . غالباً يتم التعاقد مع مزارعين جيدين لقاء اجور معينة وهم يقومون بعملية التفتيش الحقلي Filed inspection وذلك باتباع كافة الشروط التي يستلمونها ويوقعون على تنفيذها بدقة ، والا يرفض الحقل . تقوم جهة مختصة مشرفة بعدة زيارات حقلية لحقول الاكثار عند البزوغ وقبل التزهير وبعده ، ويدونون كافة الملاحظات عن تلك الحقول ، وعلى الجهة المسؤولة عن الحقل ان تاخذ بكافة تلك الملاحظات سواء من مكافحة ادغال قبل الزراعة وبعد الزراعة ، وعملية ازالة النباتات المغايرة roguing

وغير ذلك ، وحتى عملية النضج والحصاد . ربما تكون هناك جهة مختلفة لتوزيع البذور ، او ان ذات الجهة المسؤولة عن اكثار البذور هي التي تقوم بتسويق البذور الى المزارعين او الشركات الزراعية التي تتعامل مع البذور . ان اختلاف طريقة التربية للمحصول قد تختلف فيها بعض مراحل الاعتماد والاكثار ، فالذي ذكرناه يصح على ذاتية التلقيح ، اما خلطية التلقيح ، فان كان صنفاً خلطي التلقيح cross pollinated فهو يسمى مفتوح التلقيح open pollinated ، وهذا الصنف ياخذ نفس مراحل الصنف ذاتي التلقيح ، مع اختلاف في تدوين صفات النبات المورفولوجية وصفات البذور ، فان الصنف مفتوح التلقيح قد تتماثل نباتاته في الارتفاع مثل الحنطة والشعير ، ولكن فيها تغاير مثلا 30 سم صعوداً او نزولاً عن معدل الصنف في الحقل ، وكذلك حجم ولون البذور ، وهنا يلجأ المربي الى تحديد الحجم بنسب معينة ، نقول مثلاً ان معدل 95% من البذور هي بطول 2-2.5 سم ولكن فيها 5% اقل من ذلك ، او قد تكون 1- 1.5سم ، وبالنسبة للون البذور في زهرة الشمس مثلاً ، نقول 80 % من بذور الصنف سوداء مخططة بالابيض و 20 % الباقية قد تكون بيضاء تماماً او سوداء تماماً ، وبذا فان على المربي ان يحافظ على هذه المعايير في بذور الاساس والمصدقة والا لايمكن اعتماد الصنف ، اذ كيف سيمكن تمييزه عن الاصناف الاخرى عند البيع والشراء ، او تحديد مركب معين موجود في البذور ، وذلك ان زهرة الشمس محصول معقد الصبغات الوراثية ، ولكن اذا جئنا الى صنف مفتوح التلقيح من الذرة الصفراء ، فان لون الحبوب هو بين الاصفر الداكن والاصفر الفاتح وعند الانعزال قد تظهر حبوب بيضاء او داكنة ولكن هذه يجب ان تكون بنسبة قليلة 1% مثلا او اقل ، وان زادت ، لابد من العودة الى بذور المربي للاكثار تحت اشراف مختص .

اما في في حالة انتاج الهجن ، فهنك مراحل لاستنباط السلالات واخرى لتضريبها ثم اختبار لتلك التضريبات حتى اذا دخلت التقييم الحقلي للحاصل (yield trial) ولبضعة مواسم ، امكن اكثار البذور المطلوبة وتقديمها للتسجيل والاعتماد وكما مر بنا ، والتي هي المرحلة الاخيرة من خطوات استنباط واختبار واكثار وتسجيل واطلاق واعتماد الصنف او الهجين في الزراعة والانتاج ، اذ انه قد يسمح باطلاق الصنف ، اذ يكون متوفراً للباحثين والشركات والمحطات البحثية ، فاذا اثبت لديهم ان مواصفاته فعلا جيدة كما جاءت في تقارير المختصين في التفتيش الحقلي والبذور المصدقة ، فانه يتخذ قرار بعد ذلك باعتماد الصنف لعموم المزارعين .

الفصل الثالث
التـــــحوير الوراثـــــي

ذكرنا في فصل سابق اهمية التغايرات في المجتمع النباتي ، وذكرنا بعضاً من تلك الوسائل التي نحصل بها على التغايرات ، غير ان هناك اموراً اخرى اطلق عليها التحوير الوراثي genetic modification وهي جزء من التغايرات لكنها ذات

خصوصية جزيئية يتم الحصول على التحوير الوراثي بايجاز اما ادخال جين الى النبات او بازالة جين منه باستخدام تقانات معينة وباعتماد RNAi للحصول على مظهر جديد للنبات بصفات مختلفة ، وهي التي يطلق عليها غالباً transgenic plants . اذا كانت تلك الجينات المنقولة هي من ذلك النوع الذي يمكن التزاوج معه ، فان النبات الجديد يطلق عليه cisgenic plants . ان هذه الطريقة تعد اسرع من الطرائق التقليدية المتبعة في تربية النبات ، اذ انها تعتمد على تغيير جين محدد من دون تغيير في بقية جينوم النبات ،فيما يحدث في الطرائق التقليدية ان الصنف المحسن الجديد ربما اكتسب صفة جديدة لم يخطط لها المربي او فقد اخرى منه بسبب التعامل مع كامل جينوم النبات . لدى اعتماد التحوير الجيني لابد من استخدام محفز promoter يساعد الجين الجديد على الاستنساخ واظهار فعله الجيني المطلوب ، والا فأن الطريقة غير فعّاله . ان هذه الطريقة يجب ان تكون معلومة الجين ومعلومة المحفز حتى يتم العمل على وفق التصميم الموضوع وليس عشوائياً ، كذلك فان عملية الاستنساخ ربما تستمر مع هذا الجين ولابد من ايقافها وبذا لابد من استخدام termination sequence لايقاف الاستنساخ للجين الجديد المدخل للنبات . كذلك ومن اجل التأكد من دخول وفعل الجين الجديد ، لابد من وجود علامة خاصة به marker ، فمثلا يمكن مختبريا التحقيق من فعل تحمل مضاد الحياة antibiotic resistance . يتم ذلك بتنمية النباتات المحورة جينيا على وسط فيه antibiotic ،فان كان فعلا قد تحمل ، فان الجين قد عمل جيداً ، وان مات النبات فذلك يعني ان العملية فاشلة . يتم نقل الجين غالباً باستخدام ناقل ، وافضل ناقل استخدم غالباً هي بكتريا Agrobacterium tumefaciens وكذلك استخدمت بكتريا A. rhizogenes ، فيما استخدم بعضهم الحقن المباشر في النبات باستخدام microingection . استخدمت عدة مختبرات في العالم كذلك بعض الفايرس لنقل الجين ، ومن الامثلة الشائعة فايرس موزاييك القرنابيط (CAMV) الذي يصيب بخصوصية نبات القرنابيط مع بعض النباتات الاخرى المماثلة من ذات النوع. ان العملية في استخدام الفايرس لم تكن موفقة بسبب عدم انتقال الصفة للاجيال اللاحقة اذ انه يجب ان يلقح النبات كل مرة ! وهذه العملية لايمكن اعتمادها لكلفتها العالية.ان معظم النباتات التي يتم تحويرها وراثيا كانت ذات علاقة بمبيدات الادغال ومبيدات الحشرات في اي وقت على كافة نباتات الحقل دون حدوث اي ضرر على نبات المحصول المحور وراثياً بسبب وجود جين المقاومة لذلك المبيد ، اذ يقوم بتفكيكه داخل النبات فيفقد المبيد فعاليته الخاصة به على نبات المحصول . تم الاعتماد في برنامج النقل الوراثي لمقاومة المبيدات الحشرية من جين بكتريا Bacillus thuringiensis (Bt) والذي يقوم بالايعاز لانتاج بروتين سام لتلك الحشرة اذا هي اقتاتت على ذلك النبات ، ناخذ مثلا دودة جوز القطن cotton bollworm وهي شائعه في معظم حقول القطن في العالم . تقتات على نبات هذا المحصول ، فاذا كان نبات صنف القطن هو من نوع Bt فان هذه الحشرة ستموت حالاً ! ولاداعي

لرش اي مبيد حشري على المحصول ! . اما بالنسبة لمقاومة مبيدات الادغال ، فان الامر يختلف اذ اننا نحتاج ان نرش المبيد لقتل نباتات الادغال في حقل المحصول ، ولكن اذا كان المحصول محوراً وراثياً ، فان هناك انزيماً معيناً يتفاعل مع جزيئات المبيد ويفككها فينتهي مفعولها على نباتات المحصول . استخدمت هذه الطريقة بكثرة على محاصيل عدة هامة في العالم ضد مبيد glyphosate الواسع الانتشار والفعال جداً ضد كافة نباتات الادغال . ان هذا الموضوع قد تدخلت فيه وسائل الاعلام وتحدثت الصحافة العالمية عنه لسنوات ولازالت تتحدث كلما استجد امر ، فمثلا تثار احياناً مواضيع حول انقراض بعض انواع الحشرات التي تقوم بتلقيح النباتات وهذا طبعاً يضر بالحاصل ، وكذلك موت اعداد من نحل العسل في بعض المناطق وخاصة التي استخدمت بذور اصناف ذرة صفراء معدلة وراثياً ضد بعض الحشرات ، لكن حشرات اخرى قد تموت ايضاً . كذلك نشرت احدى المجلات العلمية الامريكية عام 2004 بحثاً عن تناقص القيمة الغذائية لبعض المحاصيل سواء انتجت بطريقة التربية التقليدية او معدلة وراثياً ، وذكرت ان عدة تغيرات في نسب البروتين والرايبوفلافين ، وكذلك الكلسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم وعدة عناصر وفيتامينات اخرى قد انخفضت ، ثم عللوا ذلك ان هناك (تبادل تجاري) بين زيادة الحاصل وانخفاض النوعية لكثير من محاصيل الحبوب والخضر والفاكهة !! وهكذا يبقى الصراع بين الطرائق التقليدية والحديثة ، وبين كلتى الطريقتين وآراء واذواق المجتمعات في العالم . من اجل ذلك نجد من دول الاتحاد الاوربي ان المانيا قد منعت زراعة الذرة الصفراء واية محاصيل اخرى قد حورت وراثيا ضد الحشرات وربما كذلك حتى ضد مبيدات الادغال ، لان بعض مبيدات الادغال قد تضر بعض الحشرات ، كما حدث واثير موضوع هذا العام 2019 عن عدة ملاحظات لموت نحل العسل بسبب زيادة الرقعة الزراعية التي تستخدم المبيدات .
من جهه اخرى فان الولايات المتحدة قد رحبت بكافة الاعمال التي من شأنها زيادة الحاصل للمحاصيل كافة ، وبذا فقد انتشرت لديها عدة شركات ومختبرات تتعامل مع التحوير الوراثي ، بل ومتخصصة فيه فقط .
اذا اخذنا هذا الامر بنظر الاعتبار ، فان حقوق مربي النبات يجب ان نؤخذ بنظر الاعتباركذلك ، ومع هذا فان ذلك فيه جدل كثير ! . ان العالم اليوم قد انتشرت فيه اصناف من المحاصيل والخضر والفاكهة ، كلها في خدمة الانسان لتغذيته وتجارته ومتعته افلا يستحق هؤلاء الذين انتخبوها ان تحفظ لهم حقوقهم ؟ يقول لك احد المعارضين لحقوق المربي : انهم قاموا بفعل غير جيد بتقليص التغايرات في الجنس الواحد ! وهذا يجعل الحياة في تطورها مقتصرة على هذه الاصناف وماتحويه من تغايرات ، وربم يكون المستقبل اصعب عملاً لاستنباط اصناف افضل ! مع ذلك ، لابد من اعطاء حماية لمستنبط الصنف لمدة من الزمن تستحق العناء والجهد الذي يبذله . ان الاصناف المتكاثرة خضرياً قلما تكون فيها مشكلة في التغايرات او الانعزالات ، ولكن الاصناف المتكاثرة بالبذور سواء كانت ذاتية التلقيح او خلطية

التلقيح ، فانها مع اجيال الاكثار ، ومع زيادة مساحتها ، تعطي نباتات مغايرة للصنف . عليه ، فلابد من مسافات عزل وتدقيق وتفتيش حقلي دقيق يقوم به المربي ومساعدوه الذين يعرفون مواصفات الصنف ، وربما احتاجوا الى بيوت زجاجية او زراعة نسيجية في بعض المراحل ، مع اختبارات وراثية دقيقة بمعدات علمية متطورة ، وهذه كلها هي مسؤولية المربي ، وبذا لابد من ضمان حقوق هؤلاء الناس الذين يقضون حياتهم يقومون بهذا العمل .

دور مربي النبات في الزراعة العضوية :

انتشرت الزراعة العضوية organic agriculture منذ عشرات السنين في عدة دول اوربية وغير اوربية ، وكانت كما يقولون (صيحة) لها اساس علمي لكنه ليس بالقوي ، لان استخدام المبيدات والاسمدة يجب ان يكون ضمن معايير تضمن سلامة الانسان والحيوان وعدم تلوث البيئة .نرى ونسمع بين مدة واخرى من يعارض هذا النمط من الزراعة ويقول انه نمط قديم مردوده منخفض جداً بالمقارنة مع الاصناف المحسنة الحديثة ، ومنهم من يقول انه افضل للصحة ! بشكل عام فانه يقدر ان 95% من الاصناف المعتمدة في الزراعة العضوية هي اصناف قديمة واطئة الانتاجية ، وانها ليست دائماً افضل نوعية من الحديثة ، واليوم بدأت تتراجع قيمتها في السوق العالمية ، فكنت مثلاً اجول في الاسواق الزراعية في بعض دول اوربا مؤخراً ولا ارى تلك الرغبة لشراء المنتجات العضوية ولاسيما ان سعرها اعلى من غيرها من المحسنة . مع ذلك فان دور المربي في مثل هذه الاصناف لايزال موجوداً ، اذ ان المزارعين يعتمدون على توصيات وقرارات المربين لما يخططون لزراعة محصول ما ، اذ انهم يحتاجون معرفة :

1. كفاءة استخدام الماء للصنف .
2. طبيعة نوعية وكمية المغذيات الموصى بها .
3. مقدرة الصنف في مقاومة او تحمل نباتات الادغال .
4. تحمل الصنف لمقاومة الادغال آلياً.
5. كيفية مقاومة وتحمل الاوبئة المختلفة .
6. طبيعة تبكير الصنف لتجنب بعض الشدود .
7. طبيعة تحمل الصنف للشدود اللاحية من جفاف وملوحة .

ان مثل هذه الخواص لابد ان يقوم بها المربي والمختص في ذلك المحصول ، ومع ذلك فقد اصبحت في العالم اهتمامات اقل لزراعة وتجارة واستخدام الزراعة العضوية ، وقلة من المربين الذين يعملون في هذا المجال ، مع ذلك ، فأن هناك برامج جديدة لاستنباط اصناف خاصة للزراعة العضوية تعتمد على التضريب والانتخاب ، وهذا لايعد تلاعباً بالمادة الوراثية للنبات او الصنف . كذلك فان التضريب الرجعي بين صنف متحمل لمرض او حشرة مع صنف اخر جيد الحاصل

لكنه حساس يعد مقبولاً في الزراعة العضوية . عليه فان الزراعة العضوية لازالت بعيدة عن التحسين الفعلي للاصناف وبعيدة عن دور فوق الوراثة والوراثة الجزيئية في التحسين .

تربية النبات ومشاكل عالمية :

مع نقص الغذاء في العالم

امام التحديات العالمية من ارتفاع مستوى المعيشة ، وتطور ثقافة المجتمعات وزيادة السكان ، لابد من زيادة انتاجية المحاصيل وزيادة الرقعة الزراعية ، وتحويل بعض الاراضي الصحراوية الى ارض منتجة ، وكل ذلك ممكن من التفكير والعمل . ان ذلك لاينحصر فقط على زيادة الانتاج والانتاجية فقط ، بل لابد ان يصاحب ذلك المحافظة على القيمة الغذائية للمنتجات الزراعية وتحسين بعضها الى نوعية افضل . هناك مشكلة في معظم دول العالم في حجم الملكيات التي تسيطر عليها مؤسسات الدولة باستثمارها . كذلك فان انشاء عدة ابنية ضخمه وبيوت فارهة ومطارات واسعة وسكك حديد كلها تؤثر في الحد من التوسع الحر في زيادة الارض الزراعية فضلاً عما يسمى بالمحرمات عند هذه الاماكن والطرق السريعة للسيارات ، كل ذلك لابد للمربي ان يؤدي دوره فيها .

في الاراضي المتدهورة :

تشمل الاراضي المتدهورة degraded lands الاراضي الرملية والحصوية والحجرية والكلسية والجبسية والملحية وكذلك الاراضي الجيدة العديمة الماء والامطار. ان مثل هذه الاراضي واسعة جداً في افريقيا والصحاري العربية واسيا بدرجة خاصة ، وكذلك بعض منها في استراليا وامريكا الا ان دول اوربا قلما تجد فيها مثل هذه الاراضي . يمكن ترتيب عدة تقانات لاستخدام واحياء تلك الاراضي لتكون ضمن اراضي الانتاج الزراعي ، سواء بالتخلص من الملوحة او بتوفير الماء او استنباط اصناف تتحمل ظروف بعض تلك الاراضي ، وبذا يبقى مربي النبات مسؤولاً عن زيادة الانتاج فضلاً عن زيادة الانتاجية وتحسين النوعية ومقاومة الامراض والحشرات .

في زيادة الانتاجية :

ان معظم دول العالم النامية ، عندما تعاني من زيادة سكانية ، فان حاجتها للغذاء تكون ملحة جداً ، وحيث ان المستوى العلمي عندهم لايمكنهم به رفع الانتاجية لذا ،

فان الطريقة السهلة عندهم التوسع في مساحة الارض الزراعية ، وهي حالة غير جيدة لوحدها ، لان مساحة الارض ثابتة في العالم ، والسكان في زيادة وبذا نجد ان بعض الدول تقوم بنقل تراب ووضعه طبقة فوق الاراضي الصخرية لزراعتها ، فيما تقوم اخرى بدفن جزء من البحار او البحيرات بكميات كبيرة من النفايات المختلفة ، ثم تضع طبقة مناسبة من التربة فوقها لزراعتها . عليه فان زيادة الانتاجية لابد منها في مثل تلك الدول ، والتي تقع على عاتق مربي النبات .

في تحسين نوعية الحاصل :

يمكن لمربي النبات الاسهام في مد السكان عالمياً بالغذاء الجيد النوعية ، كما مدهم ويمدهم بالاصناف المحسنة العالية الانتاجية ، ان ذلك يشمل محاصيل الخضر والفاكهة ومحاصيل الحقل ، مثل زيادة نسبة البروتين وتحسين كلوتين الحنطة لجعلها خبازة افضل ، وتحسين كمية ونوعية العلف المنتج للحيوانات . ان تطور علم الكيمياء التحليلية مكن المربي من تحليل واختبارات الاف العينات في وقت قصير ، وذلك لمعرفة النبات الافضل في نسبة البروتين او الدهن او السكر او المعادن ... الخ . كذلك فان محاصيل العلف تحتاج الى تحسين قابليتها الهضمية في معدة الحيوان كي يستفيد منها الحيوان اكثر .

في تحسين النباتات لتحمل الشدود :

ان هذه المشكلة الزراعية اصبحت اكثر الحاحاً في العديد من دول العالم بسبب الحاجة المتزايدة الى الاعلاف ، وكذلك لغذاء الانسان من محاصيل وخضر وفاكهة ، ان الاراضي الواسعة في الصحاري من ذات المعدلات المنخفضة جداً من المطر (100 – 150) ملم في الموسم او العام ، يمكن الاستفادة منها عن طريقين ، الاول تربية محاصيل تتحمل الجفاف اكثر ، والثاني البحث عن مصدر لمد تلك الصحارى بالماء ، سواء بجمعه في بعض المناطق التي لاتصلح للزراعة ، او حفر آبار . كذلك الحال في الترب الملحية ذات الملوحة التي يمكن التعامل معها بتربية محاصيل علف متحملة لتلك الملوحة ، وربما مع غسل جزئي لتلك الترب ، او الزراعة في باطن المروز او استنباط محاصيل حشائش ذات جذر متعمق ومتشعب اكثر ليستفيد من الماء بصورة افضل من غيره ، اذ انه توجد عدة محاصيل حشيشية ولا سيما في الهند وباكستان تتحمل الملوحه العالية . اما الاراضي الصخرية او الحصوية او الشديدة الملوحة . فيمكن اعتمادها لانتاج الخبز ، وذلك بملئ اكياس بالتراب من مناطق اخرى ، ومد شبكة تنقيط للري ، وزراعة العديد من الخضر . اما الكلسية والجبسية فيمكن استخدام حفارات بقطر نصف متر وعمق متر ونصف وعمل حفر في الارض وملئها بالتراب لزراعة اشجار النخيل والفاكهة الاخرى .

الفصل الرابع

فــوق الوراثـــــة

استخدمت كلمة epigenesis على عمليات النمو والتشكل وتكوين الانسجة والاعضاء في الكائن الحي ، فيما استخدم تعبير genetics عن حالة نقل الصفات عبر الاجيال ، واستخدم حديثاً تعبير epigenetics على الجوانب العلمية الوراثية التي تحدث للكائن الحي في تغيير صفاته والتي لم تكن معروفة من قبل ، اي انها لاتخضع لقوانين الوراثة المندلية او السايتوبلازمية او الجزيئية . بعدها استمرت الابحاث في هذا الجانب في النبات والحيوان والانسان وتم استخدام تعبير epigenetic mechanism على حالة ميثلة DNA ، التي تمثل ارتباط DNA الخلية مع جزيئة مثيل CH_3 (DNA methylation) بعدها اصبح تعريف epigenetic بانه : تغيرات التعبير الجيني في الكائن الحي عند تمايز الخلايا المرتبطة بالانقسام الاعتيادي ، ثم انه وجد ان الانقسام الاختزالي يدخل كذلك في تلك التغيرات فقد عدل التعريف : الى التغيرات الوراثية المظهرية للانقسامات الاعتيادية

والاختزالية في الكائن الحي من دون تغيير تتابعات او عدد تتابعات DNA في ذلك الكائن !

لقد مرت العقود الماضية من البحث العلمي من دون معرفة الدور الحقيقي لمادة RNA من الناحية الوراثية وتاثيرها في الصفات الناتجة في الافراد ، حتى كان عام 2005 ، وتم التحقيق من دور sRNA (small) وعلاقتها مع تحورات الهستون (histone modification) وميثلة DNA ، وبالتالي العلاقة الوثيقة مع آلية فوق الوراثة . ان الهستون هو مادة بروتينية مسؤولة عن ربط DNA في خلايا الكائنات الحية الراقية والتي بالتالي تشكل نيوكليسومات الكروماتين . ان من بين اكثر آليات فوق الوراثة ماحدث ويحدث في الكائنات الراقية من حقيقة النواة (Eucaryotes) ، وهو افتراس التغايرات في النبات والحيوان والفطريات من قبل الفايرسات خصوصاً ما يسمى transposable elements (TE) و repeated elements (RE) التي تكونت من فعل تنظيم جين داخلي (endogenous) . ان امكانية تقطيع الجينوم لبعض الكائنات الحية اليوم ، نوصي بان الية فوق الوراثة لها دور كبير في فك الرموز للعديد من خواص الجينوم ، والتي تعد المفتاح الرئيس لفهمها . تم الى اليوم تسخيص ثلاث معلومات مهمة تحدث لتسبب نظام معلومات فوق الوراثة epigenetic information system = EIS وهي :

1. DNA methylation
2. Histone modification
3. RNA – inference = RNAi

تعد الالية الاولى الاكثر دراسة الى اليوم ، علماً ان الثانية مرتبطة بالاولى بسبب نشاط فعل الهستونات . تتركز ميثلة DNA غالباً في ميثلة السايتوسين cytosine فقط ! الا ان تحورات الهستون تشمل الميثلة والاستلة acetylation والفسفرة والريبزة ribosylation . اما النوع الثالث (RNAi) فلقد كان من المدهش اكتشاف جزيئات صغيرة جداً من RNAi يمكنها ان تنظم التعبير الجيني في الكائن الحي ، اما عن دور RNA الرئيس فلم يكتشف الا هذا العام (2019) لما تم التحقيق ان كافة الفعل الجيني في الخلية يخضع لسيطرة RNA وذلك بان يعطي اشارة للجين off او on !! . كما عرف عن mRNA وهو احادي الخيط انه يلعب دوراً فعالاً في التعبير الجيني عن طريق نقل معلومات بين DNA الخلية والبروتينات . من جهة اخرى فان tRNA و rRNA يقومان بنزع التشفير من mRNA ثم بدء العمل على الشبكة الاندوبلازمية بعد استلام الشفرة من rRNA .

لقد كان من بين الاكتشافات الهامة كذلك حول فعل القطع الصغيرة من sRNA ما اثبته كل من Mello وFire عام 2006 من ان جزيئات صغيرة بطول 21 -24 nt لها المقدرة على ترجمة او تحطيم mRNA في خلية الكائن الحي ! من اجل تلك

الاهمية لهذا الاكتشاف ، فقد منحا جائزة نوبل لاهمية الاكتشاف في حياة الانسان والحيوان والنبات ، من الامور التي عرفت كذلك هو ان الاليات الثلاث المذكورة لاتعمل بصورة مستقلة ، وانما تعمل بصورة متداخلة ، اذ تقوم كل من هذه الاليات اما بتقوية activation او اسكات silencing لبعض الجينات ، وينتج احياناً كروماتين غير فعال inactive بعد حدوث ميثلة الهستون او ازالة الاستلة de acetylation . تؤثر كذلك sRNA في تكوين هتروكروماتين ، فضلاً عن احداث الاسكات الجيني . استناداً لذلك ، فانه نتيجة لعمل الاليات الثلاث فانه ينتج اما زيادة التعبير الجيني للصفه او اسكاته . هذا وتعد آلية فوق الوراثة الى اليوم آلية دفاعية في الكائنات الحية تساعد في حفظ الجينوم من الضرر ، فتحفظ بذلك طبيعة النوع الوراثية خلال عملية التطور ، اذ انها تبقي جينوم الكائن في الخلية شبه ثابت .

اهمية فوق الوراثة :

تتعدى اهمية هذا العلم في النبات الى الانسان والحيوان ، ذلك ان فهم كيفية حدوث بعض التغييرات في جسم الانسان بهذه الصورة يمكن ان تعالج بها الحالة المرضية التي يعاني منها الشخص . ان التعامل مثلاً مع الخلايا الجذعية stem cells وعلاج الامراض المستعصية مثل السرطان ، يرتبط ارتباطاً وثيقاً في عدة حالات منه بآليات فوق الوراثة ، وظهور افراد جديدة في المجتمع ، وصفات جديدة في الافراد وهم لايزالون بنفس عدد وتتبعات قواعد DNA التي هم عليها اصلاً ! . يمكن القول اليوم ان الاحياء محكومة بعاملين رئيسين هما الوراثة وفوق الوراثة وان انظمة معلومات فوق الوراثة EIS تعمل في اتجاهين ، احدهما انظمة الاستجابة لعوامل البيئة والثاني التحول نحو حفظ النوع الى الاجيال اللاحقة. ان المعلومات التي جمعت في السنوات الاخيرة من ابحاث EIS اعطت مفاهيم جديدة عن امور علمية فان لها معنى اخر في السابق من بينها paramutation و transgene silencing و viral induced silencing ، وكذلك تاثيرات الجينوم تحت العديد من عوامل الشد سواء كانت biotic او abiotic . كذلك تدخل EIS في السيطرة على المسائل المختصة بتمايز بعض الصفات الهامة في النبات ووظائف المرستيم (= shoot apical meristem SAM) ووظائف الاعضاء واستجابة الجينوم لتاثيرات عوامل الشد .

ان من بين استخدامات EIS اليوم في تربية النبات وكذلك الوراثة الجزيئية ، اذ مثلاً تعد آلية EIS مهمة جداً في فهم حالة polymorphism للجينات التي احتلت موقعاً علمياً متقدماً في الابحاث العالمية اليوم ، ولاسيما عند استنباط الهجن لمختلف المحاصيل خصوصاً بعد شيوع استخدام GMC (GMO) الكائنات او المحاصيل المحورة وراثياً ، الامر الذي يوضح دور EIS في رفع كفاءة طرائق التربية . يحدث احياناً نتيجة لفعل بعض عوامل الشد حدوث اسكات جيني gene silencing في

بعض صفات الصنف نتيجة تاثير بعض تلك العوامل ، وهي آلية تقع ضمن EIS. عليه يمكن القول ان اهمية EIS تكمن في:

1. تسليط الضوء علمياً اكثر على هذه الالية لفهمها بدقة وكيفية تداخلها مع جينوم الكائن الحي في بعض الحالات ، وخاصة الجين المستهدف عند النقل الجيني وعلاقة ذلك بالجينوم ، وعلاقتها كذلك مع حالة ploidy وثبات مجتمع النبات الجديد من جيل لاخر ومن موقع لاخر .
2. للاجابة على بعض التحديات امام مربي النبات لدى تطوير صنف او استنباطه ، والدخول الى المستوى الجزيئي لذلك .
3. التعرف على دور EIS لدى تطبيع الاصناف في بيئة معينة من غير التي استنبطت فيها ، ولاسيما تحت مايحدث من تغيرات مناخية في السخونه الكونية وتغيرات معدلات سقوط الامطار ، وظهور الملوحة او الجفاف او الغدق ! . لقد عمل باحثون في هذا المجال ويمكن القول انه تأسيس علم جديد اطلق عليه Evolutionary Development Genetic = Evo –Devo وهو مختص بكشف التغاير المقصود في النبات (diversity)الذي يعد وحدة هامة في بناء جينوم النوع ، وسنحاول ايضاح ذلك في موضوع اخر .

: DNA methylation

يمكن ان تتوقف عملية الاستنساخ بحصول ارتباط CH_3 مع DNA الخلية او في الاقل يضعف العملية ، وبذا فان جينات الفرد سوف يتغير تعبيرها الجيني وتظهر صفات جديدة على الفرد لم تكن فيه سابقاً ، او ربما اختفت صفة منه بالمرة ، وكل ذلك من دون تغيير عدد او تتابعات نيوكليتايد DNA (nt) ذلك الفرد ، اما بالنسبة لكائنات حقيقية النواة ، فان ميثلة DNA على السايتوسين تلعب دوراً هاماً في تسكين فعل الجين ، وتنظيم الجينوم وثباته وتكوين الهتروكروماتين والاسكات الجيني وتثبيط فعل كروموسوم X وكذلك عناصر TE و RE وعمليات تشكل الخلايا المرستيمية وما يترتب عليها من وظائف ومظاهر في الفرد . اما في الانسان والحيوان ، فان من بين ابرز فعل لميثلة سايتوسين DNA هو اضعاف جينات مثبطة السرطان tumor suppressors التي قد تؤدي الى ظهور انواع السرطان في الفرد . مع ذلك فان الميثلة تعد اداة دفاعية فعالة في الحفاظ على جينوم الكائن الحي في كافة حقيقية وغير حقيقية النواة عبر مراحل التطور . تختلف الكائنات الحية في نسبة حدوث الميثلة ، فمثلاً تحدث في الحيوانات الفقرية على طول جينوم الكائن الحي ، على العكس من ذلك ، فانها تحدث في وحيدة الخلية واللافقريات والنباتات والفطريات على مواقع معينة فقط من الجينوم ! لقد وجد ان الميثلة التي تحدث في الثدييات يمكن ان تختفي ! مرة اخرى بحدوث ازالة الميثلة demethylation . ان حدوث الميثلة الجزئية لمادة DNA في النباتات والفطريات قد يعود الى الاختلاف

في طبيعة فعل TE الموجودة في خلايا هذه الاحياء عما موجود في خلايا افراد المملكة الحيوانية . لقد وجد مؤخراً في نباتات اذن الفار Arabidopsis thaliana نوع من الميثلة مبعثرة داخل جينوم الخلية ، وهذه المواقع (CG) كانت فاقدة لطرف DNA(5^-) ، كما ان مثل هذه الميثلة تحدث في مواقع معينة اخرى على الجينوم ، ونظراً لكونه methyl cytosine (5mc) قابلة للتطفير (mutagenic) ، فقد وجد ان الجينوم تنقصه CG dinucleotide مع زيادة في عدد CG trinucleotide . من الجدير بالذكر ان الثدييات يمكن لها ان تزيل او توقف تاثير الميثلة خلال عمليات تشكل الاجنة (embryogenesis) ، فيما تورث النباتات هذه الميثلة الى الاجيال اللاحقة من خلال عملية meiosis ، وتسمى الجينات المسؤولة هذه عن الميثلة epialleles ، وهي مختلفة مظهرياً عن الافراد الاصلية اكثر مما مختلفة وراثياً ! .

وجد في الذرة الصفراء ان الطور الخضري له مقدرة عالية على تنظيم آلية فوق الوراثة من الاليل المسمى p_{1-} blotched حيث ينتهي النبات الناضج باكتمال حدوث الظاهرة فيه ، وهذا ما حدا ببعض الباحثين الى الاعتقاد بان فوق الوراثة تسيطر عليها ايعازات (signals) مرتبطة بطبيعة الطور الخضري ،علماً ان الجين المذكور (p_{1-} blotched) مسؤول عن انتشار صبغة داكنة على غلاف الحبة بصورة غير متجانسة .

انزيمات الميثلة :

يمكن ان تحدث الميثلة بعائلة معروفة من الانزيمات هي عائلة methy =MT transferase وهما مجموعتان تحددان طبيعة الميثلة :

1. MTase : يحفظ الميثلة ولاسيما على موقع 5mc للاجيال اللاحقة ، وميثلة C بجوار 5mc على الخيط التكميلي .
2. deno MTase : وله المقدرة على نقل مجموعة مثيل الى السايتوسين (C) من DNA ثنائي الخيط غير مميثل في بعض الاحيان ، يمكن ازالة الميثلة بآلية معلومة او غير معلومة . تحدث الميثلة بشدة في الزراعة النسيجية ، ولاسيما مع زراعة الاجزاء المرستيمية ، ومثل هذا يحدث في حالة سرطان الانسان . وجد في الثدييات والطيور مشاركة انزيمات في حدوث تلك الميثلة ، مثل انزيم 5mc – DNA glycosylase . وجد كذلك ان حوالي ثلث جينات نبات اذن الفار كانت فيها ميثلة في مناطق الاستنساخ ، فيما كانت نسبة 5 % من الجينات فيها ميثلة في مناطق التحسس (promoter regions) ان الاخيرة لها ظهور في النبات البالغ اكثر . ان ميثلة C لها المقدرة اكثر على ازالة الامين (deaminate) من القاعدة T . كانت اولى الملاحظات حول قابلية التطفير في الموقع 5mC هي في بكتريا *E. coli* .

:Modification of Histones

ذكرنا سابقاً ان تحورات الهستون هي واحده من اسباب فوق الوراثة بجانب ميثلة DNA . يحدث انضغاط في الكروماتين فيطلق عليه heterochromatin سواء حدثت فيه ميثلة للسايتوسين او لم تحدث . يمتلك هستون حقيقة النواة جزيئات (octamers) تتكون كل منها من قطعتين كل منها تحوي الهستونات H_2A و H_2B و H_3 و H_4 . تشكل هذه بمجموعها وحدات بروتين الهستون الاساسية التي تحيط بها مادة DNA يلتف حول جزيئة كل octamer الهستون فتتكون من ذلك nucleosomes التي تنضغط عند حدوث التحور الكروماتيني . هنالك ثمان وحدات من جزيئات الهستون نتوقع ان يحدث فيها ميثلة او استلة او فسفرة او ريبزة او ubiguitination ، وبذا نتوقع ان تكون توليفات الهستون المحورة باعداد كبيرة وان السيطرة عليها لها طرائق عدة كذلك . لقد قدر بعض الباحثين ان الميثلة فقط قد يصل عددها في الفرد لغاية عدة بلايين ! علماً انه يوجد هناك 24 موقعاً على DNA يمكن لها ان تتميثل (17 لايسين و 7 ارجنين)، وربما كان اللايسين مميثلاً بموقع واحد او اثنين اوثلاثة ، فيما يُميثل الارجنين غالباً بموقع واحد ، ان ذلك كله تترتب عليه اختلافات واسعة في التمثيل الغذائي والية فعل الانزيمات والتي تنعكس بالتالي على مظهر الفرد ومن دون تغيير عدد او تتابع nt في DNA الفرد !! . ان من بين اشهر الميثلة على الهستونات هي ميثلة الهستون H_3 مع اللايسين 4 (H_3K_4) وكذلك لايسين 9 (H_3K_9) ولايسين 27 (H_3K_{27}) ولايسين 79 (H_3K_{79}) . اما بالنسبة لميثلة هستون 4 فان من بين اشهرها (H_4K_{20}) والذي يشيع حدوثه في خميرة الخبز والدورسوفيلا والثدييات بما فيها الانسان فضلاً عن النباتات .

عندما ينضغط (compacted) الكروماتين ويطلق عليه هتروكروماتين فانه يكون غير فعال (inactive) وذلك لما تحدث فيه الميثلة ، اما في حالته الطبيعية (euchromatin) فانه فعال (active) وغير منضغط ، وهذا يكون في الهستون و DNA ، ويصح ذلك بشكل خاص على كل من H_3 K_9 وH_3 K_{27} وH_3 K_{79} و H_4 K_{20} ، وبذا فانه نتيجة للميثلة يحدث عادة الاسكات الجيني (gene silencing) اما لو حدثت ميثلة على الكروماتين وبقي نشطاً ، فان الجين يبقى فعالاً في تعبيره .

: RNA – based control mechanisms

لقد امضى الباحثون عدة عقود من الزمن وهم يتحدثون عن دور RNA في ظل فعل DNA !! وذلك من خلال mRNA في استنساخ المادة الوراثية حتى عام 2005 ، اذ اوضح karp و Ambros الدور الكبير لجزيئات RNAi في طبيعة الفعل الجيني وتنظيم الجينوم والسيطرة على العديد من جوانب دورة حياة الخلية في الكائنات الحية . لقد كانت النتائج التي حصل عليها هذان الباحثان مدهشة ومفاجئة

للباحثين ، اذ ان جانباً هاماً من تنظيم فعل الجينات كان مخفياً تماماً عن الباحثين طيلة السنين الماضية وحتى اكتشاف sRNA والمعلومات القيمة كذلك التي حصل عليها كل من Mello وFire عام 2006 ونيلهما جائزة نوبل بذلك (في الفسلجة والطب) . هذا وقد عقد مؤتمر خاص حول RNAi هذا العام 2019 في اليونان ، وتم اكتشاف امراً هاماً ولاول مرة حول دور RNA لاول مرة هذا العام 2019 ، اذ وجد الباحثون ان RNA هي المفتاح للسيطرة على كافة فعل الجينات في الخلية لتكون off او no !! وكان هذا الحدث مدهشاً جداً لكل الباحثين المعنيين بفوق الوراثة والوراثة الجزيئية وتربية النبات. يعتقد الباحثون ان جزيئات RNA المزدوجة الخيط (dsRNA) يمكن ان تنتج من خلال بعض الاليات ، من بينها استنساخ عناصر TE و RE وكذلك من استنساخ بعض تتابعات DNA ، وبعد ان تتكون هذه الجزيئات (RNAi) فانها تدخل في معقد (RISC) و (RITS) ، ثم بعدها تكون RNAi اكثر انتشاراً في خلية نسيج الفرد سواء في النبات او الحيوان ، فتدخل في السيطرة على العديد من انشطة الفعل الجيني سواء بايقاف الاستنساخ او بمنع اندماج بعض الجزيئات الهامة من البروتينات والمواد الجزيئية من الجينوم .

التداخلات الثلاثية لالية فوق الوراثة :

لدى توصيف حالات ميثلة DNA وتحورات الهستون وفعل RNAi و RNA ، بل وحتى اثبت ان بعض السكريات وبعض الاحماض الامينية حديثاً جداً ، لها دور هي الاخرى في بعض اليات فوق الوراثة . ان فعل هذه الاليات جميعاً هو متداخل ، وقلما يمكن التحري عن فعل واحد منها بصورة مستقلة وذلك بحسب ما يتوفر اليوم من تقانات خاصة بمثل هذه الامور ، ذلك ان فعل هذه الاليات هو من النوع المعقد الحدوث والكشف والتشخيص . ان ميثلة DNA وتحورات الهستون تؤديان الى ضغط الكروماتين واسكات الفعل الجيني ، والتي غالباً لايمكن تتبعها بالدقة المطلوبة . اظهرت نتائج ابحاث حديثة ان الاليات الثلاث الرئيسة في فوق الوراثة هي متلازمة الحدوث بين كل واحد منها ، وكما اشرنا سابقاً بحسب التقانات المتوفرة اليوم للاختبار ، اذا اخذنا مثلاً ميثلة DNA فان بروتينات 5mc ليست فقط تشخيص وتحدد مع ميثلة DNA ، وانما تكون معقدات مع عوامل اعادة تشكيل الكروماتين ، فقد وجد مثلاً ان ارتباط احد بروتينات 5mc مع 5mc يؤدي الى ميثلة H_3K_9 الذي يورث للجيل اللاحق من خلال تكرار DNA . وجد كذلك ان تحورات الهستون تؤثر في ميثلة DNA ، وام ميثلة H_3K_9 قد ادت الى اسكات الكروماتين ، وبالتالي اسكات الاستنساخ ، علماً ان siRNA تلعب دوراً هاماً في ذلك فضلاً عن ترجمة او تخليق او تدمير RNA ! هذا ويوجد لحد اليوم اكثر من 50 طريقة للكشف عن آليات فوق الوراثة صنفت غالباً في ثلاث مجاميع .

الاولى : مخصصة لدراسة الميثلة العامة التي يطلق عليها global methylation .

الثانية : مخصصة لدراسة ميثلة تتابعات جينات معلومة ، وتعتمد استخدام مركبات bisulfite وpermanganate وغيرهما لتحديد درجة الميثلة على موقع معين من سايتوسين – كوانين (CG) .

الثالثة : هذه المجموعة مخصصة بدراسة biomarkers وذلك للكشف عما يسمى methylation cytosine hot spots ومن دون الحاجة لمعرفة تتباعات DNA العينه المدروسه ، هذا ولابد من الاشاره ان عدة طرائق من هذه المخصصه للكشف عن الاليات فوق الوراثه تعمل على مستوى الجينوم .

بدايات العمل في فوق الوراثة :

كان اول من تحدث عن العناصر المنتقلة TE (mobile DNA) هي الباحثة MeClintock وذلك في بداية الخمسينات ، ولكن لم يعرف عنها شيء يذكر طيلة الخمسين عاماً اللاحقة ، حتى تم تشخيص ذلك منذ سنوات انها (TE) تقع في مجموعتين retro transposons و DNA transposons ، تدخل الاولى في استنساخ DNA لنسخة جديدة من TE ،ثم باستخدام انزيم الاستنساخ المعاكس reverse transcriptase تتحول هذه الى مادة DNA وتتخذ لها موقعاً جديداً على احد الكروموسومات ! يمكن لقطع retro transposons ان تتكاثر وتحدث طفرة مستقرة ، وعلى العكس من DNA transposons التي تتحرك على شكل قطع DNA .ينظر بعض الباحثين الى قطع TE و RE على انها جزيئات DNA من نوع junk !! لها المقدرة على احداث الامراض في الكائن الحي ، فيما ينظر اليها اخرون على انها ادوات هامة جداً في الحفاظ على جينوم الفرد خلال سنين التطور الطويلة ، اذ انها توجد بعدة ملايين في الخلية الواحدة سواء في النباتات او افراد المملكة الحيوانية ، ويقدر وجودها في خلية جسم الانسان بحدود ثلاثة ملايين قطعة ! ان تغايرات الخلايا الجسمية في النباتات هي نتيجة فعل TE ، ويمكن ان يكون لها دور فاعل كذلك في تحمل هجمات المسببات المرضية ، اذ ان تلك التغايرات تظهر على بعض النباتات المتحملة للامراض نتيجة فعل TE. يمكن مشاهدة بعض اغصان او أفرع بعض الاشجار او نبات يستمر بالنمو والنشاط فيما يحدث توقف للنمو او تساقط الاوراق في الافرع الاخرى ومن دون وجود مرض يذكر ! ان الاقلام من مثل هذه الافرع النشطة يمكن استخدامها في الاجيال اللاحقة للحصول على مادة

وراثية جديدة تتحمل ظروف الشد التي ماتت فيها افرع ذات الشجرة سابقاً ، وذلك باكثارها خضرياً ، ويصح ذلك لحد ما أذا كانت ذاتية التلقيح . تقاوم نباتات بعض اصناف الذرة الصفراء ضرر بعض عناصر TE بسبب حدوث آلية فوق الوراثة فيها فتحميها من الضرر ، وربما يعود ذلك الى كون عناصر TE في مثل هذه الحالة هي من النوع inactive . لقد درست عناصر TE و RE في الذرة الصفراء بصورة اوسع من غيرها من النباتات وسوف تستمر مثل تلك الابحاث عليها لسهولة امكانية ملاحظة مايحدث من فعل لتلك العناصر في تغيير بعض صفاتها ، والتي لايزال الكثير منها غير معلوم .

فوق الوراثة وتحمل الشدود :

قد تتعرض بعض النباتات خلال مراحل نموها الى ضرر بعض عوامل الشد الحيوي واللاحيوي ، ونظراً لكون النباتات ثابتة في الارض لاتستطيع الهرب مثل الحيوان ، فقد تطورت فيها آليات لتحمل بعض تلك الشدود ، اذ انها تمتلك خاصيات لانتاج هرمونات او انزيمات دفاعية افضل مما هو موجود في افراد المملكة الحيوانية . من بين ذلك ما تحتويه من مضادات الاكسدة antioxidants ومضادات البكتريا والفطريات antimicrobial ، فضلاً عن مركبات ذات فعل هرموني او انزيمي تجعلها تتحمل اضرار تلك الشدود وتتعايش معها ، مثل البروتينات والسكريات وعلى شكل انظمة معروفه مثل proteomic و metabolomics من نوع genomic تجعل النبات يحور نفسه جزيئياً بآليات معينة كي يتحمل تلك الشدود ، وذلك مثل تحور الكروموسومات او فقدان بعض القطع او حتى فقدان او اكتساب بعض النيوكليتايدات فيها ، وذلك بفعل بعض عناصر TE وRE .

Paramutation في النبات :

هي طفرة من نوع فوق الوراثة لفرد في حالة haplotype يسببها اسكات جيني موروث بفعل اليل ضد الاخر .

Paramutable : الاليل الذي يسكت بفعل الاليل المضاد الذي يطلق عليه paramutagenic، فاذا اسكته اصبح الاليل paramutated
paramutagenic gene : الاليل الذي يسكت نظيره الاخر فيكون paramutable
تعد هذه الحالة من الفعل الجيني انموذجاً مثالياً لالية فوق الوراثة وتسمى هذه الجينات epialleles . يمكن ان تنعكس ذريات هذا النوع من التزاوج على الاجيال اللاحقة لانها صفة موروثة ، فيستفيد منها مربي المحصول اذا كانت الصفة مرغوبة لديه .

تحدث هذه الظاهرة بصورة واضحة في الذرة الصفراء ، ولابد ان يكون الموقع الجيني في حالة heterozygous= haplotype ، اذ ان كل اليل من الاليلين له فعل مغاير للصفه ، وهي غالباً في صفات اندوسبيرم الحبة ، فيكون احد الاليليلن paramutable والمضاد له بالفعل يكون paramutagenic . ان وراثة صبغة الانثوسيانين على اوراق او سيقان او حريرة او نورة الذرة الصفراء او حبوبها هي انموذج جيد لهذه الالية يعطي الرمز $\overline{B}$ paramutagenic لعديم الانثوسيانين ، فيما يعطي الرمز B - I (paramutable) للذي يمتلك صبغة الانثوسيانين ، وبذا فانه بوجود هذين الاليلين على ذات الموقع الجيني تختفي صبغة الانثوسيانين من ذلك الجزء من النبات بفعل وجود الاليل $\overline{B}$. تم التحقيق كذلك من وجود أليل آخر (b_1) يعمل مثبتاً stabilizer للصفة كي تظهر في الفرد المذكور ، علماً ان هذا الاليل (b_1) هو اليل محايد (neutral)للصبغة ، انما يثبتها ان كان هناك الاليل المسؤول عن ظهورها ، وبذا نلاحظ ان سلوك هذين الاليلين ، والاليل الثالث كذلك يختلف عما هو معلوم في الوراثة المندلية والسايتوبلازمية .

الفصل الخامس

الطـــبعة الابويـــــة

يطلق اصطلاح الطبعة الابوية parental imprinting او تسمى كذلك التعبير الابوي على حالة وجود اليل واحد فقط من الاليلين يسيطر على الصفة الناتجة من ذرية تضريب ابوين مختلفين في اليلي الصفة . تنتج هذه الحالة من فعل فوق الوراثة التي من المفروض ان تحدث خلال الانقسام الاعتيادي ، اذ يحدث فيه اسكات لاحد اليلي الصفة لاحد الابوين وبذا تظهر صفة الاب اوالام بحسب وجود الاليل paramutagenic فيهما من دون مشاركة من فعل الاليل الاخر paramutable ، على الرغم من انتقال الاليل وراثياً من الاباء الى الابناء ، ومن دون علاقة ذلك

بالوراثة المندلية او السايتوبلازمية المعروفة . وجدت ظاهرة الطبعة الابوية في كل من النبات والحيوان على السواء . لقد كان اول جين عرف في الحيوان هو جين عامل النمو insulin – like growth factor 2 وذلك خلال عام 1991، وبعد تشخيص هذا الجين في الحيوان بدأ النشاط البحثي في هذا الجانب على الانسان ، وقد وجد في الفئران ان معظم الجينات من ذات الطبعة الابوية انها تتجمع في منطقة معينة على DNA سميت cluster of imprinted genes وتحوي فيها الميثلة ، وكذلك حتى الجزء القريب فيها ! بعد ذلك ، اجري اختبار مماثل على بعض الثدييات ، فوجد ان ميثلة DNA كانت على طول منطقة من الجينوم بطول 100 kbp واطلق عليها منطقة سيطرة التعبير imprinted control region = TCR وتقوم بوظيفة التعبير الجيني . اما في النباتات ، فان الطفرات التي تحدث سواء على مستوى الامشاج (gametophytic) او على مستوى النباتات (Sporophytic) فهي اساساً من نوع الطبعة الابوية ، وكما اثبت هذا على نبات اذن الفار (Arabidopsis) . كان من بين الجينات ما اطلق عليه (Fis) وهو مرتبط بفعل الام للصفة والتي تلعب دوراً هاماً في تشكل البذرة ، وكذلك جينات MEA وFIE و FIS_2 وغيرها . تم تاكيد فعل جينات FIS_2 انها تعمل من خلال تنظيم الاستنساخ ، فتؤثر بذلك في التعبير الجيني في الجيل الاول من التضريب . ان بعض جينات هذه المجموعة يعمل بعد حدوث الاخصاب ، الامر الذي يشير الى ان فعل فوق الوراثة على مستوى الانقسام الاختزالي او الامشاج ليس له دور واضح في هذه الحالة ، وانما يكون الفعل خلال تشكل الجنين ثم النبات الناتج منه لاحقاً وذلك خلال عمليات الانقسام الاعتيادي . هنالك انزيم يسيطر على نشاط اليل الام قبل الاخصاب يطلق عليه DNA glycosylase وعلى الاليل المسمى MEA . تم عزل اربعة اليلات ($mt_4 – mt_1$) تعود للانزيم methyltransferase وهي اليلات طافرة ، ولذا اعطيت حروف صغيرة ، ومن المعتقد ان MET_1 مثلا (الاليل الاصلي غير طافر) هو ضروري للمحافظة على ميثلة السايتوسين للمحفز MEA . لوحظ كذلك انه في الاليل FIS_2 ولاجل التعبير الابوي لابد من حدوث ميثلة DNA ، وانه من دونها لاتحدث ظاهرة التعبير الابوي للاليل المذكور للصفة التي يسيطر عليها.

اما بالنسبة للتعبير او الطبعة الابوية في صفات سويداء حبة الذرة الصفراء ، فان الجين MEA المعبر عنه باليل الام يقوم بالمحافظة على اسكات اليل الاب ، وبذا يظهر تعبير اليل الام من دون فعل اليل الاب في صفة السويداء . هنالك حالة اخرى تحدث كذلك في سويداء حبة الذرة الصفراء وبتأثير الجين FWA المرتبط بفعل MET_1 . ان طرف $\overline{5}$ لمنطقة من FWA تحوي تتابعات معادة وذات ميثلة عالية في كافة الانسجة ، باستثناء النسخة التي تعود الى نسخة FWA التي تكون ذات ميثلة واطئة ! . ان الاختلاف في هذه الالية في التعبير الابوي بين النباتات والثدييات هي ان النباتات يحدث فيها التعبير الابوي للجينات مثل MEA وFWA نتيجة ميثلة

جينات معينة وعدم ميثلة اخرى فيظهر التعبير الابوي ، بينما في الحيوانات الثديية ، فان الميثلة تكون ذاتية الحدوث (de novo) ، اي لايعرف لها محفز وماذا يجري له ، وبذا فان التعبير الابوي ينتقل الى الذرية في النباتات بسبب اختلاف الميثلة ولاينتقل في الثديات بسبب تماثل درجة الميثلة ، اذ انها تتخلص منها بطريقة ما خلال مراحل تشكل الاجنة.

ان الذي يحدث في النباتات يعتمد على فعل انزيم DNA glycosylase في امشاج الام التي تحدث فيها الميثلة ، وبفعل هذا الانزيم بالذات ، اي ان الاليل الذي تُزل منه الميثلة هو بمنطقة 5DNA- للجين (FWA مثلا) الذي ظهر انه يحتوي على قطعة retro transposon تتماثل مع قطعة siRNA ، ونحن نعلم ان فوق الوراثة تستند الى ثلاثل اليات اساسية متداخلة في فعلها غالباً وهي DNA methylation و siRNA وhistone modification . من الجدير بالذكر انه لما يحدث التعبير الابوي لسسويداء الحبة فانه ليس من الضروري حدوث ذلك في صفات الحبة كلها ، لان ذلك يتطلب ميثلة جيناتها سواء كانت من الام او من الاب ، وازالة ميثلة الاليل المناظر لها ، وان مايحدث في سويداء الحبة غير مرتبط بالضرورة بصفات الحبة الاخرى مالم يحصل فيها نفس الامر . يمكن ان تحدث ميثلة في الزايكوت او في خلايا السويداء على مستوى الاستنساخ وذلك عن انقسام الخلايا للنمو والتشكل والاسكات الجيني المسبب عن الفايرس (VIGS). هنالك الاسكات الجيني المسبب عن مرض الفايرس virul – induced gene silencing يحدث في كثير من النباتات ، وذلك من خلال اصابتها ببعض الفايرس التي تكون جينوماتها اما dsRNA او sRNA او dsDNA اوsDNA !، ويقدر انه بحدود 90% من الفايروسات النباتية تمتلك ssRNA التي يمكن ان تتضاعف من خلال فعل RNA- dependent RNA polymerase =RDRP فينتج بذلك dsRNA التي لها المقدرة على احداث الاسكات الجيني من نوع sense او antisense . استخدمت آلية VIGS في الطماطم مثلا لاسكات فعل جين الاثيلين . هذا ولاجل ان تحمي الفايروس نفسها من التدهور ، فقد طورت مواقع RNAi تمنع RNAi النباتية من الاضرار بها ! فضلاً عن مقدرتها في اصابة النبات الامر الذي يحفظ لها ايقاف فعل النبات ضدها والذي قد يحدث بعد عملية الاستنساخ (PTGS) . ان هذا يمكن الفايرس من البقاء على النبات والتكاثر لمدة طويلة عليه .

اسكات الجين المنقول :

عمل الباحثون على تطوير تقانات تسهل ادخال جينات غريبة الى النبات الهدف المراد نقل الجين اليه لاضافة صفة له مثلاً ، وبذا نجد انه ظهرت نباتات محورة جينياً transgene plants تحمل مقاومة عالية لبعض الامراض والحشرات ، فضلاً عن امتلاكها نوعية جيدة من الحاصل . كذلك عمل الباحثون على انتاج لقاحات vaccines ضد العديد من الامراض التي قد تصيب الانسان ، وبكلفه واطئة جداً عن

طريق اعتماد الجين المسؤول عن ذلك العقار . هذا وعلى الرغم من نجاح بعض الباحثين في نقل بعض الجينات الهامة الى اصناف النباتات ، فان النقل الوراثي لم يحالفه النجاح دائماً ، وقد يعزى ذلك الى وجود فعل من فوق الوراثة الذي يقوم بالاسكات الجيني transgene silencing لفعل الجين المنقول سواء عند الاستنساخ (TGS) او بعده (PTGS) وذلك بفعل ميثلة DNA.

آلية فوق الوراثة وتشكل النبات :

هنالك اعداد كبيرة من الجينات تتحكم بصفات الكائنات الحية سواء الصفات المظهرية او التشريحية او الوظيفية او الكيمياوية . هنالك بعض الجينات تكون متشابهة بين بعض الكائنات الحية واخرى مختلفة تماماً ، وبقيت معها خلال الاف السنين من مراحل تطورها . هناك جينات لها توارث كامل وهناك لها توريث ، وهناك آليات فوق الوراثة تتداخل مع بعض تلك الجينات .

تمتلك كافة النباتات ، وخاصة في مراحل نموها الاولى مرستيماً طرفياً واحداً يتكون من عدة خلايا ومتخصص بانتاج خلايا ذات وظائف مختلفة ، وهو يشبة بذلك الخلايا الجذعية stem cells للميتازوا التي تعد (histogenic) اي ان لها المقدرة على انتاج نفس النسيج المتخصص ، وهذا من حيث التماثل ، اما من حيث الاختلاف ، فان مرستيم النبات يقوم باعطاء نسيج للاوراق وآخر للازهار وافرع للنمو ، بينما في الحيوانات فان هذه الاعضاء قد تكون مختلفة جينياً ، وبذا فهي تنمو وتتشكل الى العضو المختص ولاتتكاثر . من جهة اخرى فان هذا التخليق موجود في بذور النباتات على المستوى الجيني كذلك ، وبزراعتها تعطي تلك الاجزاء النباتية الاولية خلايا تنمو لتكون ذلك العضو ، ولكن الاعضاء الجديدة تتكون لاحقاً . كذلك هناك فرق آخر بين النباتات غير محدودة النمو ومحدودة النمو تختلف بها عما موجود في الحيوانات ، اذ ان هذه النباتات تستمر بالنمو واعطاء اعضاء جديدة ، فيما يتوقف الحيوان عن اعطاء مثل ذلك النمو لما يكتمل نضجه ، ولايتغير منه سوى انتاج خلايا جديدة تحل محل القديمة ، او خلايا تضاف للخلايا القديمة لزيادة الوزن من دون تكوين اعضاء جديدة فرق اخر كذلك هو ان الحيوان له القابلية على الانتقال وتغيير بيئته التي يحس انها لاتناسبه ، فيما يبقى النبات ثابتاً في الارض لايستطيع الهرب من تلك البيئة اذا كانت غير مؤاتية لنموه الامثل ، وبذا فان النباتات قد طورت آليات خاصة بها للدفاع عن نفسها في تحمل اضرار تلك الشدود افضل مما موجود في افراد المملكة الحيوانية ، وفي كل تلك المراحل من النمو هنالك آليات من فوق الوراثة لها دورها في ذلك .

تشكل الجزء الخضري في النبات :

تمر النباتات الزهرية بعدة مراحل خلال دورة حياتها ، والتي يمكن ايجازها بمرحلتين جنينية embryonic وبعد الجنينية postembryonic ، والجنينية فيها مرحلتان ، مبكرة ومتاخرة ، اما بعد الجنينية ففيها ثلاث مراحل البادرة والمبكرة juvenile والبالغة adult والتكاثرية reproductive والمقصود بالبلوغ دخول النبات الطور التكاثري بعد انتقاله من الطور الخضري ، ولما يكون النبات في الطور التكاثري فانه يكون قد اكمل تكون الجذور والسيقان والاوراق والازهار وبعض البذور . هذا ويمكن ان نقسم الطور الخضري الى مرحلتين في النمو هما مرحلة البادرات ثم مرحلة الاستطالة ، فيما يشمل الطور التكاثري تكوين الازهار وحدوث التلقيح والاخصاب والنضج .بالنسبة للنمو الخضري فانه يستند اصلاً الى المرستيم shoot apical meristem (SAM) ، وهو يتكون في معظم النباتات من مئات من الخلايا الجذعية ، كما انه (SAM) فيه عدة اجزاء هي :

1- المنطقة المركزية central zone = CZ ، اذ تتكون الخلايا الجذعية من هذا الجزء ، ويكون موقع (CZ) في طرف المرستيم وليس قي وسطه كما قد يفهم من التسمية .
2- المنطقة المحيطة (peripheral zone= PZ) وتتكون من خلايا منطقة (CZ) وهي اسرع انقساماً من خلايا منطقة (CZ) ، ومنها تتكون خلايا مناشيء الاوراق leaf primordial والازهار flower primordial .
3- منطقة مرستيم العروق (rib meristem = RM) وتقع مباشرة اسفل منطقة (CZ) ، ومنها تنشأ خلايا الساق . اما المرستيمات الاخرى فتنشأ من منطقة (PZ) وهي تتأثر كثيراً بعوامل النمو اذ تنشط بوفرتها ، وتقل بضعفها . ان هذه المرستيمات يطلق عليها الجانبية axillary وهي التي تعطي الازهار والبذور لاحقاً . يؤثر (SAM) في نمو هذه المرستيمات ، فقد تدخل في طور السبات تحت ظرف معين او تنشط تحت ظرف افضل . عليه فان هذه الظاهرة تعطي مرونه لحياة النبات ليبقى حياً فيكمل دورة حياته ، علماً ان سيطرة المرستيم الرئيسي على نمو بقية المرستيمات يطلق عليه apical meristem dominance .

ان نشاط المرستيمات الطرفية (axillary) تتحكم به عدة عوامل استنساخ من بين اهمها MYB و bHLH ، ويرتبط الاخيران بتحت عائلة sub- family من عوامل الاستنساخ من بينها المسمى (HD- zip) ، وهي عبارة عن مجاميع بروتينية لها جينات خاصة بها مسؤولة عنها وعن نشاطها وايعازاتها . يمكن لهذه المجاميع البروتينية ان تعطي ايعازات بالسيطرة على نمو او ايقاف نمو هذه الافرع من بين تلك البروتينات ما اطلق عليه more axillary growth = MAX وكذلك (Rumous = RMS) . لقد وجد في الذرة الصفراء ان الجين (TB_1) يحد من ظهور الافرع الجانبية للنبات . كما عرف مثل هذا الجين في نباتات محصولي الرز والطماطم .ان هذا الجين في الذرة الصفراء قد انحدر من احد اجدادها (teosinte) ، علماً ان النباتات الاخيرة متفرعه جداً ! ولكن هذا الجين هو الصورة المتغلبة منه

ليعطي عند وجوده نباتاً بساق واحدة من دون افرع . يعود هذا الجين الى عائلة جينات استنساخ مثل barren stalk = BA و Ramosa = RA ، اذ يعطي الجين الاول نباتات الذرة الصفراء من دون عرنوص بالمرة! فيما يعطي الثاني عرنوصاً فيه حبوب غير منتظمه في صفوفه . ينظر بعض الباحثين الى هذه المجموعه من الجينات انها من النوع heterochronic اذ تكون انزيماتها او مركباتها الناتجة بسببها اساسية لحدوث تشكل معين في وقت معين من حياة النبات.

ان انتقال النبات من الطور الخضري المبكر juvenile الى البلوغ ومن الاخير الى التكاثري يخضع لفعل جينات معينه تسيطر على انزيمات وهرمونات مختلفة الفعل ولها اهميتها في حياة النبات وبحسب الصنف والنوع والجنس . ان من بين اشهر الهرمونات النباتية الشائعة هي GA وABA وغيرها ، فضلاً عن وجود عملية الارباع vernalization التي تحتاجها بعض النباتات حتى تدخل في طور التزهير، ولها كذلك جينات معينة تتحكم بها . تؤدي الجينات بفعلها الى انتاج mRNA بحسب وفرة عوامل النمو ، فيؤدي ذلك الى انقسام خلايا معينة في وقت معين ليتكون بذلك النسيج النباتي والعضو . نجد مثلاً ان تشكل السطح السفلي والعلوي للاوراق تسيطر عليه جينات يتحكم بها (SAM) ، اذ تظهر مناشىء الاوراق من (SAM) ثم تبدأ بالانقسام والنمو ، ولكي تتحدد اوجه الورقة لابد من حدوث توازن يطلق عليه adaxial –abaxial polarity ، اذ وجد مثلاً انه لدى ازالة مناشيء الاوراق الاولى ، فان النبات يعطي اوراقاً ممتدة العروق ولايتضح فيها وجها الورقة ! يعلل ذلك لغياب ايعازات SAM التي قد تكون اختفت بازالة تلك المناشيء . مع ذلك فان كل تلك العمليات خاضعة لفعل جينات معينة قد تدخل فيها اليات فوق الوراثة . تم تشخيص العديد من الجينات المسؤولة عن هذه العمليات في نبات اذن الفار ، فضلاً عن تشخيص بعض اليات فوق الوراثة معها كذلك.

التزهير :

ان مجموعة جينات آلية التزهير كبيرة جداً ، وليست مثلما كان يعتقد البعض انها بضعة ازواج فقط . يتحكم بانتقال النبات من الطور الخضري الى التكاثري فعل فوق الوراثة ، وبالذات بروتينات PcG ، فضلا عن عوامل تنظيم الكروماتين . ان من بين اكثر النباتات دراسة في هذا الجانب هو نبات اذن الفار ،اذ اوضحت نتائج الابحاث علاقة مجاميع جينات بروتينات MEA و FIE وFIS_2PcG وAG وغيرها مع آلية التزهير في هذا النبات ، والذي من المتوقع ان يكون في نباتات اخرى كذلك . تتضمن عملية الارباع مثلاً ، تعريض النبات الى درجات حرارة منخفضة (2-6 م°) لمدة من الزمن ، فيساعد ذلك النبات على حدوث التزهير ، وغالباً ماتكون هذه النباتات من النباتات الشتوية . ان كلمة ارباع vernalization مشتقة اصلاً من كلمة لاتينية vernus بمعنى ربيع . ان المرستيم هو العضو الاهم

في عملية الارباع ، اذ تتحفز خلاياه وتنشط فيحصل التزهير وما تترتب عليه من ايعازات مختلفة .

وجد في نبات اذن الفار ان اهم موقع مسؤول عن الارباع هو موقع التزهير (FLC) flowering locus ، اذ ان هناك اكثر من موقع لالية التزهير . يرتبط موقع FLC بجينات استنساخ تعود الى العائلة MADS- box وتقوم اساساً بتثبيط التزهير في مرحلة التحول من الخضري الى التكاثري ثم بعد ذلك تكون هناك ذاكرة (memory) تحفظ معلومات تحفز النبات على التزهير في المراحل المتاخره من الطور الخضري ، شخصت جينات VRN_3 و VRN_2 وVRN_1 وكل منها له دور معين خلال حياة النبات ، فمثلاً VRN_2 و VRN_1 مسؤولان عن اسكات جينات التزهير للموقع FLC ، فيما يرتبط VRN_3 ببروتين PHD المرتبط اصلاً بالية فوق الوراثة لاحداث ميثلة الهستون . من جهة اخرى فان الحالة المتنحية لهذه الجينات تعمل باسلوب اخر عندما يدخل النبات الطور التكاثري ، اذ انه غالباً ما ترتفع درجات الحرارة بعد تلك المرحلة من التزهير . هنالك تداخلات عدة وراثية × بيئية في عمليات الاستلة وازالة الاستلة للموقع FLC .

اذا دخل النبات الطور التكاثري ونضجت بذوره ، فقد اخذ شكله النهائي بحسب الايعازات الوراثية المرسومة له وبحسب طبيعة التداخل الوراثي × البيئي الذي حصل خلال مراحل النبات . تختلف الاصناف ضمن النوع النباتي الواحد في طبيعة الازهار وعددها واخصابها وبذورها ، وغير ذلك وكل ذلك يتبع النظام الزهري الذي يتصف به الصنف ، ان الانواع البرية للعديد من اجناس النباتات ذات تغايرات اشد من تلك المزروعة من ذات الجنس ، ذلك ان عمليات التدجين والتربية او الانتخاب وما طرأ من تغيرات من تدخل الانسان قد قللت تلك التغايرات بدرجة واسعة في كافة انواع الاجناس التي دجنها الانسان ، الامر الذي يهدد موضوع تغاير الاحياء biodiversity مستقبلاً .

جينات الية التزهير :

ذكرنا ان آلية التزهير تخضع لمجاميع عديدة من الجينات ، وقد وضع اصطلاح (ABCDE) للتعبير عن مجاميع الجينات المتحكمة بالتزهير بحسب جينات اعضاء الزهرة وكما اوضحها Elsahookie (2007) يفترض هذا الانموذج حدوث التزهير في اربع مراحل :

1. ظهور علامات استجابة النباتات للمؤثرات البيئة والمحكومة بعدد كبير من الجينات .
2. ظهور علامات تحديد اعضاء التزهير .
3. تنشيط جينات اعضاء التزهير .
4. تكون خلايا اجزاء الازهار .

اما موعد التزهير فهو الاخر يمر في اربع مراحل :

1. الاستجابة لمدة الظلام .
2. الاستجابة لفعل الجبرلين .
3. التهيؤ الداخلي في النبات للارباع .
4. تنشيط جينات المرستيم الخضري والزهري .

هناك مجموعة من الجينات مسؤولة عن تلك الانشطة ، نذكر بعضها ، فمثلاً TFL_1 مسؤول عن تحوير المرستيم الزهري الى خضري ، والجين AP_1 والجين LFY مسؤولان عن تحوير المرستيم الخضري الى زهري . اما علامات التزهير فهي كذلك محكومة بعدد كبير من الجينات من بين ابرزها FLC و SOC_1 وFT يعمل FLC لاستنساخ بروتينات MAD (mitosis arrest deficient) ،فيما يعمل FLC مثبطاً للاستنساخ . يسيطر جين الارباع VRN_2 على فعل FLC بيئياً ! اما جينات الرتب الخمس المذكورة (ABCDE) فان A تضم AP_1 وAP_2 اللذين يشخصان الاوراق الكأسية والتويجية في اللفتين 1 و2 في الزهرة ، فيما تضم الرتبة B جينات AP_3 و P_1 المرتبطين بتشخيص الاوراق التويجية والاسدية في اللفة 3 من الزهرة . اما الرتبة C فتضم في الاساس الجين AG المسؤول عن تشخيص الاسدية في اللفة 3 وكذلك المدقة في اللفة 4 ، فضلاً عن فعله في الحد من نشاط جينات الرتبة A . اما D فتضم STK و SHP_1 و SHP_2 المسؤولة عن طبيعة انفلاق الثمرة ، وتضم الرتبة E عدة جينات من بين اهمها SEP_1 و SEP_2 و SEP_3 وFBP_7 وFBP_{11} المسؤولة عن البويضة ومشيمة البويضة . هذا وتوجد جينات اخرى من غير جينات الرتب الخمس التي ذكرنا بعض جيناتها ، لها علاقة بالية التزهير من بينها UFO وWUS وLUE و HEN وغيرها ، الامر الذي يوضح ان الية التزهير هي الية معقدة وفيها عدة ايعازات انزيمية وهرمونية ذات اصل وراثي وتتداخل مع عوامل النمو المحيطة كذلك ، الامر الذي جعل البعض يطلق عليها متلازمة التزهير flowering syndrome كما هي حال متلازمة حاصل البذور في محاصيل النباتات البذرية .

تشكل البذور :

تنتج النباتات الزهرية البذور ، وتحوي البذرة على الجنين والسويداء والفلقة في ذات الفلقة الواحدة ، وعلى الجنين والفلقيتن في ذات الفلقتين . ان السويداء والفلقتين يغذيان البادرة في المراحل الاولى من نموها ، حتى تصل مرحلة التثبت في الاعتماد على ذاتها في تصنيع الغذاء . تشكل الحبوبيات معدل 60 % من مجموع استهلاك الغذاء والاعلاف في العالم ، ولاسيما الحنطة والرز والذرة الصفراء والشعير . عليه فان فهم الية زيادة وزن السويداء في هذه الحبوب امر هام لزيادة انتاجية الصنف في

وحدة المساحة . تتكون البذرة بعد حدوث الاخصاب المزدوج ، اذ تتكون البيضة المخصبة التي تبدأ بالنمو باتجاه النضج وحتى دخولها النضج الفسلجي ، اذ يتوقف النمو وتبدأ الحبة بفقد الماء كي تكون جاهزة للحصاد . ان طبيعة الاخصاب في هذه النباتات تجعل الجنين (2n =diploid) فيما تكون السويداء triploid (3n) . يعطي الجنين النامي اعضاء النبات اذ انه يحوي المرستيم الذي يعطي الاجزاء الخضرية والتكاثرية لاحقاً ، اما تشكل الجذور ، فان الجنين يحوي في قاعدته الجذير الذي يتشكل لاحقاً الى جذر كبير متفرع ومتشعب . لدى البذرة في ذوات الفلقتين فانها تستهلك السويداء من قبل الجنين اثناء تشكله ، اما في ذوات الفلقة الواحدة فتبقى السويداء كاملة كبيرة بسبب تشكلها بعد اكتمال تشكل الجنين !.

تلعب فوق الوراثة دوراُ هاماً خلال مراحل تشكل البذور . ان تشكل الجنين والسويداء يرتبط بفعل جينات عوامل الاستنساخ (PcG) مثل MEA و FIE و FLS_2 ، وتؤثر عادة في اليل الام ، فتظهر البذور مختلفة باختلاف فعل هذه الجينات عندما تكون من النوع الطافر بفعل فوق الوراثة . اكدت التحاليل الجزيئية الفعل المختلف والواضح لهذه الطوافر ، فظهور نباتات مختلفة الصفات عن الاصل ، يحدث احياناً عدم تناظر (asymmetry) لفعل الاليلين في البيضة المخصبة ، وبما ينعكس على طبيعة الجنين في البذرة والسويداء المتكونه منها . ترتبط لتلك التغايرات بين الذرية والاباء بطبيعة الجينوم في الامشاج التي شاركت في عملية الاخصاب . بشكل عام ، يكون معظم التاثير الحاصل بفعل احد الاليلين في البيضة المخصبة من طبيعة السايتوبلازم للام الذي يحوي عناصر TE و RE بالملايين اكثر مما في حبة اللقاح ، كذلك فان حجم mRNA في البيضة هو اكبر مما في حبة اللقاح بسبب فرق حجميهما . مع ذلك فان حالات عدة تظهر فيها صفات بتاثير فوق الوراثة من الاب (حبة اللقاح) وبالية غير معلومة بشكل دقيق . تم تشخيص طبيعة انقسام ونمو الجنين بالمقارنة مع مايحدث مع مثيلاتها في السويداء ولوحظ ان خلايا السويداء تنمو وتنقسم اسرع مما في الجنين بحدود اربعة اضعاف !! تنقسم خلايا السويداء اربع مرات فيما تنقسم خلايا الجنين مره واحدة فقط! عليه يمكن القول ان هناك عدة جينات في الجنين قد تكون غير معبرة عن فعلها الجيني بشكل جيد كما هو حال جينات خلايا السويداء نجد في بذور صنف معين من الحبوبيات مثلاً فروقاً واضحة في معدل اوزان الحبوب او معدل وزن السويداء ، وهذا ليس بغريب ، غير ان الغريب في الامر هو انه مهما كانت حبوب الصنف الواحد مختلفة في معدل وزنها ، فان معدل وزن الجنين فيها يكون شبه ثابت ! بتعبير اخر ان الفروق في معدلات اوزان السويداء لتلك الحبوب المختلفة الوزن تكون اكبر بكثير من الفروق بين معدلات اوزان اجنتها !! واستناداً لهذه الحقيقة فاننا نتوقع وجود فروق مظهرية واضحة في النباتات الناتجة من زراعة هذه البذور سواء كانت ذاتية التلقيح من اصناف الحنطة

والشعير والرز ، او لنباتات سلالات من محصول خلطي التلقيح مثل الذرة الصفراء .

الفصل السادس

تغايـرات فـوق الــوراثـة

اصبح من المعلوم لدى المختصين ان التغايرات المظهرية والوظيفية والكيمياوية والتشريحية في الكائنات الحية هي نتيجة فعل تداخلات العامل الوراثي × العامل البيئي فضلا عن تاثير كل منهما . تدخل فوق الوراثة في احداث هذه التغايرات عاملا مؤثراً وبحسب درجة الشد البيئي الذي يتعرض له الكائن الحي ، ولكن نتحدث بخصوص على افراد المملكة النباتية ، وبالذات نباتات المحاصيل . ان طبيعة الفعل الجيني السائد في الاحياء يستند الى عدد وطبيعة تتابع القواعد النايتروجينية لكل من DNA وRNA لذلك الكائن ، غير ان آلية فوق الوراثة تعمل وتعطي تغايرات موروثة من جيل لاخر ومن دون تغيير عدد او تتابع القواعد النايتروجينية. ان ذلك يكون خلال ميثلة DNA او تحورات الهستون وبحسب فعل جينات فوق الوراثة (epialleles) التي تقوم بنقل الصفة . استناداً لذلك فانه من خلال تلك الانشطة تظهر تغايرات جديدة في الذرية ، وهي تعد novel phenotypes لم تكن موجودة اصلاً في مجتمع الاباء . يطلق بعض الباحثين تعبير epimutation او paramutation على مثل هذه الافراد التي تحمل صفة او صفات جديدة ، وهذا يعود لحالة polymorphism لطبيعة الاليات التي جاءت من الابوين . عليه فان فوق الوراثة هي عامل جديد يؤدي الى ظهور تغايرات جديدة يمكن للمربي ان يستفيد منها اذا كانت ايجابية . ان هذه الصفة الجديدة epimutation قد تنقلب لاحقاً وتعود الى حالها الاصلي وبذا فاننا اذا درسنا حالة التوريث لصفة معينة في محصول ، فان ظهور مثل هذه الحالة (reverse mutation) فان مايحصل عليه المربي سيكون اقل من حساباته التي ظهرت عنده لنسبة توريث الصفة اذ ذلك يختلف باختلاف فعل عناصر TE وRE و TR ذات الصلة المباشرة بالصفة الجديدة ، فضلاً عن حالة الميثلة التي صاحبتها وشدة تحور الهستون ، وفعل RNAi .

الزراعة النسيجية :

ان زراعة الانسجة هي من بين الطرائق المعروفة في الحصول على تغايرات جديدة في النوع ، اذ تعمل عناصر فوق الوراثة بشدة اكثر لما يكون النبات (النسيج المزروع) واقعاً تحت تاثير شد معين ، وذلك بتاثيرها في طبيعة انقسام الخلايا ، وبذا اصبحت حالة الاكثار الدقيق micro propagation وكذلك somaclonal propagation في البطاطا وغيرها معتمدة في الحصول على التغايرات المطلوبة . ان الزراعة النسيجية وخلال مراحل انقسام الخلايا في الكالس ومابعده من اعادة تنظيم الجينوم (genome reprogramming) تنتج التغايرات الجديدة . تستخدم الزراعة النسيجية كذلك في انتاج نباتات خالية من الفايرس عن طريق زراعة طرف المرستيم (meristem tip) والذي يؤخذ من تفرعات درنات البطاطا ، اذ ان طرف المرستيم لايصحبه الفايرس ، وهذه حلقة جديدة هامة في انتاج رتب تقاوي البطاطا ، اذ كلما زرعنا جيلاً منها كلما اصيبت اكثر ، حتى اذا زرعت الرتبة A نحصل على الرتبة B للتسويق ، ولاينصح ابداً بزراعتها لانها مصابة بشدة بالفايرس . تستخدم كذلك الزراعة النسيجية في زراعة الاجنة غير المخصبة ثم مضاعفة كروموسوماتها بالكولشسين لتصبح (DH) بعد ان كانت haploid ، وبذا فقد حصلنا على نبات جديد في كل صفاته بهذه الطريقة . تستخدم الزراعة النسيجية كذلك في اكثار انسجة نباتية لنباتات عالية في بعض مركباتها من العقاقير او لقاحات معينة بدلاً من زراعتها في الحقل والكلف الكبيرة التي تصرف عليها بتلك الطريقة ، وبذا فهي توفر المال والوقت .

لقد شاع منذ سنوات عدة استخدام الزراعة النسيجية في النقل الوراثي باستخدام بكتريا (Agrobacterium) . يعد الشد الواقع على الخلايا والانسجة المستخدمة في الزراعة النسيجية عالياً جداً ، وبذا فاننا نتوقع ان تحدث اعادة تنظيم مادة DNA لمثل هذه الخلايا اي (genome reprogramming) ، فتظهر من ذلك الية فوق الوراثة التي تسبب بالتالي ظهور التغايرات (variants) الجديدة في افراد ذلك المجتمع . تلعب RNAi دوراً هاماً في الية فوق الوراثة في تلون بذور بعض المحاصيل ، ولاسيما بذور اللوبيا وفول الصويا والخروع ، سواء في غلاف البذرة او في لون السرة (hilum) . يقوم sRNA بدوره في ذلك بعملية الاسكات الجيني لصبغة الانثوسيانين ، فتظهر نتيجة ذلك افراد ذات بذور بالوان جديدة . من الجدير بالذكر ان هذه الحالة وخصوصاً في فول الصويا لها علاقة بصبغة flavonoid . لقد كان اول صنف مستنبط من محصول الرز باستخدام RNAi هو الحاوي على الجين LGC-1 =1- low gluten content . يحوي هذا الصنف في حبوبه نسبة بروتين منخفضة ، وهو مفيد لمرضى الكلى الذين يعانون من اضطراباتها لدى تناولهم حبوب اصناف الرز الشائعة من ذات الكلوتين العالي .

تحسين تحمل الشدود :

ربما يكون احد المواضيع الهامة اليوم في العالم بالنسبة للمحاصيل على اختلافها موضوع استنباط اصناف منها متحملة لمختلف الشدود ، من بينها شدود الملوحة والجفاف والحرارة العالية والعناصر الثقيلة وقلة العناصر المغذية وغيرها ، تستخدم فوق الوراثة في هذا الجانب بشكل فعال في برامج خاصة . ان من بين مايحدث في النبات ويؤدي الى ظهور فوق الوراثة وفعلها هي عملية polyploidization وذلك عند تزاوج الاباعد interspecific hybridization او مايسمى كذلك wide crossing ، مع وجود فعل كبير للعناصر المنتقلة . ان معظم نباتات المحاصيل الرئيسة بشكل عام هي من نوع polyploidy ، هكذا وجدت في الطبيعة ، وان كانت اساساً diploid ، فانها تحدث فيها حالة polyploidy . اما بالنسبة لحالات التضاعف الجينومي من نوع allopolyploid فانها تتضمن جمع اثنين من الجينوم المختلف من نواتين في نواة واحدة !وتعد حنطة الخبز T.aestivum افضل مثال لذلك وقد حدث طبيعياً ، ووضعت عدة نظريات لتفسير ذلك ، كون ان هذه الحنطة تضم جينومات AA وBB و DD وكل منها موجود في محصول اخر ، وقد حصل من دون معرفة دقيقة للتلقيح في الطبيعة ، وبالنسبة لي ، فأني اعتقد انها هكذا خلقت منذ البداية بجينومات مختلفة ولاسيما انها تتكاثر بصورة نقية (breed true) ، فلو اخذنا مثلاً محصول الترتيكيلي Triticale والناتج من تضريب رجعي عدة اجيال بين حنطة الخبز مع الشيلم rye وحنطة المعكرونه مع الشيلم ، فكان منه صنفان مختلفين في كروموسومات الجينوم ، ولا يزال اذا زرع تظهر في بعض نباتاته بعض الانعزال او العقم ويظهر ذلك في المساحات الواسعة . اعتقد بعض الباحثين سابقاً انه ربما يمكن الحفاظ على قوة الهجين في هجين الذرة الصفراء وزهرة الشمس وغيرها بمضاعفة جينوماتها بالكولشيسين ، غير ان ماحدث هو عكس ماتوقعه الباحثون ، اذ انه لما ضوعفت جينوماتها لم تحافظ على قوة الهجين ، بل ان معظمها فقد كثيراً من قوة الهجين !! وذلك نراه انه يعود لفعل فوق الوراثة ، وخصوصاً اننا الى اليوم لم نقف بحق على الية الحصول على قوة الهجين الا بامر واحد وهو تضريب سلالات متباعدة وراثياً في بعض المواقع الجينية الهامة .

من جهة اخرى ، اوضحت نتائج ابحاث على نبات petunia المعرض لدرجات حرارة عالية ، انها قد صاحبتها آلية فوق الوراثة بزيادة مستويات 5mc للمحفز (promoter) المرمز له 35SCaMV مما اثر ذلك في تغيير لون الازهار النبات لوحظ كذلك على نبات محصول اخر ان الشد الالي المسلط على النبات قد اثر في خفض نسبة ميثلة DNA التي كانت بحدود 25% فانخفضت بشدة الى ادنى مستوى كان يصعب معها حتى ان تقدر بالتقانات المتوفرة . كذلك لوحظ على نبات

التبغ ميثلة عالية hypermethylation لدى تعرضه للشد الازموزي ، اذ حدث فيه heterochromation وهو بهذه الحالة (histone modification) .

ان شدود الجفاف والملوحة وامثالها اليوم مثل شدة الضوء العالية او الحرارة العالية تسبب زيادة مركبات reactive oxygen species = ROS في خلايا النباتات وهي تضر الخلايا بسبب حاجتها الى الكترونات لتصبح ساكنة ! ان اهم واول انزيم يظهر في الشد هو (SOD) ليقوم بحماية الخلايا من ضرر ROS ، اذ يقوم SOD بتفكيك H_2O_2 الى ماء واوكسجين جزيئي . تختلف النباتات بحسب الصنف والنوع والجنس من مقدار احتوائها على قطع جزيئية لها فعلها ضد انتاج SOD ، وبذا فمنها المتحمل ومنها المتحسس وعلى المربي ان ينتخب الافضل بعد تشخيصه .

لاحظ احد الباحثين الذي كان يعمل على نبات الكتان المعرض لبعض انواع الشد البيئي ، فأدى ذلك الى ظهور نباتات ذات مظاهر مختلفة ! اطلق عليها (genotrophs) وتتميز بصفات مظهرية متغيرة بشكل مستقر stable !! وهي بذلك مرتبطة بتغيرات حدثت في جينومها وعلى عدة مواقع loci . من الغريب في هذا الموضوع ان نباتات الاباء التي انحدرت منها هذه النباتات اذا زرعت في عدة بيئات ، فانها تبدي تغايرات مظهرية مختلفة ، غير ان genotrophs التي تحمل هذه التغايرات الجديدة اذا زرعت في البيئات المتباينة تبقى تغايراتها ثابتة !! هذا ولما اجريت التحاليل الجزيئية على النباتات المتغايرة وابائها التي انحدرت منها ظهر وجود بعض المواقع الجزيئية الموجودة في genotrophs غير موجودة في ابائها الاصلية !! قد يتساءل البعض فيقول : كيف لهذه النباتات يتغاير مظهرها بتغير عوامل البيئة (زرعت في بيئات مختلفة)؟ انه من المعلوم ان هذه النباتات تتحسس لفعل الشدود الحية واللاحية وذلك معناه وجود اليات فوق الوراثة ، ولكن نعود ونسأل كيف بالضبط ولماذا ؟ الجواب الدقيق على ذلك غير معلوم الى اليوم ، الا اننا نعرف ان آلية اصلاح الضرر على DNA النبات الواقع تحت الشد يمكن لها هي الاخرى ان تسبب بعض اليات فوق الوراثة ! قام بعض الباحثين بمعاملة نباتات من اذن الفار بجرع محددة من كل من الفسفور والحديد ، ولوحظ ازدياد طول الجذر في تلك النباتات مع زيادة في تشعب المجموع الجذري ، مع نشاط واضح في بشرة خلايا الجذر ، ولكن لم تعرف اسباب ذلك وعلاقة التغاير الجديد مع الفسفور والحديد ، غير انه عرف ان الية فوق الوراثة قد دخلت في تلك التغايرات فسبب ظهورها . استناداً لما ذكرناه من نتائج حول تغاير صفات نباتات الاجناس المختلفة انفة الذكر الواقعة تحت تاثير بعض عوامل الشد ، فانه من الضروري لمربي النبات ان يتساءل ويجيب على مثل هذين السؤالين :

1. اسباب فوق الوراثة التي تعمل تحت الشد لاجل اعتمادها في برنامج الانتخاب لمحصول ما .

2. ماهي العوامل المناسبة للنباتات كي تعطي تغايرات اوسع تحت بعض عوامل الشد لاجل اعتمادها كذلك في احداث تغايرات افضل ونباتات اكثر يستفاد منها في الانتخاب .

فوق الوراثة وقوة الهجين :

من المعلوم ان ظاهرة قوة الهجين اصبحت تحت التطبيق على عدة محاصيل بسبب فائدتها الكبيرة في زيادة الحاصل على افضل الابوين او النوعية لصفة او اكثر ، وقد تكون قوة الهجين المطلوبة ايجابية لصفة جيدة ، اوسلبية لصفة ضارة وكما هو الحال في محتوى اصناف الذرة البيضاء من مادة HCN الضارة للحيوان . ان الذي يحدث في الهجين الجيد (elite) الناتج من تضريب سلالتين مثلاً هو ان يكون الهجين كما في التعبير التالي (1->1-×1+>1+) وذلك تماماً مثلما تكلمنا عن صفتين احدهما مرغوبة والثانية غير مرغوبة . ان حقيقة هذا التفوق في هذه الهجن ولكافة المحاصيل لم توضع لها اسباب فعلية مباشرة تؤدي لظهورها ، وانما وضع عدة باحثين اكثر من خمس عشرة نظرية حاولوا فيها تفسير الظاهرة ، ولو كانت واحدة منها صحيحة لكان من البسيط جداً استنباط الهجين ، غير ان العمل عليه لايزال يحتاج الى مئات التضريبات من عشرات السلالات ، وزراعة مئات الهجن ، وحصة المربي للمحصول على هجين elite لاتزال تعتمد على الاحتمالية probability. عرفت قوة الهجين وكما ذكرنا سابقاً منذ عرفت السلالات خلال الفترة 1908-1912 من ان قوة الهجين تنتج لدى تزاوج سلالتين او اكثر تختلف او تتباعد وراثياً على بعض المواقع ، وهذا الامر تقريباً عرف منذ حوالي مائة عام ولايزال بذات المفهوم باستثناء استخدام كلمات بديلة احياناً ، نسأل مثلا هل هناك عدد مواقع جينية محدد للظاهرة ؟ او مواقع معينة لصفات معينة مطلوب منها التباعد الوراثي ؟ او ان فوق الوراثة تعمل فيها عشوائياً ولايمكن السيطرة عليها... الخ من الاسئلة كلها لازالت من دون اجابات علمية دقيقة ، وبذا فان هجن محاصيل الخضر وهجين الذرة الصفراء وزهرة الشمس ومنذ عشرات السنين كلها شائعة وقائمة في الميدان تحت الانتاج العالمي ولكن من دون معرفة السبب العلمي الدقيق . اعطت بعض الاختبارات الحديثة على بعض المواقع الجينية (QTL) المسؤولة عن الصفات الكمية ان حالات معينة كانت هناك فيها QTL محدده تتحكم بقوة الهجين ، ولكن ما ان نغير السلالة الاتغيرت الى QTL اخرى تتحكم بقوة الهجين ، وبذا فأن بعض الباحثين اعتقدوا ان polymorphism له دور كبير في اظهار قوة الهجين ، فيما ذكر اخرون انه قد يكون سبباً لكنه ليس رئيسياً ! كذلك تحدث اخرون عن تعابير لاتغير من واقع الحال الفسلجي الغامض للظاهرة فاستخدموا تعبير additive لبقصدوا به فعل عدة جينات تتعاون او تتكامل في اظهار الصفة الكمية ، وتعبير non –additive ليقصد به فوق الهجين ، فيما قال اخرون بان اهم سبب لقوة الهجين هو heterozygosity بينما توجد عدة اصناف محاصيل هي

heterozygous لكنها لاتعطي صفات جيدة مثل الهجن . اما اليوم ، وقد عرفت آلية فوق الوراثة منذ عدة سنوات ، فان بعض من قام بالتحاليل الجزيئية قال ربما تكون فوق الوراثة هي وراء قوة الهجين ، ونعود ونسال كيف ؟ وجد مثلا في تحليل جينات بعض هجن الذرة الصفراء ان مابين 11 – 15 جيناً كانت مختلفة عن ابائها بدرجة كبيرة ، وتم تعليل ذلك على اساس فعل mRNA سواء اثناء الاستنساخ او بعد الاستنساخ ، بتعبير اخر ان بعض الجينات قد تحفزت بفوق الوراثة بعد التزاوج فيما كانت ساكنة لما كانت في ابائها ! فان كان هذا سليماً فكيف لنا ان نحفزها عند التضريب لنحصل حالاً على الهجين المطلوب ؟

نتائج اختبارات جزيئية :

عمل باحثون في تربية النبات ، بالذات على مجموعتين من هجن الذرة الصفراء ، احداهما متميز على افضل الابوين واخرى غير متميزة ووجد من نتائج التحليل ان :

1. الهجن المتمزة كانت اقل methylation من ابائها .
2. الهجن المتميزة كانت اقل methylation من غير المتميزة .
3. السلالات القديمة الواطئة الحاصل كانت ذات methylation عال .
4. السلالات الحديثة الجيدة الحاصل كانت ذات methylation اقل من القديمة .
5. وجد ان بعض الهجن المتميزة كانت ذات ميثلة عالية !

لقد درست تلك النباتات بعدما جمع حاصلها بزراعتها بطريقة خلية النحل honeycomb والذي يستند الى الزراعة بكثافات واطئة جداً وحسب المحصول . من جهة اخرى فان تحليل restriction landmark genomic =RLGS scanning اظهر ان السلالات قد اختلفت لغاية 20% في نسبة الميثلة ، وان الهجن المتميزة قد ازدادت فيها نسبة الميثلة لما زرعت بكثافات عالية جداً ،الامر الذي يؤكد ان الهجن ذات مقدرة عالية على تحمل الشدود الحية واللاحية بسبب نسبة الميثلة الواطئة فيها عموماً . ان ذلك يعني ان ميثلة DNA يمكن خفضها في السلالات عن طريق تضريبها بسلالات اخرى والانتخاب منها مره اخرى على الانعزالات الناتجة ، او الانتخاب على ذات السلالات القديمة ولكن بعد زراعتها بخلية النحل ، واي نبات سلالة في مجتمع تلك السلالة يعطي نمواً جيداً يلقح ذاتياً وينتخب اذا كان حاصله افضل من حاصل نباتات السلالة الاصلية ، وان معظم الهجن الحديثة اليوم تعتمد اباء من السلالات ذات الحاصل العالي ولو انها تعطي نسبة قوة هجين اقل من السلالات القديمة ولكن حاصل هجنها يكون اعلى بسبب ارتفاع حاصل سلالات الاباء ، كما ان اكثار بذور هذه السلالات يكون افضل بسبب حاصلها الاعلى . من جهة اخرى لابد ان تذكر كذلك ان التلقيح الذاتي اليدوي يزيد من الميثلة في نباتات

السلالة ويقلل من حاصلها مقارنه مع التلقيح الداخلي عندما تزرع السلالة في منطقة معزولة وتترك للتلقيح العشوائي الداخلي inbreeding . استناداً لتلك النتائج التي ذكرناها ، فان كثيراً من الباحثين ينظرون الى قوة الهجين انها ليست ناتجة فقط من عوامل الوراثة المندلية وانما فيها نسبة عالية من اليات فوق الوراثة وبمراحل مختلفة من تشكل بذور السلالات وبذور الهجن وبما ينعكس على نمو ونشاط النبات الناتج منها . لو اخذنا مثلاً بعض صفات الذرة الصفراء الحقلية ،مثل stay –green فان جينات هذه الصفة لها دور واضح في قلة الميثلة في نبات السلالة التي تمتلك هذه الجينات وبذا نتوقع زيادة حاصلها ، وذلك ان صبغة الكلوروفيل تبقى نشطة وفعالة في التمثيل الكاربوني لغاية اتمام النضج الفسلجي وحتى ما بعده ! كذلك فان هذه الصفة لها علاقة بحجم SCC (system capacity constant) العالي في السلالات الحديثة . هنالك كذلك الجين AP_2 المعروف جيداً في تنظيمه لمرستيم التزهير وطبيعة الزهرة ، والذي يلعب دوراً هاماً في معدل عدد الحبوب النبات ومعدل وزن بذرته ومحتواها من المركبات المختلفة ، فهذا ان وجد في السلالات فاننا نتوقع انعكاسه الايجابي في حاصل الهجين الناتج منها ، ذلك ان هذا الجين ينظم آلية فوق الوراثة بوساطة miRNA !.

ان المعلومات الحديثة حول plant development وكذلك Developmental genetics تؤكد على اهمية دراسة الجوانب المذكورة لفوق الوراثة في السلالات والهجن على الرغم من وجود معلومات قديمة قد لاتصلح اليوم لتفسير ظاهرة قوة الهجين ، وان هذه المعلومات الحديثة قد تضيف معلومات اوسع من القديمة وحتى ان لم تفسر الظاهرة بالكامل .

استخدام الطبعة الابوية :

ازداد اهتمام الباحثين مؤخراً في العالم بدراسة الجوانب المتعلقة بآليات فوق الوراثة بالتحكم بصفات الحبة من حيث حجم السويداء والجنين ، وذلك ضمن parental imprinting ، وقد درست هجن الذرة الصفراء بصورة اوسع من غيرها واعطت نتائج جديدة جداً ومفيدة على المستوى الجزيئي ، وقد خصصنا الفصل اللاحق لهذا الموضوع وعلاقته بالجينوم . من المعلوم مثلاً ان تغيير سلالات الاباء يؤدي الى تغيير كبير في الوان وصفات حبة الهجين الناتج ومعدل وزنها ووزن السويداء ووزن الجنين ، وغير ذلك . كذلك عرف ان تضريب اباء ثنائية الجينوم (2X) على امهات رباعية (4X) ادى الى الحصول على بذور صغيرة الحجم بالمقارنة مع البذور الناتجة من التضريب المعكوس (2X×4X) اذ كانت بذور هذا التضريب اثقل وزنا من الاولى ، وتم تعليل ذلك على ان زيادة انقسام الخلايا في التضريب الاخير هو السبب (mitosis) وبالذات خلايا السويداء ، وبذا يتاخر نضجها ، فتزداد عدد

الخلايا كذلك ، وكل ذلك يعود الى طبيعة الطبعة الابوية للابوين الداخلين في التضريب .

شخص اثنان من جينات التزهير في الذرة الصفراء من مجموعة FIE وهما ZmFIE1 و ZmFIE2 ، يبدأ الاول بالعمل بعد ستة ايام من الاخصاب ويستمر بالاستنساخ (على الام) طيلة مدة تشكل السويداء ، فيما يعمل الثاني قبل الاخصاب ويستمر تاثيره في الجنين والسويداء وكذلك النمو الخضري اللاحق ! كذلك وجد على نبات اذن الفار ان الجينات MEA وFIE و FIS_2 تسيطر على آلية فوق الوراثة في الاباء (parental imprinting) ، اذ ان الاليل في الام يعمل لوحده في اية حالة تضريب (اب او ام) خلال المراحل الاولى لتشكل الجنين ، مما يوضح دور آلية فوق الوراثة في مثل هذه التضريبات وتغيير صفات وزن البذرة والسويداء والتي تستحق الاهتمام العالي عند استنباط الهجن ، ان الاباء المستخدمة من تحت النوع – sub species من الذرة الصفراء مثل *Zea mays* saccharata (السكرية) والشامية *Z.m. everta* والمغوزة *Z.m. indentata* مفيدة جداً في دراسة هذه الصفات لاظهاردور الاب اوالام بسبب اختلاف صفات حبوب هذه الاصول بدرجة واضحه جداً .

كذلك فان من بين الظواهر الهامة المرتبطة بالتعبير الابوي هي حالة مايحصل للبذور التي تتكاثر بطريقة apomixis ، حيث يقدر وجود الف نوع من النباتات تنتج بذورها من دون اخصاب ! وهي مماثلة تماماً لنباتات الام التي تحملها ، غير ان هذه الظاهرة غير مستخدمة في انتاج بذور الاصناف او الهجن . ان جينات MEA وFIE و FIS_2 كلها تعطي بذوراً ذات سويداء من دون اخصاب ! فيما نجد طوافرها المتنحية (mea و fie و fis_2) لاتعطي بذورها اجنة ! وذلك بسبب حدوث الاجهاض فيها طالما تحمل هذه الجينات المتنحية . وجد ان تضريب اب من Tripsacum dactyloides على ذرة صفراء ثنائية (diploid) قد اعطى بذوراً غير فعالة !

تحسين المحاصيل ضد الامراض :

تعد آلية الاسكات الجيني لما بعد الاستساخ (PTGS) من بين الاليات المفيدة في تحسين نباتات المحاصيل لمقاومة الامراض الفايرسية ، اذ يتم الاسكات الجيني في مادة DNA او RNA في الفايرس ، فيتوقف عن امكانيته لاصابة النبات بالمرض . كذلك اعتمدت آلية (PTGS) في النقل الجيني لمقاومة مثل هذه الامراض من دون الحاجة الى نقل جينات او بروتينات مقاومة بذاتها لتلك الفايرسات ، غير ان الفايرسات التي تحوي اكثر من 10% من النيوكليتايد المتباين nucleotide discrepancy لاتتعرض الى تدهور RNA فيها ! كما ان حجم الجين المنقول اللازم لاحداث الاسكات الجيني للفايرس يجب الايقل طوله عن bp300 ! كذلك وجد ان miRNA المنقول اذا كان بطول 21 نيوكليتايد فانه يكفي الاسكات جينات

الفايرس ! استخدمت كذلك تقانة VIGS في حقن فايرس معين في النبات الهدف لاسكات جينات امراض فايرسية اخرى ، فلايصاب النبات بامراضها .

استخدام RNAi لتحسين المحاصيل :

تستغرق طرائق تربية النبات في تحسين صفة نوعية لمحصول ما ، وقتاً طويلاً لانجازها ، وربما جاءت مع الانتخاب صفة او اكثر غير مرغوبة معها ، غير ان التعامل مع جينات محددة تحكم الصفة النوعية وتنقل الى النبات فذلك ادق واسرع بكثير . يعد استخدام RNAi فعالاً للاسكات الجيني في النبات وذلك على الصفات غير المرغوبة . ان استخدام هذه الطريقة يعتمد على نقل جيني يحوي hpRNA (hairpin RNA) فيها منطقة تحوي على dsRNA ، وقد استخدمت الاخيره في الاسكات الجيني سابقاً ، الا ان hpRNA تعد اكثر كفاءة ، اذ انها تعتمد على ادخال antisense RNA في النبات ، ولاجل استخدام هذه الطريقة لابد من كلونة DNA الجين المنقول على اساس انه inverted repeat وتستخدم معها محفزات معينة تساعد على اثبات RNA في النبات ، من بينها المحفز 35SCaM لذوات الفلقتين او محفز الذرة الصفراء maize ubiquitin1 لنباتات الفلقة الواحدة . ان نسبة الاسكات التي تم الحصول عليها في الحالات المذكورة بلغت 100% للنباتات المنقول لها الجين .

ثبات الجين المنقول :

ان ثبات الجين المنقول stability of transgenes اساسي جداً للعمل ، وكما اشرنا سابقاً فان بعض الجينات تحتاج الى محفزات ومواد اخرى ، وبذا ، فانه لاجل الحصول على افراد جديدة من النباتات تثبت فيها صفات الجين المنقول لابد من :

1. اعتماد نواقل vectors كفوءة لنقل الجين الى النبات الهدف .
2. التاكد من ان الجين المنقول قد اسقط فعلاً على موقعه المحدد على الكروموسوم ليتطابق بذلك مع الجين النظير له في ذلك النبات .
3. غربلة الافراد المنقول لها الجين ودراسة حالة التداخل الوراثي × البيئي ولاسيما في منقطة او بيئة الهدف لذلك المحصول ، وهناك عدة معادلات لتحديد حالة الثبات الوراثي للاصناف في عدة بيئات ، سوف نتعرض لها لاحقاً .

الفصل السابع

الجينوم وفوق الجينوم في الحبوبيات

يعد عدد حبوب الرأس ووزن الحبة وعدد الرؤوس الثمرية في وحدة المساحة في المحاصيل البذرية هي الاساس في انتاجية المحصول من البذور فضلاً عن ذلك ، فان السويداء ووزنها في الحبة في الحبوبيات تعد مهمة جداً في زيادة حاصل الصنف . سوف نتطرق في هذا الفصل الى العوامل التي تؤثر في الجنين والسويداء في حبوب بعض سلالات وهجن الذرة الصفراء كانموذج لمجموعة المحاصيل الحبوبية ، وما يمكن ان يحدث في الجينوم من قبل الطبعة الابوية والميثلة وفوق الوراثة ، وذلك بحسب نتائج عدة باحثين جمعت ونوقشت في هذا الفصل بصورة متصلة لايضاح تلك الاليات ، ومايستطيع الباحث او المربي ان يستخدم بعضها في الاقل لتحسين برنامجه الخاص في المحصول (Elsahookie وآخرون 2018) من المعلوم ان سويداء الحبة في الحبوبيات هي التي تقوم بمد الغذاء لاجزاء الحبة عند تشكلها وكذلك للبادرة الناتجة منها لما تزرع ، وهي اول جزء في الحبة يحدث فيه (imprinting). لقد شاع استخدام قوة الهجين في العالم على عدة محاصيل حقل وخضر وفاكهة وذلك للزيادة الكبيرة التي تسببها قوة الهجين في كمية الحاصل في وحدة المساحة ، وكذلك التحمل الافضل لنباتات الهجن لكل من الشدود الحية واللاحية . ان من بين اشهر تلك المحاصيل كلها التي استخدمت فيها قوة الهجين بنجاح هو محصول الذرة الصفراء (Zea mays L.) ، ان هجن الذرة الصفراء المنتجة حديثاً في السنوات الاخيرة هي اعلى في حاصل الحبوب عن الهجن القديمة بمعدل 3.1-1.3 طن /هـ (8) . ان من بين ماحدث في قوة الهجين لزيادة الحاصل هو ان معدل وزن الحبة في الهجن الجديدة هو اعلى مما في الهجن القديمة بنسبة 15%

- 23% ، فضلا عن زيادة معدل عدد الحبوب في المتر المربع الواحد لغاية 150 حبة (10) . لقد قدر كل من Tollenaar و Lee (37) معدل الزيادة السنوية في حاصل حبوب الذرة الصفراء في العالم بانها بحدود 118 كغم /هـ ، وان حوالي 65% من تلك الزيادة هي اساساً من التحسين الوراثي لجينوم سلالات هذا المحصول ، فيما ينظر آخرون الى ان زيادة الحاصل عموماً كمعدل للمحاصيل الاخرى هو 50% لكل من التحسين الوراثي من جهة و 50% لتحسين عمليات خدمة التربة والمحصول . ذكر عدة باحثين عدة تفسيرات لظاهرة قوة الهجين في المحاصيل المختلفة ، وذلك بحسب طبيعة الجينوم في انواع واجناس لتلك المحاصيل ، ودور فوق الوراثة الهام في وزن الحبة من سويداء وجنين . اذ قد ذكر Kumar () ان epigenome ، ومنه فوق الوراثة يعزى الى تغيرات كيموحيوية في DNA ، وتاثيرات تحورات الهستون فيما بعد الاستنساخ ، وذلك في عدة بروتينات هستونية ، وتغايرات تخليق الجزيئات الصغيرة من RNA غير المشفر في الخلية . ان تلك التغيرات والتغايرات تكون هي المسؤولة غالباً عن درجة التعبير الجيني ومن دون تغيير عدد او تتابعات نيوكليتايد DNA خلايا ذلك الفرد . ان التغيرات الناتجة من فعل فوق الوراثة يمكن ملاحظتها في تنظيم التعبير الجيني خلال مراحل نمو النبات وتشكل الحبة وتشكل الانسجة المختلفة خلال تلك المراحل ، فضلاً عن فعل التثبيط لعناصر transposons في الكائنات او دور epialleles في اسكات او تنشيط التعبير الجيني (2,9,11,22,26,38) ان دراسة فعل الوراثة في حياة الانسان هي اكثر واوسع بكثير مما جرى ويجري في النباتات ، ولاسيما تلك المتعلقة بابحاث السرطان ومشاكل الدماغ عند الانسان (16) ، وفي ذات الوقت فان Bressmam وZhu (7) ذكرا أن مجموعة الابحاث المنشورة حول فوق الوراثة في سنتين فقط قد بلغت 14 الف بحث! ان فوق الوراثة معرضة لتاثيرات عوامل البيئة فتؤثر في مقدار تاثيرها في صفات النباتات بحسب مقدار ما تتاثر مرونة النبات بتلك العوامل في تلك البيئة . ان بعض هذه التغيرات قد تظهر ثم تختفي بعد زوال ذلك التاثير البيئي في تلك المنطقة ، لكنها في احيان اخرى تنتقل من جيل لاخر (26,25,15,14) . اما في حالة موضوع تطور النبات ، فان معظم التغيرات التي تطرأ على النباتات هي اساساً في مادتها الوراثية، اي بتغيير تتابع القواعد النايتروجينية فيها ، غير ان فوق الوراثة يمكن ان تلعب دوراً هاماً خلال مراحل تطور النبات . ربما يكون افضل مثال ناخذه في تاثير فوق الوراثة او تأثير الجينوم في الانسان ، هو مايحدث له من امراض ، ولاسيما حالة السرطان وبعض التغيرات السلبية الاخرى في جهازه العصبي ، اذ ان ذلك يحدث بسرعة شديدة مقارنة مع ماحدث ويحدث في تغير جينوم النبات في مراحل التطور .

آلية الجينوم او فوق الوراثة :

توجد الجينات وكذلك الترانزبوزونات في عدة حالات لميثلة DNA في النبات ، مع استنساخ مختلف نسبياً من نوع لاخر . عليه فان جينات فوق الوراثة epialleles يمكن ان تظهر في اية مرحلة وبشكل متوارث على معظم المواقع الجينية في الهجين (33) ان ذلك يفترض دمج نوعين مختلفين من وفق الوراثة من ابوين مختلفين عند تضريبهما يمكن ان يؤدي الى ظهور جينات جديدة تعمل ايجاباً او سلباً في ذلك التضريب او الهجين ، كما تظهر بعض آليات فوق الوراثة من فعل تنظيم ترانزبوزونات موجودة فيها . لقد ذكر Lauss وآخرون (27) ان ايضاحات فعل الجينوم لمثل هذه الحالات لاتكفي لوصف واقع الحال لتلك التغايرات الجديدة ، بل ولايمكنها ان تتنبأ بقوة الهجين في ذلك الهجين . من جانب آخر ، فان Groszmamnn وآخرون (19,18) يعتقدون ان هناك ادلة تتزايد من زمن لاخر من ان فوق الوراثة لها دورها الهام في اظهار قوة الهجين في عدة انواع محاصيل ، فيما يقدر Jones (24) ان معدل 4% من سايتوسين الانسان هو ممثل ، وان هناك ثلاث صيغ من السايتوسين : CG و CHG و CHH ، حيث ان A=H او T او C . اما Slotkin وآخرون (36) فقد ذكروا ان معدل 80% من سايتوسين CG في الانسان هو مميثل ! ولكن في النباتات ، تثبت ميثلة كل من CG و CHG بتـأثير methyltransferase 1 و chromomethylase3 ، بالتتابع ، بينما ميثلة CHH يتثبتها RdDM (RNA –dependent DNA methylation) او مغير الكروماتين DDM1 . هذا وتلعب عملية الميثلة على مواقع من غير CG دوراً هاماً في الاسكات الجيني ضد اي DNA غريب بمساعدة RdDM (28) . عليه فاننا نجد ان هناك آليات معينه مطلوبة لكي تثبت او تسبب مناطق معينة على الجينوم لتكون خالية من الميثلة بفعل DNA demethylation. هنالك مايسمى ميثلة active DNA وهي تتطلب فعل انزيمي من نوع glycosylases مثل DME و DML_2 وDML_3 في النباتات (48).

شكل الكروماتين وثبات الجينوم :

ان خلايا نباتات حقيقة النواة eukaryotes تمتلك DNA مضغوطاً بشدة في شكل كروماتيني من nucleosomes ، وتتكون الاخيرة من بروتين octamer يتكون من ازواج من هستونات H_2A وH_2B و H_3 و H_4 (26) . ذكر عدة باحثين عن طبيعة تحورات الهستون انها مرتبطة مع تثبيط نشاط مناطق معينة في الجينوم معتمدة بذلك على مستوى الميثلة لبقايا الاحماض الامينية المتأثرة و المنظمة من قبل فعل هستون methyltransfeerases وهستون demethylases . ذكر Bhaumik واخرون (4) ان بعض الهستونات تتحور مثل ميثلة Lys و Ard واستلة Lys وفسفرة Ser وThr وكذلك ubiquitilation الاحادي والمتعدد للحامض الاميني Lys . ان هذه التحورات التي تحدث بعد تحورات الترجمة post translational – يمكن لها ان تحدث او تزال بمحورات البروتين وذلك مثل

و histone methyltransferases و demethylases و acetyltransferaseses و deacetylases (26) . تتأثر تحورات الكروماتين بعدة عوامل حية او غير حية ، وبذا فقد ينعكس ذلك على طبيعة التعبير الجيني في الكائن الحي (15,14) . كذلك فان تحور الكروماتين قد يكون مختلفاً في شدة الانضغاط بسبب تاثير آليات فوق الوراثة التي تسببها عوامل الشد في تلك البيئة (35). ان تلك التغيرات التي تحدث قد تورث الى الاجيال المقبلة او انها قد تختفي وذلك تبعاً لحجم تاثير فوق الوراثة في طبيعة جينوم الفرد الي ينعكس على مظهره الخارجي . يوجد تاكيد على تحور الكروماتين و RNAs لهما علاقة في التأثير في التعبير الجيني سواء خلال الاستنساخ او بعد الاستنساخ مع ان هذه التغيرات قد تتراجع اعتماداً على درجة التنشيط (43). ان جينومات النباتات قد تحوي على نسبة 50% methylcytosine في كافة صيغ النيوكليتيدات الثلاثة (46).لقد وجد ان الاسكات الجيني المتسبب عن RNAi وتثبيط الطفرات في كل من الذرة الصفراء ونبات اذن الفار ينتج عنه زيادة في استلة الهستون الذي يؤدي الى تثبيط الجينات الساكنة . اما ميثلة السايتوسين فانها تقوي نماذج تحورات الهستون المشتركة في الاسكات الجيني (33).

وراثة علامات فوق الوراثة :

تحدث آليات فوق الوراثة في النبات سواء *in situ* او *in vivo* او *in vitro* وذلك بحسب شد عوامل البيئة المعرضة لها النباتات او انسجتها . ان بعض هذه التغيرات قد تنتقل الى الجيل اللاحق وقد تسكت بفعل اليات اخرى . لقد وجد Zheng واخرون (47) ان آلية تحمل الجفاف في نبات الرز *Oryza sp.* قد تم تحسين بعضها الى درجات افضل من التحمل وذلك من خلال عمليات الانتخاب لعدة اجيال في عدة حالات من التعرض لشدود الجفاف . لقد اظهرت تلك النباتات المنتخبة لتحمل الجفاف بعض صفات طفرات فوق الوراثة epimututation والتي انتقلت الى الاجيال اللاحقة من خلال تغيير ميثلة DNA لخلايا النباتات عبر تلك الاجيال . استنتجوا من ذلك انه من المحتمل ان آلية فوق الوراثة كانت هي السبب وراء ذلك التغير الايجابي في جينوم النباتات المتحملة ، وعلى الاقل في بعض الظروف التي تعرضت لها النباتات ، وذلك ربما من تأثير بعض شد الملوحة او الجفاف . من جهة اخرى فان Elsahookie (14) ذكر ان النباتات المنتخبة تحت شد الملوحة او الجفاف اظهرت مستويات مختلفة من التحمل في الاجيال اللاحقة ، لم تكن معروفة بين نباتات الاصل .

فوق الوراثة في حبوب هجن الذرة الصفراء :

انه بسبب الاهمية المتزايدة لفعل آليات فوق الوراثة في النبات والحيوان والانسان ، فقد انكب الباحثون على تطبيق عدة ابحاث باتجاهات مختلفة في ظل هذا العلم الذي

بدأ يتقدم بسرعة كبيرة استناداً لما حصل عليه الباحثون من نتائج تؤكد فائدة هذه آلالية ودراستها مستقبلاً لمنفعة الانسان . اشتغل عدة باحثين على Arabidopsis وOryza و Brassica (43,34,32,31,21,18) فيما اشتغل آخرون على ذات الموضوع ولكن فيما يتعلق ببعض امراض الانسان (16,11,9,4,2) . كذلك اهتم آخرون بدراسة فوق الوراثة او ميثلة DNA للنباتات تحت شدود مختلفة (41,38,36,30,28,26,25,24,23,22,20,7,6,3) . ان اهم نقطة لنا في هذا الفصل هو معرفة اهمية هذه الالية في حبوب هجن الذرة الصفراء ممثلة مجموعة النباتات الحبوبية (45,43,42,41,40,39,37,33,29,27,19,17,13,12,10,8,5,1)

تشكل حبة الحبوبيات :

يمكن القول بشكل عام ، ان تشكل الحبة في الحبوبيات بالذات يعتمد على انظمة مختلفة تؤثر في جينات كل من الجنين والسويداء فيختلف تعبيرها الجيني بحسب تأثير تلك الانشطة . اذا اخذنا مثلاً الجنين وهو diploid (2n) فانه يخضع لتاثير 1 :1 لكل من الام (m) والاب (p) ، بينما في السويداء والتي هي triploid (3n) فانها واقعة تحت تاثير جينات الاب والام بنسبة 2m:1p وذلك بسبب حدوث الاخصاب المزدوج للسويداء ، حيث تأتيها 2n من الام (الخلايا المركزية) و n واحدة من نواة الاب (حبة اللقاح) فتكون النسبة كما ذكرنا 2m:1p . استناداً لذلك فأن دراسة فوق الوراثة في تشكل الحبة يساعد في فهم طبيعة الفعل الجيني خلال مراحل تشكل الحبة يساعد في فهم طبيعة الفعل الجيني خلال مراحل تشكلها . وجد Sabilli و Larkins (34) انه في الحبوبيات تعاني خلايا السويداء من انقسام خلوي مكثف مباشرة بعد تخصص الخلايا وتمايزها لتكوين النسيج الغذائي في الحبة الذي يمد الجنين والبادرة الناتجة من زراعة تلك الحبة . ان هذه المرحلة من الانقسام الاعتيادي (mitosis) يبدأ من المنطقة المركزية منها بعد 4 – 5 ايام بعد التلقيح ويستمر لغاية 8 – 12 يوماً بعد التلقيح ، ولكنه قد يستمر لغاية 20 الى 25 يوماً في خلايا المنطقة المحيطة بالسويداء . ان تمايز خلايا السويداء ينتج عنه تكوين اربع مناطق هامة فيها هي aleurone والسويداء النشوي ومنطقة انتقالية transfer layer والمنطقة المحيطة بالجنين ، وجد Elsahookie (13) وكذلك Yousif وEsahookie (42) انه في كافة تضريبات سلالات الذرة الصفراء ، كانت الام هي التي تحدد صفات الحبة الخاصة بشكلها ووزنها ولونها ، بستثناء حالة واحدة كانت مختلفة مع بعض الاباء لما تكون الذرة الحلوة هي الام ، اذ تغيب بعض صفات حبتها.

نتائج دراسة حبوب التضريب B73× Mo17 :

ان هذا الهجين من الذرة الصفراء ، المذكور في اعلاه هو احد اشهر الهجن التي شاعت زراعتها في الولايات المتحدة ، كما انتقلت الى عدة دول اخرى ، وذلك لانتاجية هذا الهجين ولصفاته النوعية المقبولة . فيما يلي بعض الملاحضات الخاصة بجوانب معينة على السلالات والهجين :

1. ازواج القواعد في سلالتي الهجين B73×Mo17 :

اشتغل Xin وآخرون (40) على سلالتي هذا الهجين ودرسوا عدة صفات تتعلق بالحبة والقواعد النايتروجينية في السلالات ، فكانت قواعد السلالة Mo17 (2,058,527,894) تحتوي على مجموع 117,847,390 bp من الفجوات القصيرة ، وبذا فان جينوم هذه السلالة كان بحدود 94,3% مماثلاً لما في جينوم السلالة B73 من حيث حجم الجينوم ، اذ كان يضم 2,006,432,971 bp من القواعد النايتروجينية . ان تشخيص اختلاف نيوكيتايد فردي (SNP) والادخالات والحذف في الجينوم قدتم اختباره كذلك في هذا البحث ، وقد وجد ان هناك 6,557,611 SNPs شخص فيها 157، 994 ادخالاً و 191,549 حذفاً بين جينومي السلالتين B73 و Mo17. ربما هذا الحجم الكبير من تغاير الجينومين هو الذي جعل من ذلك التضريب هجيناً متميزاً عالماً ، ولكن لو كان الامر كذلك ، فهل سنحصل على هجين متميز (elite) فيما لو تمكنا من زيادة عدد الادخالات والحذف بين سلالتين متباعدتين وراثياً بطرائق مبتكرة حديثة ، او سوف تبتكر ؟ لحد علمي الجواب صعب لحد معلومات اليوم .

2.دور جينوم الاب في التضريب التبادلي :

ان معظم مربي النبات ، وخصوصاً المعنين في استنباط هجن الذرة الصفراء يقومون بالتضريب التبادلي reciprocal crossing وذلك من اجل كشف دور جينوم اي من الابوين يخدم في اظهار صفة معينة مفيدة في افراد الهجين . اعطى تضريب Mo17×B73 عدداً اكبر ونسخاً اكثر تواجداً من اليلات الاب اعلى مما في التضريب المعاكس B73×Mo17 وذلك من خلال مدة 3 الى 5 ايام بعد التلقيح ، اذ كان هناك مثلا 1194 جيناً ابويا نشطاً عند 3 ايام من التلقيح شخصت من التضريب B73×Mo17 الذي شخصت فيه 874 جيناً فقط (40).كان في ذات الوقت وعند 5 ايام بعد التلقيح وفي التضريب Mo17×B73 قد شخص 3478 جيناً نشطاً من الاب . لقد كان من الامور الغريبة التي وجدت في نتائج هذا البحث ان الجينات المشتركة بين التضريبين التي بقيت نشطة من بين تلك الاعداد هي 2561 جيناً . اما عند 7 ايام من بعد التلقيح ، و10 ايام و 15 يوماً ، فان الجينات النشطة للسويداء كانت بالنسبة المئوية من مجموع الجينات 74.3% و71.3% و 70.9% ، بالتتابع . هذا ولما قام الباحثون بمقارنة الجينات النشطة

في كلا التضريبينMo17×B73 و B73×Mo17 بعد 3 و 5 ايام من التلقيح ، فقد كانا متماثلين في نشاط الجينات الابوية .

3. دور SNP في سويداء الهجين :

استمر الباحثون Xin وآخرون (40) بمزيد من التحاليل الجزيئية في جينومي التضريبين ، ووجدوا ان عدد الجينات القادمة من الابوينimprinted في كامل الحبة (whole kernel) كانت 11,027 و10,573 و 7777 من الجينات الحاوية على SNPs عند 7 و 10 و 15 يوماً بعد التلقيح للسويداء ، وبالتتابع . ان هذه الجينات التي تم تشخيصها قد عُلمت انها جينات مرشحة على انها جينات imprinted ، وان 284 و 606 و 190 جيناً حددت انها ذات تعبير مختلف عن الابوين عند 7 و 10 و 15 يوماً بعد التلقيح ، بالتتابع . كذلك كان هناك 300 PEGs (paternal expressed genes) و 499 MEGs (maternal expressed genes) خلال مراحل تشكل السويداء الثلاث ، وكان من بين جينات MEGs499 ، 418 شخصت عند 10 ايام من التلقيح ، فيما كان 213 و 130 و 163 جيناً من 300 MEGs لوحظت عند 7 و 10 و 15 يوماً من التلقيح ، بالتتابع ، اي بقيت فعالة خلال المدة المذكورة .

4. Nonimprinted genes in the endosperm :

لما تحدثنا عن الجينات النشطة من الابوين خلال مراحل تشكل السويداء ، فلا بد من متابعة عدد الجينات التي هي nonimprinted التي بقيت خاملة في الهجين كما كانت في الابوين ، وبذا يعتقد Xin وآخرون (40) ان وجود مثل هذه الجينات يسبب تغايرات للصفات الكمية في ذرية الهجين ، اي كأنها تنشط عند بدء الانعزالات ولسبب غير معلوم ، لقد وجد في المراحل الثلاث للعينات 7 و 10 و 15 يوماً من التلقيح وعلى سويداء الحبة ان هناك 1688 جين من B73 ، و 1130 جيناً من Mo17 سببت انحراف نسبة التعبير الجيني التي هي 2m:1p وهذه الجينات اطلق عليها allele – specific ترتبط بالاب او الام وتعبيرها . هذا وقد كان من بين تلك الجينات 300 من B73 و 128 من Mo17 اعتبرت non –parent specific وفي كلا التضريبين . اما النوع الاخر من الجينات فكان inbred line dependent imprinted عبرت مرة بصورة allele – specific واخرى biallelic expression وبحسب اتجاه التضريب (39) .

5.تعبير MEGs و PEGs في السويداء :

قام Xin وآخرون (40) بتصنيف جينات الطبعة الابوية وهي بعدد 290 جيناً فوضعوها في اربع مجاميع ، مجموعة تنظم التعبير الجيني بالطبعة الوراثية ،

وجينات تشكل السويداء ، وجينات الاستجابة للفعل الهرموني ومجموعة الارتباط مع DNA الخلية (DNA-binding) ، ان هذه المجاميع الاربع اشارت الى ان الجينات لها علاقة بايعازات الهرمونات ، اي ان هناك جينات توعز بانتاج الهرمون فيما هناك جينات تستجيب لفعل الهرمون ، وكذلك تنظيم الاستنساخ المرتبط بتشكل السويداء وبحسب مراحل نمو خلاياه . لما تم فحص جينات MEGs وهي 194 وجينات PEGs وهي 96 ، وجدوا مجموعتين فقط ومجموعة واحدة كان لها اثر كبير في كل من جينات MEGs و PEGs ، بالتتابع . كانت المجموعة الاولى من MEGs هي المستجيبة للفعل الهرموني والتي تضمنت 13 جيناً . 6 منها كانت مرتبطة باستنساخ الاوكسين . اما المجموعة الثانية فكانت مرتبطة باوعية غشاء السايتوبلازم ، والتي تضمنت 26 جيناً كانت تشفر لعدة انزيمات مختلفة وبروتينات نقل وتكوين بروتينات جدران الخلايا الواقعة في غشاء السايتوبلازم ، وهذه النتائج تفترض ان هذه الجينات من MEGs قد تكون لها علاقة بنقل مغذيات بين الخلايا ونقل ايعازات مختلفة . اما المجموعة الوحيدة التي كانت مشبعة من بين 29 جين من PEGs فقد كانت مجموعة DNA binding . ان هذه المجموعة تمثل عدة اشكال او صيغ من التداخلات الجزيئية تشتمل على DNA binding و RNA binding و ATP binding ، فيما لم يعرف دور جينات MEGs وPEGs في هذه الحالة .

6. انموذج MEGs و PEGs في الطبعة الابوية :

اوضحت الدراسة الموسعة التي قام بها Xin وآخرون (40) وجعلناها اساساً في هذا الفصل للنقاش ، اوضحت ان جينات MEGs وPEGs قد ابدت نماذج مختلفة في طبيعة تعبيرها الجيني خلال مراحل تشكل السويداء في حبة هجين الذرة الصفراء . لقد لاحظوا ان جينات PEGs قد تم التحقق منها عند التلقيح ، بينما في MEGs عند عشرة ايام من التلقيح . كانت من الجينات 194 من MEGs المشخصة في المراحل الثلاث ، منها 150 قد عبرت بشكل خاص عن الام في كلا التضريبين وخصوصاً عند 10 ايام من التلقيح من جانب آخر ، احتوت السويداء في اليوم السابع من التلقيح اعلى عدد من PEGs ، كان 26 منها ابوية التعبير فقط في هذه المرحلة وفي كلا التضريبين . كذلك قد وجدوا ان PEGs في السبعة ايام بعد التلقيح كانت منحرفة النسبة بمعنوية عالية ، بينما عند عشرة ايام من التلقيح فان MEGs قد زاد فيها مستوى التعبير بحسب مرحلة التشكل . كانت هناك 3 جينات خاصة من PEGs في مرحلة 7 ايام بعد التلقيح و 9 عند 10 ايام من MEGs قد درست ، واتضح من ذلك ان الجينات الثلاثة من PEGs اعطت تعبيراً ابوياً منحرفاً في السبعة ايام من التلقيح في كلا التضريبين مع ان اليلاتها من الام كانت معبرة بشدة في التضريب Mo17×B73 . لقد تم اختبار الجينات التسعة من MEGs واتضح انها اعطت تعبيراً متفوقاً خلال 7 و 15 يوماً من التلقيح في كلا التضريبين

كان من بين جينات MEGs ماهو مرتبط بايعازات هرمونية وخصوصاً ماهو من عائلة indole -3-acetic acid ، مما يفترض ذلك ان نفهم ان تغذية السويداء يعتمد تماماً على جينات الام .

7. جينوم الاب عند 7 ايام في السويداء :

يمكن القول عموماً ان المعلومات المتوفرة حول انشطة الفعل الجيني من جانب جينوم الاب وجينوم الام في سويداء حبة الهجين في الذرة الصفراء لاتزال محدوده جداً ، وذلك بدءاً من عملية الاخصاب بين السلالتين وحتى اكتمال تشكل الحبة بكاملها الجنين والسويداء وكافة الاغلفة . لقد ذكر Nodine وBartel (30) ان النتائج المتحصل عليها حول حبوب هجن الذرة الصفراء تفترض ان تنشيط جينات الاب والام قد يتاخر نسبياً في الجنين ، مع ان هناك معلومات معاكسة تقول ان نشاط تلك الجينات يتاخر في السويداء ، وان كلا الابوين ينشطان في ذات الوقت . لقد وجد Xin وآخرون (40) انه عند 3 ايام بعد التلقيح كان هناك 941 جيناً اوضحت نسخاً من التاثير الابوي اقل من نسخ الام ، ومن 941 جيناً كانت 923 جيناً قد عبرت في بداية التلقيح (zero time) مما يفترض من ان التحيز الواضح عن النسبة ليس بالضرورة ان يكون انعكاساً لتاخير نشاط جينوم الاب ، وانما الارجح نتيجة وجود نسخ من الام في نسيج الحبة . اذن سيكون من المناسب الاستنتاج ان نشاط جينوم الاب كان تقريباً كاملاً عند 7 ايام من التلقيح او ربما قبله بقليل ، وذلك ان غالبية 11,027 جينا ذات SNPs كانت ثنائية الاليل في تعبيرها ، وان نسبة الجينات المعبرة بحسب النسبة 2m:1p كانت مماثلة في سويداء الحبة عند كل من 7 و 10 ايام من التلقيح .

8. ميثلة DNA وطبعة MEGs وPEGs :

قام كذلك Zhang وآخرون (45) بدراسة موسعة على ذات السلالتين B73 وMo17 وهجينهما بالتبادل . لقد استخدموا DNA من السويداء بعد 12 يوماً من التلقيح للتضريب B73×Mo17 وحصلوا على 866 مليون من قراءات مزدوجة الطرف paired – end ذات 100 bp !! انها حقاً ارقام مذهلة تحدث على المستوى الجزيئي في خلايا مثل هذه النباتات ، ولاجل التحليل بهدف معرفة allele specific methylation ، كان يكفي لذلك جين واحد ليغطي فعل اليلات جينوم الاب والام وذلك في مناطق تحوي في الاقل SNP واحدة بين السلالتين B73 و Mo17 وقد اتصفت بهذه الخاصية 98 جيناً منها 39 MEGs و59 PEGs . من هذه الجينات اوضحت 9 MEGs و 8 PEGs ميثلة مختلفة من نوع CPG بين اليلي الابوين . كذلك وجدوا 4 DMRs لاربعة من RNAs غير المشفرة من بين 13 نسخة كانت تحت التحليل . من جانب اخر فقد ذكروا انه على الاقل 699 جيناً قد

طبعت في سويداء الحبة مع 11 PEGs و 68 MEGs و 38 RNAs من الطويل غير المشفر في جينوم النبات. كان يعتقد ولعدة سنوات ان ميثلة DNA تلعب دوراً هاماً في آليات فوق الوراثة ، وقد لوحظت فروقاً في الميثلة لجينات imprinted من الاب والام ، وهذه النتائج تشير الى انه 17.3% من جينات الذرة من نوع imprinted كانت ذات ميثلة متباينة من بين اليلات الابوين الداخلين في الهجين . ان العدد الكبير من جينات imprinted يوضح انه لايوجد فرق في ميثلتها بين جينات الابوين ، وبذا استنتجوا ان الميثلة تدخل فقط في تنظيم جزء صغير من جينات imprinted. كذلك فان كلا MEGs و PEGs قد امتلكوا DMRs تبين انموذج ميثلة واطئة لجينات الام وميثلة عالية لجينات الاب . بالنسبة لهذه النتائج المتحصل عليها فان عددا كبيراً من جينات تشفير البروتين وقطع RNAs الطويلة وعناقيدها المنتشرة في الجينوم ، كلها توضح ان هناك حالة معقدة فعلا لتحديد آلية فوق الوراثة في تشكل سويداء حبة الذرة الصفراء . اما Inoue وآخرون (23) فقد كشفوا ان مواقع جينومية معدودة كانت نشطة من الام بسبب وراثة histone-3- lysine 27 ذي الميثلة الثلاثية trimethylation (H3K27me3) . فيما ذكر Brannan وBartolomei (6) ان جينات imprinted في الانسان تقع عادة في Clusters تنتشر على الجينوم ، كما ذكر Dong وآخرون (12) ان ميثلة DNA تلعب دوراً هاماً في تعبير جينات الام MEGs وكذلك جينات الاب PEGs وان تلك الجينات تسيطر عليها glycosylase ميثلة DNA او DNA methyltransferase . عموماً فان عدة جينات imprinted كثير منها يرتبط بميثلة متباينة لمناطق (DMRs) عندما تكون جينات الام اقل ميثلة وجينات الاب اكثر ميثلة . يمثل تحور الهستون مستوى آخر من تحورات فوق الوراثة ، ولم تذكر الابحاث التي استعرضناها شيئاً كثيراً عنه مثلما ذكر حول ميثلة DNA . لقد كشف تحليل كامل الجينوم ان هناك عدة حالات من تحولات الهستون مرتبطة مع تنشيط او تثبيط الجينات في عدة انواع نباتية . استنتج باحثون ان تحورات الهستون النشطة (H3K36me3 وH3K4 me3) قد اعطت نظرة خاصة وفريدة في ميثلة DNA وتحورات مثبطة مثل (H3K27me3) من تنظيم جينوم الذرة الصفراء . كذلك وجد ان H3K4me3 و H3K36me3 اعطت ارتباطاً واضحاً مع مستويات الاستنساخ في سويداء حبة الذرة الصفراء كذلك اوضحت نتائج تضريبات B73 و Mo17 في الاتجاهين ان 1393 من قمم H3K4me3 و 980 من H3K36me3 كانتا موجودتين في كلا التضريبين ، وبذا واستناداً الى العلاقة بين جينات imprinted و allele – specific وقمم H3K4me3 وH3K 3 و6me3، فقد استخدموا عينات من عمر 12 يوماً بعد التلقيح بين سلالتي الهجين (نسيج السويداء) ، وتم تشخيص 54 MEGs و 90 PEGs في التضريبين المتبادلين ، وذلك عندما كان نشاط الاليلات النشطة بمعدل خمسة اضعاف في الاقل من الاليلات الساكنة ، هذا ، وبعد استعراض تلك النتائج الواسعة والدقيقة والمتنوعة والعميقة ، فان دور فوق الوراثة

بالتعبير الجيني وتحورات جينات imprinted وانها هامة في قوة الهجين ، وان بعض تلك التحورات قد يورث وبعضها لايورث ، وبذا لابد من ابتكار معدات علمية اكثر دقة من التي تمت الاختبارات المذكورة عليها. ان الباحثين اليوم يتحدثون عن موضوع جديد آخر هو gene – editing وربما يمكن بهذه الطريقة التي تنزع من الجينوم بعض النيوكليناديات او تدخل ، يمكن بها معرفة دور تلك العناصر التي درست ولم يتوصل باحثوها الى نتائج قطعية في مقدرتها التنظيمية او تغيير جينوم النبات ، كذلك نشر قبل اشهر من كتابة هذه السطور عن اكتشاف جديد في خلية الانسان وهو مايسمى I-motif الذي اوضح البحث الخاص به ان DNA الانسان وعلى الاقل بعض الخلايا او مراحل التشكل هو tetra –helix (44) فيما اثبت منذ عشرات السنين ان DNA الاحياء هو double helix كما ظهر بعد سنوات انه في بعض الحالات قد يكون tri- helix ، ويستمر العلم في اكتشاف بعض اسرار الحياة ، وتستمر التقانات في التقدم ، وتستبدل التقانات القديمة لتحل محلها الحديثة ، كما يغض النظر عن النتائج والنظريات القديمة امام حقائق علمية تظهر للباحثين نتيجة تقدم عقل الانسان وتقاناته .

الفصل الثامن

دور الاصول الوراثية في التغاير

سوف نجد في هذا الفصل الخاص بهذا الموضوع الذي هو عن دور الاصول الوراثية في تغاير بعض صفات الانواع النباتية كيف تتغير الصفة من اصل لاخر ، وذلك من حيث نسب انبات البذور وكيفية استجابة هذه الانواع لتغيرات عوامل البيئة وعلاقتها بالمسببات المرضية او المايكورايزا وغيرها من الصفات ، لنتعرف على دور تاثير phylogenetic للانواع في تلك الصفات . لقد جمعت المحررة woods (2018) عدة صفات في كتابها الذي نشرته عام 2018 ، والذي تضمن مجموعة واسعة من النباتات شملت فيها حتى اشجار بعض الغابات ، وذلك يعطي صورة للمربي في كيفية التعامل مع الاصول الوراثية المتغايرة والمشتركة في عدة جينات في جينومها وذلك عبر مراحل التطور الطويلة . فيما يلي بعض تلك الصفات لعدة باحثين طبقوا فيها ابحاثهم في عدة دول من العالم.

1. التغاير في نسبة الانبات لانواع نباتية :

تعد نسبة الانبات لكافة النباتات من محاصيل وخضر وفاكهة واشجار غابات مهمة جداً في الحصول على العدد stands المطلوب في وحدة المساحة ،وذلك بحسب الكثافة النباتية لذلك الصنف من النوع . لقد تم جمع مجموعة بذور من مناطق الحشائش في ارض التبت ، وعند حصادها نظفت ونقيت وخزنت بدرجة حرارة 15 مْ لحين اختبارها في المختبر. درست نسبة الانبات للانواع وطبيعة اصلها الوراثي phylogenetic المعروف عنها ، ودورة حياتها وعوامل البيئة التي تؤثر في انباتها ونموها وذلك على مجموع 134 نوعاً من تلك النباتات المختلفة النمو والارتفاع والعائلة والنوع والجنس ، لكنها كانت كلها تعيش في ذات البيئة المذكورة والتي جمعت منها البذور . لما جمعت البيانات بحسب الصفات المدروسة تم تحليلها احصائياً ، ثم قسمت تلك الانواع بحسب النتائج الى عدة مجاميع منها phylogenetic group ، وقد عللت 13% و 26% من تغايرات نسبة الانيات ومعدل وقت الانبات ، من مجموع التغايرات بالتتابع . اما بالنسبة لصفة تاريخ الحياة والمعايير المرتبطة بها مثل حجم البذرة (وزنها) وطريقة انتشار البذور من ثمارها فقد عللتا 3.7% و 2.1% من تغاير نسبة الانبات ، و6.3% و 8.7% من تغاير معدل وقت الانبات بالتتابع . اما بالنسبة لدرجة الحرارة وطبيعة البيئة habitat التي جمعت منها فقد ععلتا 4.7% و1.0% من تغاير نسبة الانبات ، فيما عللتا 13.5% و 1.7% من تغاير معدل وقت الانبات ، بالتتابع . اوضحت نتائج البحث ان رفع درجة الحرارة عند الاختبار قد زادت من نسبة الانبات وتعجيل الانبات ، اذ استخدموا درجات حرارة في الليل والنهار 12:12 ساعة (داخل المنبتة) واستخدموا عدة درجات حرارة من 5 :15 مْ ولغاية 10:25 مْ ، لليل والنهار بالتتابع .هذا وقد اوضح التحليل الاحصائي المتعدد العوامل (درجات حرارة وانواع نباتية واصل وراثي) الى التوصل الى ان اهم ثلاثة عوامل اثرت بشكل معنوي في انبات بذور تلك المجموعة من الانواع وكذلك في معدل وقت انباتها في تلك المنطقة المخصصة للبحث كانت الاصل الوراثي phylogenetic ثم درجة الحرارة ثم وزن البذرة ، اذ عللت هذه المعايير نسبة 10.5% و 4.7% و 1.4% من تغاير نسبة الانبات ، بالتتابع فيما عللت هذه المعايير الثلاثة نسبة 14.9% و 13.5% و 2.7% من تغاير معدل وقت الانبات ، بالتتابع . فضلاً عن ذلك فان بعض الصفات كانت مرتبطة بصورة اقوى من الاخرى بحسب مجموعة التصنيف التي وضعت في البحث ، اذ كان الارتباط مثلاً في مجموعة phylogenetic (القريبة من بعضها بحسب النوع والجنس) اكثر مما في المجموعة الاخرى مثل صفات تاريخ ذلك النوع في المنطقة ، وكذلك بين صفات تاريخ النوع وبعض عوامل النمو في تلك البيئة استناداً لذلك ، فقد استنتج الباحثون ان الاصل الوراثي للانواع المشتركة فيه له الدور الاكبر في تحديد نسبة انبات بذورها ، ثم ياتي بعدها صفات تاريخ النوع ، وبذا

يقترح هذا الاستنتاج ان الانواع النباتية التي عاشت عبر مئات السنين في بيئة معينة يكون لها اتجاه معين في طبيعة نسبة الانبات لبذورها ، ولكل ذرية من ذريات ذلك النوع ، مما يؤكد كذلك ان برنامج الانتخاب اذا طبق على تلك الانواع ، فانه سيحفظ للنباتات المنتخبة هذه الصفات كذلك ، وبالذات نسبة الانبات ومعدل وقت الانبات الى الاجيال المقبلة وبحسب عوامل البيئة التي ستوفر له .

2. دور الاصل الوراثي لاشجار الغابات للتطبع مع تغيرات المناخ :

يعد موضوع تقلبات المناخ من بين المواضيع الساخنه في العالم سواء من جانب الانسان نفسه وما يتأثر به من حرارة عالية جداً او انجماد شديد او امطار غزيرة مدمره او جفاف مدمر ، او ما ينعكس في حياة النبات وانتشاره وانتاجيته . سوف ننظر في هذا الفصل دور الاصل الوراثي وعلاقة اشجار الغابات ببعضها البعض مثل وجود عدة انواع تتبع جنساً واحداً بالمقارنة مع انواع اخرى تتبع جنساً آخر ، ونرى كيفية تحمل تلك الانواع تقلبات المناخ والاستجابة لها سلباً او ايجاباً . قام بدراسة هذا الموضوع عدة باحثين متخصصين بهذا الجانب في احدى مقاطعات استراليا . ان ارتفاع درجات الحرارة او انخفاضها وكذلك الامطار والفيضانات والغبار وغاز ثنائي اوكسيد الكاربون وشدة او قلة الاشعاع وغيرها ، كلها عوامل مؤثرة في نمو وتنوع وانتشار النبت في المنطقة . ينظر الباحثون الذين طبقوا هذا البحث ان عوامل phylogenetic ربما يكون احد العوامل الهامة التي يمكن الاستناد اليها لدى الرغبة في تجديد غابة معينة في منطقة معينة عندما تعاني من احد تلك العوامل المذكورة ، والتي تؤثر كذلك في انتشار امراض او حشرات معينة قد تكون كارثية في انفجار مجتمعها الجديد على انواع تلك الغابة ، كما انقرضت عدة انواع من الحشرات في عدة مناطق في العالم ، وبلغت عدة الاف من الانواع المختلفة ، من بين اهمها المفيدة في تلقيح النباتات .

قام باحثون بجمع بذور من عدة انواع من اشجار الكالبتوس من بينها Tasmanian ، وفيها الانواع Eucalyptus archeri و E.morrisbyi و E.coccifera لم تدخل في الدراسة بسبب قلة بذورها اثناء محاولة جمعها مباشرة من الاشجار . فيما كانت بذور الانواع التالية كافية وهي التي اعتمدت في البحث : E.barberi و E.brookeriana و E.ovata و E.rodwayi ، وكذلك انواع اخرى تعد من ضمن تحت الجنس sub – genus مثل E.perriniann و E.vimilanis و E.rubicla و E.dalrympleana وغيرها.هذا ولاجل معرفة استجابة مثل هذه الانواع لتصاعد ثنائي اوكسيد الكاربون وكذلك تركيز N في التربة ، فقد تمت زراعة البذور تحت مستويات متباينة من كل من عنصر N وتركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في هواء غرفة النمو وتمت مراقبة نمو البادرات تحت تاثير تغيير العاملين المذكورين . كانت بذور الانواع قد وضعت بصورة عشوائية ضمن كل مستوى من N وكل مستوى من ثنائي اوكسيد الكاربون ، على انفراد ، درست صفات المادة فوق

الارض above ground biomass (ABG) وذاتها تحت الارض BGB = below ground biomass ومجموع المادة total biomass (TB) ونسبة البذور الى الجزء العلوي root: shoot ratio (R:S) ، وكانت قيمة F معنوية لمعظم الصفات المدروسة للانواع (26 نوعاً) .

الصفة	SPP.		SPP. × CO_2		SPP × N		SPP × CO_2 ×N	
	F	P	F	P	F	P	F	P
AGB	7.83	0.001	0.97	0.50	1.35	0.167	1.96	0.016
BGB	7.14	0.001	1.01	0.46	1.12	0.336	1.85	0.023
TB	7.28	0.001	0.89	0.59	1.18	0.288	1.92	0.019
R:S	3.3	0.001	1.73	0.04	0.46	0.973	1.91	0.570

يتضح من الجدول ان كافة انواع الكالبتوس المدروسة قد اختلفت بصورة عالية المعنوية جداً بالصفات الاربع المدروسة ، الامر الذي يؤكد التاثير الوراثي في اصل هذه اصل هذه الانواع ،اما بالنسبة الى تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون فانها كانت متماثلة الى حد ما فيما بينها من حيث عدم تأثيرها بمستويات الغاز ، كذلك كان حال الصفات الاربع بالنسبة لتداخل الانواع × النايتروجين اما في التداخل الثلاثي للانواع × الغاز × N فكانت الصفات الثلاث الاولى كلها قد اختلفت معنوياً. باستثناء نسبة وزن الجذر الى وزن الجزء فوق الارض فلم تختلف معنوياً لقد قام الباحثون باختبار تلك الانواع لصفات بادراتها وحللوها باثنين من النماذج الاحصائية linear model و mixed model . كانت النتائج متفقة تماماً في تلك التحاليل من ان phylogenic كان مهما في تلك التغايرات ، كما ان تاريخ مراحل نموها في تلك المنطقة لابد ان يكون له دور في ذلك ، اذ قاموا ببعض التحاليل الجزيئية على ذريات اشجار تلك الانواع ، وبذا فقد كان الاستنتاج النهائي حول تلك الاشجار ان بعضها هو افضل من الاخر في النمو تحت تلك البيئة ، كان فيها متشابه وفيها ما اختلف في استجابته .

3. الاصل الوراثي في مجتمعات مايكورايزا :

من البديهي ان عوامل النمو تؤثر بدرجة كبيرة وسريعة في الكائنات الدقيقة من حيث سرعة انقسامها وتكاثرها وتكون مستعمراتها مقارنة بالكائنات الحية الكبيرة ، وبذا فان بعض الصفات الوظيفية قد يصعب تدوينها على مثل تلك الكائنات الدقيقة . تم اعتماد الاصل والوراثي ومعلومات الصفة الوظيفية على بعض المايكورايزا من حيث تكوين مجتمعها في حقل قديم قد تعرض لبعض عوامل البيئة ، وتنمو فيه بعض النباتات العشبية في موقع يعود لجامعة كويلف في كندا . هذا الموقع ضعيف في محتوى الفسفور وقد تركت الزراعة فيه منذ عام 1967. اخذت عينات من التربة لمساحة 50×50 متر في مركز ذلك الموقع ودرست على تلك التربة مايتعلق بالمايكورايزا . تم تحضير المواد اللازمة لزراعتها وتنميتها ومعرفة كثافتها

المجتمعية في العينات المدروسة . اما بالنسبة للعلاقات الوراثية phylogenetic فيما بين انواع المايكورايزا فقد اعتمد الباحثون على تحاليل جزيئية قد اجريت سابقاً من ابحاث منشورة ، وتم تكوين شجرة العلاقة الوراثية التي توضح طبيعة تطورها . كان عدد العينات المدروسة 2601 عينة ، اظهرت منها 2532 عينة درجة تنوع المايكورايزا فيها ، اذ وجد في العينات الاخيرة المذكورة (2532) ان معدل عدد اصنافها في العينة كان بين 1 -8 . استمر العمل على تشخيص ذلك العدد الكبير من العينات وتم تشخيص 15 نوعاً من المايكورايزا في تلك التربة ، والتي تشمل 3 عوائل منها . هذا ومع ان بعض انواعها كانت متباعدة وراثياً غير انها كانت تعيش جنباً الى جنب مع بعضها ، اذ تم استناداً لذلك عمل تصنيف آخر على شكل عناقيد clusters تنتمي لها تلك الكائنات . تم الاستنتاج انه اذا كانت تلك المايكورايزا متقاربة وراثياً وعوامل نموها محدودة ، فان التنافس بينها يشتد ، ولكن عند وفرة عوامل النمو تجدها تعيش سوية مع بعضها بكثافة متقاربة .عليه ظهر من النتائج ان العلاقة الوراثية المتقاربة ليست هي العامل الوحيد الذي كان يمنع نموها مع بعضها البعض في الحقل ، لكنه قد يكون العامل الاهم من بقية العوامل البيئية .

4. محددات المجتمع النباتي بحسب الاصل الوراثي والبيئي :

تم تطبيق هذا البحث في منطقة وسط الامزون في كولومبيا من قبل باحثين يعملون هناك. تشمل تلك المنطقة مساحة واسعة تضم مجاميع مختلفة جداً من النباتات ، وبذا تعد من بين اغنى مناطق العالم في التنوع النباتي في العالم ! . ان اقل شهر فيه سقوط امطار في تلك المنطقة هي بحدود 100 ملم ، والتربة تعد معقدة من تربة طينية حامضية الاس الهايدروجيني فيها مناطق جبلية متموجة ومناطق سهول تعيش فيها مجاميع مختلفة من اشجار الغابات. اخذت قطعتان بمساحة هكتار لكل منهما ، ووضعت علامات على بعض الاشجار التي تم اختبارها للدراسة. جمعت عينات تربة بعدد 150 عينة من بقع من الارض بمساحة 20×20 متر . اخذت العينات من التربة السطحية لعمق 10 سم وتم تحليل هذه العينات في المختبر لمعرفة خواص تلك العينات الكيمياوية والفيزياوية . اما بالنسبة للاشجار ، فقد تم تشخيص كل منطقة بعدد الانواع النامية فيها لمعرفة غناها (richness) بتعدد الانواع الاجناس . تم جمع كافة بيانات تحليل عينات التربة والبيانات المأخوذه على انواع الاشجار ، واستخدم اكثر من تحليل احصائي لبعض البيانات ، كان من بينها المكون الرئيسي principal component analysis (PCA) وكان هذا خاصاً بالبيانات البيئية المتعلقة بطبيعة المنطقة وبالذات بعض خواص التربة اذ جعل PC1 السعة التبادلية للتربة CEC و PC_2 لنسجة التربة من الرمل والغرين ، وقد علل المكون الاول 35% من التغاير اللاحيوي للتربة فيما علل PC_2 معدل 20% من التغاير ، اوضحت نتائج البحث تشابه قطع الارض من الدرجات terraces مع الجبلية hilly من حيث غنى غابة

كل منطقة من التنوع النباتي. كانت بعض مناطق الغابات قيد البحث غنية بنوع معين اكثر من عدة انواع اشجار الغابات الاخرى . لو اخذنا مثلا المناطق الجبلية فقد كانت فيها الاجناس السائدة مثل Eschweilera وRinorea و Euterpe ، فيما كانت الاجناس السائدة في مناطق الدرجات الجنس Zygia وهو من الاجناس المهمة في تلك المنطقة يعود للعائلة البقولية . كانت مناطق الغابات التي لايصلها الفيضان من النهر ذات تنوع وتغاير نباتي اعلى بكثير من التي تغمرها مياه الفيضان. اعطت النتائج استنتاجاً ان العامل الجغرافي وعامل نوع التربة كانا مؤثرين في التنوع النباتي ، فيما كان عامل phylogenetic مؤثراً في منطقة معينة من الغابة ، اذ تم تصنيف نباتاتها بشكل عنقودي clustering بحسب القرابة الوراثية فيما بينها . كانت ارض الغابة التي تغمر بالماء تعاني من تاثير الفيضان السلبي في تنوع نبتها بالمقارنة مع التي لم تغمر بماء الفيضان . على عكس من ذلك ، فقد كانت مناطق الدراسة التي لايغمرها ماء الفيضان ذات تغاير بيئي اوسع بكثير ، الامر الذي ادى الى تنوع نباتي فيها بصورة معنوية ، عليه فان هذه المنطقة من الغابات (Amazonia) تعد من مناطق التنوع (moasaic) النباتي الكبير في العالم ، اذ كان الاصل الوراثي وطبيعة البيئة ، ونوع التربة كلها عوامل مؤثرة في ذلك التنوع.

5. اختلاف التزهير شرقي الولايات المتحدة :

ان الذين يعملون على نباتات معينة في بيئة معينة يعرفون متى تزهر اذا حددوا موعد الزراعة ، وكذلك يعرفون كم تؤثر درجة الحرارة في سرعة وشدة التزهير لتلك النباتات . ان النباتات الشتوية في السنوات الاخيرة ، يمكن ان نلاحظ عليها ان موعد التزهير قد تغير نحو التبكير . ان موعد التزهير والاخصاب ونسبة الاخصاب وعدد ازهار النبات ومدة بقائها على النبات حتى تتشكل البذور او الثمار امر مهم لحاصل ذلك النبات . يمكن مثلا في كثير من مناطق العالم ان نعرف بدء موسم الربيع عندما تنظر حولك الى البساتين والحدائق لتجد ان معظم اغصانها قد غطتها الازهار بالوانها بشكل واضح نتيجة تغيرات المناخ ، ولاسيما ارتفاع درجات الحرارة في الموسم الشتوي . تمت هذه الدراسة في ولايتي ماساتشوهتس ووسكولن / الولايات المتحدة . لقد بدأ تدوين معلومات التزهير عن عدة نباتات في هذه الولاية منذ عام 1852 ، وكانت الاجيال تتعاقب ويختلف الباحثون وتختلف النباتات المدروسة كذلك ، اذ تضم المنطقة ما لايقل عن 200 نوع من النباتات . تم في البحث اختيار 32 نوعاً من النباتات المزهرة في الربيع ، ودونت عليها البيانات المطلوبة ، وكان من بين تلك الانواع نوعان يصعب التمييز بينهما هما Amelanchie arborea و A.canadensis وكلاهما يزهران في ذات الوقت ، وبذا فقد دونت البيانات وكان النوعين هما A.arborea . تم جمع البيانات عن درجات الحرارة في سنوات البحث (2010-2012) وربط ذلك مع صفات التزهير ، وحللت البيانات لاستخراج R^2 لتحديد كم العلاقة هي بين درجة الحرارة وآلية التزهير المدروسة .

اوضحت نتائج البحث خلال سنين الدراسة ومقارنة مع ما مدون سابقاً منذ من 161 عاماً ان موعد التزهير لعدة انواع نباتية قد ابكر عما معلوم ومؤكد عنها سابقاً وذلك نتيجة تغيرات المناخ. لقد كانت المعادلات المستخدمة (regression) قد اكدت تماماً موعد التزهير في هذه السنوات وبالاعتماد كما قلنا على معدلات درجات سابقاً ومواعيد تزهير لتلك الانواع .

ان هذا التبكير الهام في مواعيد تزهير عدة انواع نباتية في تلك الولايتين رجوعاً الى مايقارب 161 عاماً من بدء التدوين للمعلومات على تلك الانواع . استناداً لذلك ، فان الاصل الوراثي الذي تتبع له مجموعة معينة من النباتات قد تأثر فعلا بتأثير تغيرات المناخ ، وبالذات درجة الحرارة ، وجود الغيوم في الجو وتساقط الامطار. اما بالنسبة لمدة الاضاءة فهي الاقل تغيراً في ذلك ، اذن ! فقد تغيرت عدة وظائف في النبات نتيجة تقلبات المناخ ، ومن الافضل تحديد اي الانواع هو الاصلح اليوم للزراعة في المنطقة من حيث الانتاجية والنوعية وعلاقته بالسوق .

6. اكتشاف نيماتود تعيش داخل التين في اليابان :

ان البحث في هذا الفصل قد طبق في بعض مناطق اليابان الزراعية ، وعلى اشجار التين . ان التين فاكهة مرغوبة من قبل ملايين البشر ، واكتشاف وجود نيماتود تعيش داخل ثمرة التين امر يزرع الشك في النفوس كلما اكل احدنا ثمرة تين . ان التلقيح في ثمار التين فيه خصوصية عالية مع زنبور من العائلة (Agaonidae) ، ويمكن تسميته زنبور التين . يعود التين للجنس Ficus وتنتمي اليه عدة انواع species من بينها النوع syconia الذي تمت عليه الدراسة. قام الباحثون باجراء مسح ميداني في جزيرتي Ishigaki وIriomote والواقعتين في اوكيناوا . تضمنت المسوح الميدانية الانواع F.syconia و F.variegata و F.septica و F.bengtensis ، اذ اخذت ثمار صغيرة لم تلقح بعد وثمار ملقحة وحتى النضج ، جمعت من اشجار هذه الانواع الاربعة ، تم البحث عن انواع النيماتود الموجودة على الاشجار وتصنيفها .اخذت عينات النيماد الى المختبر ، وتم تنظيفها وتصنيفها وكان النوع sycophilus الذي يعود للجنس Bursaphelenchus. اخذت النيماتود ، ووضعت في محلول خاص لتحليل النيماتود جزيئياً باعتماد PCR للتعرف على طبيعة DNA فيها ، والاعتماد على اختبار RNA الخاصة بذلك ، فقد تم التحقيق من ان النوع فعلاً هو sycophilus ، نيماتود تعيش داخل ثمرة التين ، وذلك بحسب الانموذج الخاص بتحليل phylogeny لهذا الطفيلي . يقول الباحثون ان مميزات هذا الطفيلي من حيث شكله المورفولجي ، وتغيرات مختلفة عما معروف عن انواع هذا الطفيلي وخاصة الاعضاء الذكرية والانثوية فضلاً عن صفات اخرى ، كل ذلك يشير الى ان هذا النوع المشخص حديثاً هو نتيجة لاستمرار عملية التطور في الاحياء ، وخصوصاً التغايرات التي عرفت في هذا النوع الجديد وانواع النيماتود التابعة للجنس

Bursaphelenchus والتي تجعله مؤهلاً اكثر للتطور مستقبلا لظهور انواع اخرى .

7. علاقة النبات المضيف بانواع الفراشات :

ان اعداد الانواع والاجناس من مجاميع الحشرات ذات خصوصيات معينة ، منها الضار ومنها المفيد . في هذا البحث دراسة عن مجموعة الفراشات التي تعيش في اجواء مختلفة في العالم وتكثر في الربيع عند ازهار النباتات ، فهذا البحث الذي قام به مجموعة من المختصين من عدة دول ، كي تشمل دراستهم مدى مسحياً واسعاً من الارض الزراعية التي فيها كثافات متباينة. من المعلوم كذلك ان نوع النبات له علاقة بنوع الفراشات التي تزور ازهارها ، وهذه الدراسة الموسعة تلقي الضوء على هذه العلاقة لتقف على بعض حقيقتها بصورة علمية موفقة . اعتمد الباحثون على phylogeny حديث لتشخيص علاقة النباتات مع بعضها وراثياً او تصنيفياً ، وذلك على مجموعة من مغطاة البذور angiosperms ، وكذلك رتبت عوائل او رتب الفراشات بحسب ماهو معلوم في الابحاث المختصة ، تم جمع اعداد كبيرة من الفراشات تعيش في مناطق البحث ، بعد ان شخصت انواع الاشجار وعرفت رتب الفراشات ، وذلك كله لاجل الاجابة على بعض الاسئلة من بينها :

1- هل هناك ارتباط عام بين تغاير نباتات المضيف وكثافة نوع او انواع معينة من الفراشات عليها؟
2- هل كان هناك تطور لنباتات المضيف له علاقة مع ذريات الفراشات عبر السنين؟

من اجل ذلك تم جمع 4444 سجلاً عن 552 نوعاً من الفراشات ، والتي تمثل حوالي 28.6% من مجموع فراشات العالم من الانواع التابعة الى papilionoidea ، وتعود هذه الانواع الى 1163 جنساً . كانت النباتات العائدة الى العائلة البقولية تقتات عليها 1007 انواع ، فيما كانت بقية الانواع من النباتات اقل من ذلك . وجد ان هناك فراشات معينة تشترك في زيارة مجموعتين من النباتات هما Papilionoidea وMagnoliids ، فيما كانت انواع معينة من الفراشات تقتات بصورة خاصة على نباتات احادية الفلقة . كان الاستنتاج الاخر هو انه بالرغم من وجود علاقات معقدة بين انواع الفراشات وانواع النباتات المضيفة ، الا ان التطور الذي غير من طبيعة النباتات في المناطق المدروسة قد اثر في حجم التغاير الوراثي بين انواع الفراشات .

8. الانتقال الافقي لجينات عائلة PEP- carboxylase :

تحدث العالم لسنين طويلة ولايزالون يتحدثون عن نظرية Darwin في التطور ، وقد وضعت عدة مخططات ترتب الاصناف والانواع والاجناس في النباتات وكذلك الحيوانات ورتب الحشرات ، وعلى اساس تماثل بعض صيغ DNA في خلاياها وما فيها من الجينات ، غير ان وجود جينات تنتقل افقياً horizontal transfer يجعل

التساؤل كبير جدا عن صحة تلك النظرية . قام عدة باحثين في الصين بتطبيق بحث موسع على مجموعات من البكتريا والنباتات الصغيرة والكبيرة واشجار الغابات ، وتم بذل جهود كبيرة لبضع سنين ، ثم قاموا بتحليل التتابعات الجينية في تلك الاحياء ، كان الموضوع وبحسب ما ذكرناه في العنوان هو عن انزيم معروف وشائع جداً في البكتريا والاشنات والنباتات العشبية والخشبية وغير ذلك. والذي دون على هذا الجين ، والذي هو جين pepcase الذي يطلق عليه phosphoend pyruvate carboxylase الذي له دور هام في التمثيل الكاربوني وتشكل الاعضاء في كل تلك الاحياء النباتية . كان يعتقد ان هذا الجين يوجد في بعض النباتات بصيغتين كل واحدة تنتمي الى عائلة من الجينات ، فيما تمتلك نباتات اخرى صيغة واحدة منه فقط. اعود الى الجملة السابقة ، اذ قلت ان الذي دون على هذا الجين في الابحاث هو ان هذا الجين في النباتات هو (PTPC) بينما في البكتريا (BTPC).غير ان تشخيص الاصل الوراثي phylogenetic في هذا البحث اوضح ان (PTPC) هو منحدر من اجداد مثله في النباتات ، وان BTPC قد انحدر كذلك من الذريات المتعاقبة عبر اجيال التطور، و ذلك يدل على ان الصيغتين من هذا الجين قد انحدرتا من اصل واحد من PTPC ، وهذا يخالف ما موجود في الابحاث بحسب شجرة التطور التي توضح طبيعة مشاركة الانواع والاجناس في مجموعة او عائلة من الجينات . كذلك يعتقد في اصل النشوء والتطور ان البكتريا قد نشأت قبل نشوء النباتات ولكننا هنا نجد ان BTPC البكتريا قد شارك في تركيبته مع جين النباتات PTPC ! لاجل فهم ذلك ، قام الباحثون بترتيب جديد لاعادة النظر في اصل عائلة جين pepcase .اوضحت النتائج ان كلا PTPC و BTPC قد انحدرا من نفس الاصل ، وهو انهما انتقلا من بكتريا ثم الى نباتات حقيقة النواة ، ظهر كذلك من نتائج هذا البحث حول تحليل الاصل الوراثي ان هناك 48 جيناً اخرى من نوع pepcase قد انحدرت هي الاخرى من نفس الاصل ، اي ان هناك انتقال عبر مملكة الى مملكة اخرى ، الامر الذي جعل الباحثين يعتقدون ان هذا الانتقال الافقي لهذا الجين وغيره هو احد اسس التطور في النباتات والحيوان الذي اغفله الباحثون في التطور لسنين طويلة ، وبذا فهم لايريدون ان يؤمنوا ان الذي خلق المخلوقات هو الذي جعل فيها تلك الجينات المختلفة منها والمتشابهة .

9. اهمية صفات النوع في توزيعه في جزر المحيط :

تعد تغايرات الانواع والتغاير ضمن النوع من بين اولويات الانتشار والتكاثر في بيئة معينة ، فمثلاً كانت ارض الرافدين قد انتشرت فيها عدة انواع بيئية biotypes من حنطة الخبز ، حتى اصبحت المنطقة من العراق وفلسطين وسوريا وايران وافغانستان موقعاً بيئياً لوجود عدة انواع واجناس من النباتات المختلفة ، بحيث اهتم عدة باحثين امريكان وانكليز وألمان بجمع تلك الاصول من هذه المناطق ودراسة تنوعها واختبار زراعتها في بيئات اخرى ودراسة انعزالاتها والانتخاب عليها . عليه

، يمكن القول اننا اذا عرفنا طبيعة تلك التغايرات وعلاقتها بالبيئة فيمكن بذلك توقع نجاح اي نوع نخطط لزراعته في بيئة جديدة ، هنالك مثلاً تغيرات كبيرة قد تحدث في منطقة معينة ، مثل ان تحيط غابات بمنطقة زراعية ، او تجرف الطبقة السطحية من تربة منطقة زراعية ، ولكن بعد سنة او اثنتين نجد ان نباتات تلك الانواع لازالت قادرة على العيش والتكاثر . قام باحثون في جمهورية جيكيا بدراسة مكثفة لمعرفة مقدرة انواع نباتية معينة للعيش في بيئات ذات خصوصية قد تختلف عن بيئتها الاصلية . ان تدخل الانسان في الوقت الحاضر في طبيعة معظم البيئات في العالم جعل من الصعب الوقوف على التفاصيل الدقيقة الخاصة بتلك البيئة . ان الانواع المشتركة من جنس او اجناس اخرى ، قد تشترك ببعض صفات التكيف في بيئة معينة غير ان ذلك لايمنع ان تتكيف كذلك انواع اخرى من جنس او اجناس اخرى ، وذلك لامتلاكها بعض الصفات التي تمكنها من التطبع في تلك البيئة من اجل ذلك قرر باحثو هذا البحث اختبار بعض الجزر الواقعة في المحيط لاجراء هذا البحث ، لانها ربما هي البقع الاكثر بعداً عن تدخل الانسان في تغيير عوامل نموها اوانواعها النباتية ، وبذا ربما يمكن بسهولة التوصل الى طبيعة التطور التي حصلت في تلك الانواع وتحديد الاصل الوراثي لكل منها . تضمن البحث 18 نوعاً من النباتات بحسب انتشارها وكثافتها في بقع محددة للبحث في جزرالكناري . جمعت البيانات اللازمة وحللت مرة مع الاصل الوراثي phylogenic واخرى من دونه. اوضحت نتائج البحث انه لاتوجد صفة واحدة للنوع وحدها تسمح له بالانتشار والتكاثر متميزاً عن غيره من الانواع ، ولكن تماثل بعض الانواع من الصفات ربما يسمح لها ان تعيش جنباً الى جنب في بيئة معينة . ان ذلك يعني ان التحاليل المتعلقة بالاصل الوراثي ربما تعطينا اكثر تصور حول الموضوع ، اي ان الارتباط بين الاصل الوراثي والانتشار لم يكن دائماً خطياً ، وذلك ان بعض الانواع التي كانت غائبة في موقع من الجزيرة لم تكن اصلا تختلف عن انواع اخرى موجودة فيها ومنتشرة ، وبذا يبقى التساؤل انه لابد من عامل اخر بجانب الاصل الوراثي له علاقة بالانتشار والكثافة.

10. كيف يؤثر استخدام الارض في قلة التغاير الوراثي ؟

ربما كلما كتب احد المربين موضوعاً عن التغايرات الوراثية genetic diversity او الاصل الوراثي phylogeny يقول ان تدخل الانسان في النبات والارض قد قلص من حجم التغايرات النباتية في النوع والجنس الى درجة كبيرة . ان عدد الابحاث التي طبقت في هذا الجانب ليست قليلة ، ولكن لاتزال هنالك فجوة او ربما فجوات لتحديد اي نوع من عمل الانسان هو الذي يقلل من التنوع الحيوي Biodiversity ، كيف ؟ قام باحثون ألمان بتحديد منطقة مناسبة للبحث ، اذ ان هناك مشروعاً المانياً موسعاً يتجه شرقاً وغرباً وشمالاً وجنوباً لمسح المنطقة كلها من حيث التنوع الحيوي وعوامل البيئة فيها بعد تقسيم كل منطقة بحسب ما فيها من

خصوصوية نباتية او بيئية ، فضلاً عن تحديد طبيعة عمل تدخل الانسان في تلك المنطقة . بعد ان تم الحصول على الترخيص للباحثين بالعمل ضمن اراضي المشروع تم ابلاغهم بالموافقة لكنها مشروطة بعدم التعرض لاي نوع من الانواع المهددة بالخطر او واقعة تحت حماية معينة من السلطات العلمية المختصة بالمشروع المذكور . حددت قطع بعدد 150 قطعة ، كل منها يشرف عليها مزارع خاص بها ، وتمت مقابلته وجمع المعلومات عما يقوم به من عمليات في تلك الارض . بعد ذلك اخذت عينات بمساحة 4×4 متر من كل من المناطق المذكورة (150 منطقة) وهي كلها ارض حشائش ، ودرست نباتاتها ودونت انواعها واجناسها وكثافتها . كذلك عاد الباحثون الى سجلات موثقة للسنين السابقة حول انتاجية الارض من تلك النباتات ، وقام الباحثون بتدوين صفات النبت بقياس صفاته المظهرية في الحقل ، واعتمدت برامج احصائية خاصة في قاعدة البيانات التي جمعوها. اما عن الاصل الوراثي ، فهناك برنامج خاص في المشروع جاهز للاستخدام والتطبيق على البيانات المجموعة ، واعطيت نسب لكل تعبير مثل ، نادر ، وسائد ، وقليل ... ألخ ، اذ يحدد ذلك بنسبة محددة مثل قول سائد : يعني موجود بنسبة 90% فاكثر من النبت في جمع بيانات جديدة فضلاً عن السجلات القديمة ، وكان العمل مابين 2000-2010 . بعد ان جمعت البيانات كافة وتم تحليلها بحسب عدة برامج ، تم الاستنتاج الى ان الاصل الوراثي لم يتغير كثيراً بحسب شدة استخدام تلك الارض ، ولكن تلك العلاقة قد اختلفت من منطقة دراسة لاخرى ، اي انها لم تكن علاقة ضعيفة دائماً ، لكنها عموماً كانت كذلك بين شدة استخدام الارض وتغير الاصل الوراثي ، وبذا فقد اوصت نتائج البحث ان الاهتمام بالاصل الوراثي في كل منطقة هو افضل من تعميم نفس المبدأ على كافة مناطق البحث ، مما يوحي بخصوصية البيئة في التاثير على الاصل الوراثي .

11. تقييم فرضية التطبع لدارون بين الاصل الوراثي والانتشار :

لقد لفت انتباه الانسان القديم وجود وانتشار النباتات والحيوانات حوله ، ودجن العديد منها ليستفيد منها في تغذية نفسه وعائلته . اما في السنين الاخيرة ، فقد التفت باحثو الوراثة والتحسين في النبات والحيوان ، وكذلك مختصو البيئة الى طبيعة توزيع وكثافة وتنوع اصول النبات والحيوان في بيئات معينة دون اخرى ، لقد وضعت عدة فرضيات حول كيفية انتشار وتكاثر واستيطان نوع او انواع محددة من النباتات في منطقة دون اخرى في العالم ، وربما كان من بين اشهرها ما وضعه دارون ، والتي سميت بعده Darwin's Naturalization hypothesis (DNH). تنص هذه

الفرضية على نجاح التطبع للنوع يعتمد على درجة القرابة في الاصل الوراثي (phylogenetic relatedness) بين تلك الانواع التي نجحت في الاستيطان والتكاثر من جيل لاخر. يمكن القول ان هذه الفرضية هي التي تعد الاكثر قبولاً في هذا الجانب وهي منطق علمي يقبله كل من يعرف طبيعة علاقة النبات بعوامل البيئة ، ولاسيما لما تطورت دراسات التداخل الوراثي × البيئي genotype environment interaction× . عليه ولاجل الايضاح اكثر في الفرضية ، فان درجة القرابة كلما كانت عالية ، كانت الانواع متنافسة اكثر ، اي انه اذا قلت العلاقة الوراثية بين تلك الانواع ، ازدادت امكانيتها للتطبع سوية في المنطقة او البيئة .قام الباحثون في تشيلي بدراسة خمسة عشر نوعاً من النباتات من عدة اجناس تابعة لعدة عوائل منها النجيلية والخردلية والباذنجانية والبقولية وغيرها ، جمعت البذور وحفظت لحين تهيئة الارض للزراعة داخل بيوت مسيطر عليها بعد ازالة كافة الحشرات منها تماماً . حضرت تربة رمل ومادة عضوية بنسبة 50% من كل منهما ، ووضعت في اطباق خشب ووضعت داخل ذلك البيت المحمي . تم تصنيف رتب الانواع النباتية بحسب ماهو معلوم في سلم التطور ، وثبتت نباتات جنس واحد من بين الاجناس الخمسة عشر ليكون مقارنة لدرجة العلاقة او القرابة ، وهو جنس Lactuca . رتبت خلايا التجربة من 1 الى 400 خلية داخل البيت ، ثم نثرت بذور الجنس المذكور بين تلك الخلايا وقسم منها لم تزرع ، وذلك لمعرفة كم ستنمو بينها ، ثم تم تدوين وتبويب وتحليل البيانات حول نسب الانبات ومعدلات النمو وسرعة وشدة التزهير ومدة البقاء (قبل موتها) وغير ذلك من معايير النمو والانتشار . تمت دراسة اخرى لتحديد درجة القرابة من كل جنس الى جنس المقارنة لتحديد علاقتها في سلم التطور . اوضحت نتائج التحليل الشاملة لكل الصفات ان هذه النتائج لم تؤيد فرضية (DNH) والتي سبق وان ايدتها نتائج باحثين آخرين ، ولاسيما على الكائنات الدقيقة والتي اوضحت ان العلاقة عكسية بين شدة القرابة والانتشار او الاستيطان . علل الباحثون ذلك بانهم قد اختاروا جنس المقارنة من الاجناس البعيدة كثيراً عن الاجناس الاخرى من القرابة الوراثية . عليه ، فقد تم الاستنتاج لهؤلاء الباحثين من نتائج التجارب الحقلية الميدانية ان البعد الوراثي (phylogenetic distance) هو عامل ضعيف للتنبوء بطبيعة النوع في الاستيطان ، بل وكان دوره محدوداً في ذلك ، عليه لابد من دراسات اخرى موسعة اكثر وتشمل درجات قرابة متدرجة وبيئات اكثر تغايراً فربما تعطي نتائج افضل نصل بها الى الحقيقة المستهدفة.

الفصل التاسع

دراسات حديثة في الاستجابات الوراثية

تضم البيئات الكبيرة mega- environments وكذلك البيئات الاصغر micro- environments انواعاً واجناساً مختلفة باختلاف تلك البيئات ، كما ان استجابات تلك التغايرات لعوامل النمو في تلك البيئات والتي يقوم بها الانسان لزيادة انتاجيته او تحسين نوعيته ليست بالضرورة ان تنطبق على كافة تلك الانواع او الاجناس ، عليه

، نجد ان الباحثين في العالم عملوا ولايزالون يعملون وسوف يبقون يعملون لسنين اخرى في المستقبل على مثل تلك العوامل بسبب استمرار ظهور تغايرات وراثية جديدة ، وكذلك لظهور عوامل بيئية جديدة سواء من تدخل الانسان او من طبيعة تغيرات المناخ العالية . من جهة اخرى ، فان الشدود الحية biotic stresses واللاحية abiotic ستبقى شاغلة للعلماء والباحثين لمدة طويلة من الزمن ، وذلك لان سكان الارض في تزايد ، وفي اتجاه نمو تحسين الصحة واطالة عمر الانسان ، وكل ذلك يكلف رعاية وعناية في الغذاء والدواء والكساء والمأوى لهؤلاء الناس من هذه الشريحة التي ادت واجبها في الحياة ، والذين يحتاجون الرعاية التامة ، وتماماً مثل اولئك الاجداد الذين ذكرناهم قبل قليل ويحتاجون الرعاية التامة . اذن ، فان العالم يبحث في كل الاتجاهات كي يزيد الحاصل او يحسن النوعية من اجل حياة افضل . ان هذا الفصل هو منتقى لبعض التطبيقات العلمية في بعض دول العالم التي جمعتها المحررة (woods) في كتابها عام 2016 . عليه ، سوف يتضمن كل بحث موجزاً واضحاً عنه لنعرف هدفه والنتيجة التي حصل عليها الباحثون من بحثهم .

1. استجابة البطاطة للكثافات النباتية :

قام باحثون في الحبشة بتطبيق بحث لاجل معرفة افضل مسافة بين الخطوط (65، 70 ، 75، 80 سم) وبين النباتات (20 ، 25 ، 30 ، 35 سم) وذلك لتحديد افضل كثافة بحسب هذه المسافات تعطي اعلى حاصل تسويقي من الدرنات ، لقد كان سبب تطبيق هذا البحث هو ان المزارعين هناك لايميزون كثيراً بين الكثافة المثلى لانتاج درنات الزراعة او التي تنتج لغرض الاستهلاك ، تم اختيار موقع البحث على ارض احد المزارعين والتي ترتفع عن مستوى سطح البحر2500 متر . التربة ذات نسجة جيدة 15% رمل و57% مزيج وأس هايدروجيني 6.8 ، وهو مناسب لانتاج البطاطة .صممت التجربة عاملية 4×4 وبتصميم RCBD . كان البحث قد طبق عامي 2011 -2012 وتحت نظام الري . اعطيت ارض التجربة السماد والري والتعشيب الموصى به في تلك المنطقة ، ورتبت بيانات وزن الحاصل كما في الجدول التالي :

حاصل درنات البطاطا (طن / هـ) بحسب المسافة بين النباتات وكذلك بين الخطوط.

	المعاملة / سم	الحاصل الكلي	الحاصل التسويقي
بين النباتات	20	37.5	35.9
	25	35.8	34.5

	30	35.6	34.7
	35	29.4	28.7
بين الخطوط	65	36.9	35.1
	70	35.3	33.9
	75	34.2	33.8
	80	31.9	31.4
	أ ف م 5%	1.2	1.2

لم تكن البيانات تتركز على الحاصل فحسب ، انما شملت ارتفاع النبات والمساحة الورقية ودليل المساحة الورقية وعدة صفات حقلية اخرى . يتضح من الجدول ان افضل مسافة بين النباتات للحاصل التسويقي كانت 20 سم وافضلها بين الخطوط لذات الحاصل هي المسافة 65 سم ، وبذا فان زراعة البطاطة للصنف المستخدم في تلك المنطقة لانتاج اعلى حاصل تسويقي من الدرنات هي 20 ×65 سم . ان طريقة التحليل الاحصائي كانت ضعيفة اذ انهم قد حللوا كل عامل ومن دون ذكر تداخل العاملين والذي يجب ان يكون ظاهراً في الجدول ، فضلاً عن ذلك ، فانهم قد استخدموا صنفاً واحداً في البحث ، وهذا لايعطي معلومات كافية عن مدى استجابة الاصناف المتغايره في نموها وتفرعها وطبيعة حجم وعدد درناتها للنبات ، اذ ان ذلك لو استخدم ، لاعطى البحث اهمية اعمق واوسع .

2.تأثير المورنكا في التخلص من العناصر الثقيلة :

اصبحت شجرة المورينكا Moringa oleifera من بين الاشجار الاكثر استخداماً للتداوي الشعبي في كثير من شعوب الارض ، من الصينيين والهنود والعرب والاوربيين وغيرهم . قام باحثون في نيجيريا بمحاولة لمعرفة تأثير هذه الشجرة في امتصاص عناصر ثقيلة مثل الزنك والحديد والرصاص في احدى مزارع نايجيريا . طبقت تجربة بتصميم RCBD ، ووضعت الواح ولوثت بمعدل 100 ملغم من الزنك والرصاص والحديد ، كل على انفراد ، وذلك بخمسة مكررات . زرعت شتلتان من شجرة المورنيكا في كل لوح من الواح التجربة . كان الهدف لمعرفة كم ستمتص جذور هذه النباتات من هذه العناصر الثلاثة قيد البحث .اوضحت نتائج البحث ان نباتات هذه الشجرة تمكنت في موسم واحد من امتصاص معدلات 20.1% من الزنك و 22.7% من الحديد و 64% من الرصاص وذلك خلال موسم الاختبار لثلاثة اشهر فقط وبالمقارنة مع معاملة من دون هذه العناصر اتضح من تحليل اوراق وسيقان وجذور النبات ان العناصر قد تجمعت في كافة اجزائها ، ولكنها كانت في الجذور اعلى مما في الجزء الخضري عليه فقد تم الاستنتاج من هذه النتائج ان نباتات هذه الشجرة لها مقدرة عالية من امتصاص Phytoextraction لايونات العناصر الثقيلة من التربة خلال مدة وجيزة ، وبذا فانها من بين النباتات المفضلة في

امتصاص مثل هذه العناصر وربما كذلك لها المقدرة على امتصاص مخلفات اليورانيوم في المناطق التي تعرضت الى استخدام المقذوفات التي تحوي كميات كبيرة من عدة عناصرتلوث التربة والماء الارضي ، كذلك يمكن ان تختبر هذه الشجرة في مقدرتها على امتصاص الاملاح في التربة الملحية في برنامج آخر من نوع phytoremediation ، وبذا فان استخدام اصول وراثية مختلفة من انواع هذه الشجرة قد يكون مفيداً جداً في تنظيف عدة مناطق في العالم من اضرار المقذوفات والملوحة ، وحبذا لو يتأسس مشروع متخصص في العراق على هذا الاساس بعد ادخال عدة اصناف من هذه الشجرة تعود لاكثر من نوع منها ، ويدرس بعد كم شهر اوسنة ستقوم تلك الاشجار بتطهير التربة من الاثار الضارة.

3. استجابة نبات ملحي لتحمل رش الاملاح :

تعيش في البيئة الملحية والبيئة الملحية الصودية في العراق وعدة دول في العالم نباتات تتحمل الملوحة ، بل وربما يمكن القول عن بعضها انها نباتات تحب الملوحة . ينتشر نبات ملحي halophyte في نيجيريا وهو Commelina maritima واراد باحثون معرفة كم من تراكيز الملح يمكن ان يرش على هذا النبات ويبقى نامياً ومتحملاً ، ومعرفة آلية ذلك التحمل . هذا النبات هو كما قلنا نبات ملحي معمر ، يتحمل نسباً عالية من ملوحة التربة وملوحة الماء الارضي ، وهو ينتشر ربما اكثر من غيره هناك ، وارادوا معرفة طبيعة التحمل هذه . اخذت نباتات نامية طبيعياً وتم رشها مرتين في الاسبوع بماء البحر ، واربع مرات وست مرات اسبوعياً ،، واخرى من دون رش ماء مالح ، انما رشت بماء عذب مزالة منه المعادن . حسب عدد النباتات الباقية حية ومعدل نموها ، والكتلة الحية الناتجة منها بعد انتهاء موسم النمو . حللت البيانات احصائياً بحسب التصميم المستخدم ، تأكد ان الرش بالماء المالح لم يؤثر ابداً في موت هذه النباتات ، لكنه قلل معنوياً من معدل المساحة الورقية للنبات ، وكذلك انخفض معنوياً معدل المساحة الورقية للنبات ، وكذلك انخفض عدد اوراق النبات وارتفاع الساق ومعدل قطره . من الغريب جداً ان معدل النمو لم يتغير معنوياً في تلك النباتات تحت أية معاملة رش ملحي ، ولكن معدل المادة الجافة للنبات قد انخفض معنوياً بالرش الملحي ، فيما ظهرت حالة جديدة ، وهي زيادة معدل نسبة الجذر : الجزء الخضري في النبات التي رشت بالماء المالح ، وازداد معدل الرماد في النبات وقل المحتوى العضوي فيها . هذا ونتيجة لضعف المادة الجافة المتجمعة بعد رش النباتات بالماء المالح ، وزيادة الوزن الجاف للجذر الى مثيله للجزء الخضري فقد استنتج الباحثون ان هذا النبات هو حساس للملوحة . انا لا انظر الى النتيجة بهذه الصورة ، اذ كان عليهم ادخال نباتات من نباتات المحاصيل او الخضر ورشها بنفس المعاملات من الماء الملحي ولسوف يرون ويتاكدون كم ان هذا النبات يتحمل الشد الملحي ، وان عنده اكثر من آلية لتحملها مقارنة مع النباتات المزروعة ، ولكن للاسف لم يكن هناك نبات للمقارنة ، ولا اتفق

مع استنتاجاتهم حول نبات يعيش منذ قرون في الترب الملحية ويمتص الماء المالح ، وينمو ويعطي مادة جافة ويكون البذور تحت ذلك العامل البيئي من عوامل الشد . فالبحث عموماً مفيد ولكن تنقصه معايير علمية ، من بينها عدم وجود نبات منزرع للمقارنة وعدم سقي النباتات بالماء المالح ، مع عدم قياس نوع وكمية الاملاح التي تعطى للنبات ، اي من المفروض تحديدها ، لانه كلوريد الصوديوم مثلاً لايضر النبات مثل كاربونات الصوديوم او المغنيسيوم ، كما انهم اعتمدوا على صنف واحد فقط في البحث .

4. انبات البذور بحسب التغاير الوراثي :

لاجل معرفة التباعد الوراثي بين نباتات بذور اشجار نوع من الاكاسيا البقولية (Faidherbia albida) ، قام باحثون في جامعة جومو كنياتا في كينيا بدراسة علاقة ذلك بنسبة انبات بذور وطبيعة نمو البادرات وصفات اخرى ، ان سكان كينيا يعلمون ان هذه الشجرة تتحمل بعض الجفاف وبعض الملوحة ولكن لم يكن من السهل على الباحثين اختبارها في الحقل لانها سوف تشغل مساحة واسعة ، ولابد لمتابعتها عدة سنوات لتدوين بيانات كثيرة ، وذلك مكلف جداً للباحثين الى جمع البذور من تلك الاشجار وتنظيفها وزراعتها في المختبر . ان هؤلاء الباحثين كانوا يعرفون الاختلافات المظهرية بين تلك الاشجار وكذلك بين بذورها لما كانوا يعرفون طبيعة نموها وهم يسيرون داخل غابات انتشارها . بعد جمع البذور ، قيست اطوالها وسمكها وعرضها ومعدل وزنها لكل نوع ، جمعت البيانات ورتبت وحللت واستخرجت نسبة التوريث للصفات بالاعتماد على التغايرات المظهرية اوضحت النتائج ان تلك الاشجار المختلفة قد اختلفت بصورة عالية المعنوية في طبيعتها الوراثية المرتبطة بالصبغات المظهرية الواضحة التي استندوا اليها في الجمع والتصنيف. كانت اعلى نسبة انبات لتلك البذور لغاية 97% فيما كانت الاوطأ 71% وبفروق معنوية عالية . هذا ولما كانت نسب التوريث عالية جداً لصفات البذور المذكورة ، اذ كانت كلها بين 92% - 99% ، عليه فقد قام الباحثون بمحاولة ربط علاقة نسبة الانبات لتلك الانواع بحسب طبيعة النوع الذي يعيش في بيئة مطرية معينة ، اذ لكل بيئة مطرية نوع او اكثر من تلك الاشجار تنمو اكثر هناك ، اذ كانت معدلات سقوط المطر السنوية تتراوح في تلك المقاطعات من 700 ملم لغاية 1700ملم سنوياً . تم تحليل تلك البيانات باستخدام تحليل المكون الرئيس. Principal Comp Analysis ، وتم الاستنتاج انه يمكن الانتخاب على اساس المظهر الخارجي للاشجار وبذورها لتحديد ايها افضل مستقبلاً لتحديد منطقة عيشها بحسب تلك المعدلات من السقوط المطري المتباينة ، ذلك ان طبيعة البيئة لم تؤثر في تغيير تلك الصفات لانها عالية التوريث .

5. شدة تحمل الجفاف والانتخاب لتحمله :

توجد لدينا كما في عدة دول اخرى في العالم نباتات تتحمل الجفاف واخرى تتحمل الملوحه ، واخرى تتحمل ضرر العناصر الثقيلة وغير ذبك . قام باحث من مركز البحوث الوطني الزراعي في كرمان / ايران باختبار نبات بري يتحمل الجفاف . قام الباحث بتشخيص النبات وهو Haloxylon aphyllum ، وجمع البذور من النباتات النامية وتم حفظها لمدة عام تقريباً حتى موعد تطبيق البحث. اخذ حجماً واحداً من الاصص بحدود 3 لتر ووضع فيها تربة مخلوطة من الرمل والمادة العضوية ، وزرع البذور ووضع كافة الاصص داخل بيت زجاجي مسيطر عليه في عوامل النمو . بعد شهر من البزوغ بدأ بتعريض النباتات الى شدود مختلفة من الجفاف خلال اسبوعين من النمو ، اصبح شد الماء داخل التربة 16.5 –dMPa ، وبعد اربعة اسابيع كان الشد اشد من ذلك اذ بلغ 27.2 – dMPa ، وتمت اعادة هذه العملية على النبات لست مدد مختلفة واحدى عشرة مدة اخرى. اثر الشد العالي للجفاف في النبات فاصبحت اكثر مرونه more elastic غير ان ذلك لم يؤثر على طبيعة شدها الازموزي ، وفي كلتا الحالتين من شد الجفاف للاسف ، فان الباحث لم يدون صفات النبات من حيث الارتفاع والمساحة الورقية ودكنة الكلوروفيل ومعدل النمو ، ونسبة الجذر الى الجزء الحضري ، وغير ذلك من الصفات الهامة التي توضح الصورة اكثر حتى يمكن الاستنتاج افضل ، وانما اكتفى بالشدود فقط وقام بقياس كم قيمة الشد في كل مرحلة جفاف ، وهذا لايعطينا ما نحتاجه من معلومات عندما نقوم بتطبيق بحث نستقصي فيه عن حقيقة علمية ، فضلاً عن انه لم يستخدم سوى صنف واحد لجنس واحد من النباتات، وهذا سوف يفتقر الى الجانب الوراثي الهام ودوره في رسم صورة التحمل وآلية حدوثه في النبات سواء تحت شد الملوحة والجفاف والعناصر اللاحية ، او تحت بعض الشدود الحية مثل تحمل الكثافة النباتية العالية او تحمل الاصابة بحشرة معينة او مرض معين ومقدار مايفقده النبات من قيمة معدل نمو او مادة جافة او حاصل .

6. تاثير رش حامض الهيومك والزنك والبورون في نوعية وانتاجية الفلفل :

لاجل معرفة تاثير رش حامض الهيومك والزنك كل منهما بنسبة 0.05% والبورون بنسبة 0.02% على مكونات الفلفل Capssicum annuum الصنف Bullet الشائع في منطقة نادية في الهند ، اذ قام عدة باحثين بتصميم تجربة RCBD بثلاثة مكررات على شتلات مزروعة في اصص . اهتم الباحثون بهذا الصنف كما يقولون لشيوعه الشديد عندهم بسبب لونه الجذاب وطعمه ورائحته. قيست صفات ارتفاع النبات وعدد اوراق النبات ومساحتها وعدد الافرع وعدد الثمار ووزنها وغير ذلك من الصفات الهامة للمحصول. كان اكبر حجم للثمرة ووزن الثمرة وعدد بذور الثمرة ومعدل وزن البذرة عند معاملتي الزنك مع البورون ثم يليها الزنك مع البورون مع حامض الهيومك . ازداد محتوى الكلوروفيل في الاوراق بصورة معنوية عند رش المكونات الثلاثة ، كما كانت افضل قيم لنسب ومواصفات السكر في الثمرة في هذه

المعاملة ايضاً ، وكذلك كانت افضل نسبة بروتين ودهون ومجموع طاقة ومحتوى نشا هو في هذه المعاملة الثلاثية . كانت هناك علاقة موجبة معنوية بين محتوى الثمار من النشا مع المساحة الورقية وعدد الثمار للنبات ومجموع الكلوروفيل . هذا واستناداً الى تحليل المكون الرئيسي PCA فقد اوضح التحليل ان افضل معاملة للرش هي حامض الهيومك مع الزنك تليها البورون مع الزنك والبورون مع الزنك مع حامض الهيومك . فيما يلي جدول ببعض القيم التي تم الحصول عليها من الصفات الخضرية للفلفل .

المعاملة	ارتفاع النبات / سم	ورقة للنبات	ثمرة للنبات	وزن 20 ثمرة / غم
Control	45.6	30.5	3.4	45.7
HA	53.0	40.9	5.5	48.3
Zn	51.1	46.3	6.6	52.7
B	48.3	39.4	5.8	49.6
HA+Zn	58.0	56.3	8.7	60.3
HA+B	51.6	42.6	8.3	57.6
Zn+B	57.0	53.9	9.5	69.3
HA+Zn+B	64.0	58.6	9.8	81.6
Lsd 0.05	**5.9**	**3.2**	**2.3**	**4.1**

من الجدير بالذكر ان جانب التغاير الوراثي كان مهملاً في هذا البحث ، اذ كان من الاجدر تضمين البحث عدة اصناف ولاسيما اذا جمعت من مناطق مختلفة وعرفت عنها تغايرات مظهرية سهلة التمييز بما يتعلق بارتفاع النبات وشكل ومساحة الورقة ولون الازهار ونسبة العقد ولون وشكل وحجم الثمرة مع محتوياتها الرئيسية من المركبات الكيمياوية .

7. تاثير الاثيفون والكثافة النباتية في حاصل واضطجاع الذرة الصفراء :

ينمو محصول الذرة الصفراء في عدة دول في العالم شمال وجنوب خط الاستواء ، ولما كانت تلك البيئات عالية التغاير في كثير من عوامل النمو ، فاننا نجد اصنافاً مختلفة جداً في الارتفاع والمساحة الورقية وحاصل الحبوب وطول موسم النمو . قام باحثون في زمبابوي بتطبيق تجربة على احد اصناف الذرة الصفراء لديهم وذلك تحت كثافات نباتية مختلفة هما 53 الف نبات و 80 الف نبات للهكتار مع تركيزين من الاثيفون هما 0.56 لتر /هـ و 0.84 لتر / هـ في تجربة عاملية ، مع معاملة من دون رش بالهرمون . اثر الاثيفون بصورة معنوية عالية في تقصير ارتفاع النبات بغض النظر عن الكثافة ، مع زيادة في سمك السلامية . انخفضت نسبة الاضطجاع للنباتات برش الاثيفون من 6.5% في معاملة المقارنة الى 2% فقط بالتركيز العالي من الاثيفون . فضلاً عن ذلك فقد ارتفع حاصل حبوب معاملتي الاثيفون الى 28.5

طن /هـ و 29.1 طن / هـ . كان قصر النبات نتيجة لزيادة سمك السلاميات فيما ازداد حاصل الحبوب بسبب اختزال النمو الخضري للنبات . ان الكثافات العالية (80 الف نبات /هـ فاكثر) قد تزيد من نسبة الاضطجاع في اصناف الذرة الصفراء لاسيما المتحسسة لقلة الضوء . هذا وكان حاصل حبوب معاملة المقارنة بحدود 22 طن/ هـ . يفتقر البحث الى ادخال عدة هجن لتلك التغايرات فيما بينها ثم على حاصل الحبوب ، لكنه للاسف اعتمد على صنف واحد فقط ، فضلاً عن ذلك فان عدة صفات حقلية وكيمياوية لم تذكر في البحث مما يدل على قلة المعلومات التي حصلوا عليها ، علماً ان تاثير الاثيفون في تقصير النباتات معروف منذ عشرات السنين .

8. التغاير والتوريث والتقدم الوراثي في القطن :

القطن من محاصيل الالياف الهامة في العالم ، اذ ان الملابس القطنية الجيدة تعتمد على تيلة القطن ، فضلاً عن استعملات اخرى للصحة . قام باحثون في الهند بتطبيق دراسة بحثية تضمنت اختبار الصفات الوراثية وتغايراتها وتوريثها لاربعة وخمسين صنفاً ، زرعت بذور الاصناف في الحقل على مسافة 45× 90 سم ، وتم الري والتعشيب والتسميد والمكافحة بحسب الحاجة . وضعت ست عشرة صفة قيد البحث في هذه الدراسة على نباتات القطن في الحقل وعلى صفات التيلة المختبرية . وضعت كافة البيانات في جداول وحللت قيم الصفات كافة واستخرجت معدلاتها وقورنت ، كذلك استخرجت قيم معاملتي التغاير الوراثي والمظهري لكافة نباتات الاصناف وللصفات كافة . كانت اعلى قيم GCV% و PCV% الاعلى في كل من دليل البذور وارتفاع النبات ودليل التيلة . كانت اعلى نسبة توريث مع اعلى تقدم وراثي للصفات هما حاصل النبات الواحد ودليل البذرة ، وهاتان الصفتان يمكن اعتمادها في برنامج الانتخاب لتطوير صفات الاصناف مستقبلاً . بشكل عام ، تعد هذه البيانات مساعدة في الانتخاب ، ولكن لو قام الباحثون بانتخاب نباتات على اساس صفات معينة ، مثل حاصل النبات العالي لوحده ، او طول التيلة لوحده ، او ارتفاع النبات او عدد الجوز المتفتح عند الحصاد .. وهكذا وطبقت هذه على عشرة اصناف مثلاً ، وزرع المنتخب مع الاصل لكل صنف لتمكن الباحثون من الحصول على نتائج اهم واوسع من هذه التوصيات عن اربعة وخمسين صنفاً فيما يلي جدول ببعض البيانات حول الحدود الدنيا والقصوى للصفات التي درسوها على نباتات المحصول .

معدل بعض الصفات المدروسة لاصناف القطن .

الصفة	المتوسط	الحد الادنى	الحد الاقصى

ايام 50% تزهير	56.6	50.0	65
ارتفاع النبات / سم	108.8	78.0	147
عدد الجوز للنبات	236	19.5	38.5
بذرة للجوزة	27.4	23.0	35.5
نسبة الاخصاب%	89.6	71.5	100.0
حاصل النبات (غم)	57.6	31.7	91.6
نسبة الحلج	37.3	30.8	46.1
قوة التيلة (غم/تكس)	20.4	16.2	23.7

9.تاثير الملوحة في انبات ونمو بادرات الهرطمان والبزاليا :

من المعلوم ان نسبتي الانبات والبزوغ وسرعتهما هامتان جداً لاي محصول للحصول على الكثافة النباتية المطلوبة والاستفادة القصوى من كل بذرة تشتري وتزرع . قام بضعة باحثين من جامعة وولديا في الحبشة بتطبيق بحث لاختبار نسب الانبات على بذور محصولي البزاليا والهرطمان. ان طبيعة الانبات لصنف المحصول هي حالة مرتبطة به وراثياً اذا كانت البذور ناضجة تحت عوامل نمو مؤاتية ، ولكن هذه البذور الجيدة لو زرعت يمكن ان تؤثر عليها بعض عوامل النموغير المؤاتية مثل ضرر بعض العناصر او الملوحة او الجفاف او عمق الزراعة وغير ذلك .قام هؤلاء الباحثين باختبار تاثير الملوحة باستخدام ماء مالح اذيب به كلوريد الصوديوم بحسب الشدود المطلوبة كانت مستويات شدود الملوحة صفر و 5 و 7 و 9 و 15 dSm^{-1} . اخذت بذور البزاليا والهرطمان وعقمت ثم زرعت في صحون بتري بوضع 50 بذرة في كل صحن واعطي الماء اللازم لها بحسب تلك المعاملة . كررت كل معاملة اربع مرات. تم حساب نسبة الانبات وطول البادرات وطول الجذر في كافة معاملات التجربة ، اوضحت البيانات انه بزيادة تركيز الملح في ماء السقي للبذور انخفضت كافة الصفات المدروسة بصورة خطية مع زيادة الشد الملحي . كان الهرطمان Lathyrus sativus اكثر تحملا للملوحة من البزاليا Pisum sativum . كما رآينا فان هذا الاختبار بسيط جداً ، اذ تضمنت صنفين من جنسين وحتى لم توضع البذور في اصص لدراسة حاصلها انما كانت في صحون بتري لقياس الانبات وطول البادرة والجذر لبضعة ايام ، فيما كان بالامكان نقل ذلك الى الحقل ، وادخال بضعة اصناف من كل جنس لمعرفة تغايرات النوع الواحد في الجنس وتغاير الجنسين في ذات الوقت ، وكم ينخفض النمو ونسبة الاخصاب وعدد البذور والحاصل لكل زيادة في الملوحة بمعدل واحد دسي سمنز ، وذلك لكي نتوصل الى الحد الذي يمكن ان يزرع فيه المحصول في المستوى من شد الملوحة ، وهل هو اقتصادي ام لا ، وعند اي حد من الملوحة .

10.كفاءة استخدام الماء والشد الملحي في حاصل الذرة البيضاء العلفية :

يمكن القول انه من بين المواضيع الساخنةفي مجال الانتاج الزراعي هو موضوع الشدود اللاحية والحية ، ومن بين الشدود اللاحية شدود الملوحة والماء والحرارة العالية والعناصر وغيرها . قام احد الباحثين في مركز الابحاث الزراعية الوطني في ايران في تطبيق بحث لاختبار طبيعة استجابة صنفين من الذرة البيضاء Sorghum bicolor تحت كفاية الماء او شد الماء المتولد من استخدام شدود ملحية بمستويات صفر و 5 و10 و 15 dSm^{-1} ، مع معاملة المقارنة تروى عندما يصل الشد في الاوراق 10- dMPa ، ثم 15- و20- للمعاملات الاخرى . رتب المعاملات بصورة عاملية بتصميم RCBD بثلاثة مكررات . وضعت المعاملات في اصص تحت ظلة خاصة تمنع سقوط المطر عليها . استخدم صنفان من الذرة البيضاء معروف عنهما انهما يتحملان الملوحة في انتاج العلف هما Speedfeed و KFS4 .اخذت قراءات عن اوزان الاوراق الجافة والسيقان الجافة ومجموعهما . اوضحت البيانات ان هذه الصفات كانت تنخفض معنويا بزيادة الملوحة . يعلل الباحث ذلك الى ان شد الملوحة الاعلى يقل فيه امتصاص الماء في النبات بسبب الشد الازموزي العالي فيه والذي لايتحمله النبات . ولما كان موعد الراتون ، فلم تكن هناك نباتات حية نامية في المعاملة العالية الملوحة خاصة مع الصنف KFS4 عند المعاملة 15- dSm^{-1} .لم يكن بالامكان القول ان الصنف speedfeed كان افضل من الاخر ، لكنه يمكن ان يكون بديلاً جيداً في الراتون الثاني لانتاج العلف تحت شد ملحي معتدل فيما يلي جدول ببعض البيانات المتعلقة بالبحث .

حاصل صنفين علفيين من الذرة البيضاء تحت شدود ملوحة (dSM^{-1})

الصنف	غم وزن الاوراق الجافة للنبات	غم وزن السيقان الجافة للنبات	مجموع المادة الجافة غم للنبات
KFS4	8.74	18.67	27.42
Speedfeed	8.51	18.38	26.85
أ ف م 0.05	0.58	1.68	2.28
الملوحة dsm^{-1}	غم وزن الاوراق الجافة للنبات	غم وزن السيقان الجافة للنبات	مجموع المادة الجافة غم للنبات
صفر	10.25	22.75	32.89
5	8.93	19.36	28.30
10	8.13	17.40	25.53
15	7.20	14.60	21.80
أ ف م 0.05	0.90	2.58	3.19

11.تحليل الارتباط بين بعض الصفات الحقلية للعدس .

ان علاقة الارتباط الموجبة او السالبة العالية المعنوية بين الصفات تساعد مربي النبات على الانتخاب لتلك الصفة في الحقل ، والحصول على تقدم وراثي معنوي خلال بضعة اجيال من الانتخاب الدقيق . قام بضعة باحثين في احدى الجامعات الهندية وكذلك الحبشية وبالتعاون مع مركز ايكاردا الدولي في المغرب ، بدراسة علاقات الارتباط في صفات العدس من حاصل بذور وعدد بذور النبات ووزن البذرة ... الخ . اظهر التحليل الاحصائي للبيانات التي دونت على 228 مادة وراثية والمطبقة في ثلاثة مواقع ان علاقة ارتباط موجبة وعالية المعنوية قد وجدت بين حاصل البذور والكتلة الحيوية ووزن البذرة للنباتات وعدد البذور للنبات وعدد القرنات للنبات . كان الاتفاق واضحاً في معايير التغايرات المظهرية والوراثية لصفات التراكيب الوراثية يليه عدد قرنات النبات ، فيما كان معدل وزن البذرة مرتبطا ايجابياً ومعنوياً مع حاصل بذور النبات . فيما يلي جدول واحد من مجموعة البيانات التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة الموسعة والمعمقة على محصول العدس والتي تعد من الدراسات ذات النتائج المتميزة والمفيدة في اي برنامج انتخابي لتحسين هذا المحصول في اية دولة في العالم ، وذلك لدقة وسعة المعلومات المدروسة على هذا المحصول ، ولمثل هذا يجب ان يعمل الباحثون المتميزون .

قيم الارتباط الوراثي الى الاعلى والارتباط المظهري الى الاسفل المدونة على عدة صفات من زراعة 228 مادة وراثة زرعت في ثلاثة مواقع :

	DFF	DM	NPP	NS	SWP	NSP	PH	SW	BT	AY
DFF	----	0.8^{*}	0.1	-0.3^{**}	-0.1	0.3^{*}	0.3^{*}	-0.1	0.5^{**}	0.2
DM	0.6^{**}	----	-0.1	-0.8^{**}	-0.3^{*}	0.1	-0.1	0.1	0.3^{**}	0.04
NPP	0.05	-0.2^{*}	----	0.1	0.08^{**}	0.8^{**}	0.3^{**}	0.3^{**}	0.4^{**}	0.4^{**}
NS	-0.2^{**}	-0.5^{**}	0.1^{*}	----	0.4^{**}	0.5^{**}	0.1	-0.07	0.2^{**}	0.3^{**}
SWP	-0.1	-0.2^{**}	0.9^{**}	0.2^{**}	----	0.8^{**}	0.2	0.2^{*}	0.6^{**}	0.6^{**}
NSP	0.06	-0.04	08^{**}	0.4^{**}	0.8^{**}	----	0.3^{**}	-0.3^{**}	0.4^{**}	0.3^{**}
PH	0.2^{*}	-0.2	0.4^{**}	0.00	0.3^{**}	0.3^{**}	----	-0.14	0.6^{**}	0.3^{**}
SW	0.06	0.2^{*}	-0.07	-0.03	0.2^{**}	-0.2^{**}	-0.1^{*}	----	0.2^{*}	0.2^{*}
BT	0.3^{**}	0.2^{*}	0.5^{**}	0.13^{*}	0.6^{**}	0.5^{**}	0.6^{**}	0.2^{**}	----	0.7^{*}
AY	0.02	-0.07	0.5^{**}	0.2^{**}	0.5^{**}	0.5^{**}	0.3^{**}	0.2^{**}	0.66^{**}	----

كانت الرموز DFF لايام التزهير و DM لايام النضج وNPP عدد قرنات النبات و ns بذور القرنه و SWP وزن بذور النبات وNSP عدد بذور النبات و PH ارتفاع النبات وSW وزن البذرة و BT وزن المادة فوق التربة وSY حاصل البذور .

12.التعبير الجيني لجين الانثوسيانين المستخلص من قشور المانكو :

ان صبغة الانثوسيانين هي من بين الصبغات الاكثر دراسة في محاصيل الحقل والخضر والفاكهة ، وذلك لاهميتها في مضادات الاكسدة ضد ضرر الجذور الحرة . تتبع هذه الصبغة عائلة الصبغات المسماة tricyclic flavonoids للمركبات الثانوية في النباتات . تنتشر هذه الصبغة في العديد من ازهار المحاصيل والخضر والزينة ، كما انها تظهر كذلك في بعض الاوراق وسيقان النباتات والبذور والثمار . هنالك انزيم يرتبط بهذه الصبغة يطلق عليه ANS=anthocyanin synthase ، وهو مسؤول عن تخليق هذه الصبغة في النباتات ، اذ يقوم بتحليل المركب غير الملون leuco anthocyanidin الى المركب الملون انثوسيانين يعود ANS هذا الى مجموعة بروتينات ذات علاقة مع iron –dependent oxygenase ، وقد تم جمعه سابقاً من نباتات اخرى من غير المانكو . ان الفاكهة الملونه عموماً فيها نسب متباينة من الانثوسيانين ، ومن بينها ثمار المانكو (Mangifera indica) . كان هدف الباحثين في هذا البحث ، وهم من مؤسسات علمية وبحثية مختلفة في الصين استخلاص الجين المسؤول عن ANS من قشور ثمار المانكو ، اخذت قشور المانكو وعوملت بحسب طريقة الاستخلاص ، وتمت كلونة (cloning) مادة DNA فيها ، ثم تم الحصول على الجزء الجزيئي الخاص بالجين وهو بطول bp1262 من cDNA ،من طرف مفتوح القراءة ORF يحوي bp1056 ويشفر لبروتين من 351 حامض اميني . ان الوزن الجزيئي المتوقع للحامض الاميني المسؤول عن ANS يقدر بحدود 39.8 kDa . وجد ان الجين الذي يشفر للبروتين له علاقة ببعض اصناف العنب Vitis vinifera والكاكاو Theobroma cacao والتوت Morus alba وثمار Litchi chinensis= litchi وكذلك مع فواكه عدة اخرى ، الامر الذي يوضح العلاقة الوراثية المشتركة لهذا الجين عن هذه الصبغة في عدة انواع واجناس نباتية ، وبذا يظهر كم هناك من علاقة وراثية phylogenetic بين الانواع والاجناس النباتية من حيث جين هذه الصبغة الهامة . كان التعبير الجيني لهذا الجين من قشور المانكو التي لازالت خضراء اكثر مما في لبقشور التي تحولت الى اللون الاصفر .

13. التغايرات الوراثية في الشوفان لتحمل شدة الملوحة :

ان هذا البحث لم يكن من بين الابحاث الاثنى عشر التي اوردتها المحرره في كتابها ، انما هو بحث تم في العراق ، من اجل تشخيص بعض الصفات الوراثية في بعض اصناف الشوفان (Avena sativa L.) المدخلة من ايطاليا ، لمعرفة دور بعض تلك الصفات في تحمل ملوحة ماء الري او ملوحة التربة (Elsahookie و Younis 2013) قام الباحثون بزراعة ثلاثة اصناف من الشوفان هي Hamel وPimula وGenzania ، زرعت على خطوط في الواح في الحقل بمساحة 2×2 م للوحدة التجريبية وبكمية بذار 100 كغم بذور للهكتار . استخدم عمق الرية 8 سم ماء لكل

رية . استخدم في الري ماء النهر وماء مالح $6dSm^{-1}$ باعتماد ملح الطعام كلوريد الصوديوم . اخذت الصفات الحقلية على النباتات من ارتفاع ومكونات حاصل وحاصل حبوب وغيرها لتحليلها احصائياً ووراثياً ، كان ذلك لعامين خلال 2011-2012 و 2012 – 2013 . اوضحت نتائج التحليل تفوق الصنف جنزانيا على الصنفين الاخرين في حاصل البذور وصفات اخرى . استغرق هذا الصنف 121 يوماً للتزهير و 152 يوماً للنضج ، واعطى معدل 379 راسيما للمتر المربع الواحد و 47 حبة للراسيم و 17740 حبة للمتر المربع الواحد ومعدل حاصل حبوب 5.3 طن / هكتار معدل لسنتي البحث . لم تؤثر ملوحة ماء الري في ارتفاع النبات وايام للتزهير والنضج او عدد السيقان او عدد الراسيم في وحدة المساحة وبضع صفات اخرى ، لكنها خفضت من معدل نمو النبات ونسبة الاخصاب فعدد حبوب وحدة المساحة . خفضت زيادة كل واحد دسي سمنز من ملوحة ماء الري معدل 3.8% من حاصل حبوب الاصناف . كانت اعلى الصفات في نسبة التغاير الوراثي الى البيئي هي وزن الحبة ثم عدد السيقان في وحدة المساحة . كانت صفتا وزن الحبة وعدد السيقان في وحدة المساحة هما افضل صفتين مرتبطتين بتحمل شدة الملوحة وبذا فقد اوصت نتائج البحث باعتماد هاتين الصفتين في اي برنامج انتخاب لتحسين صفات الشوفان بالانتخاب لتحمل شدود الملوحة . نقترح زيادة عدد الاصناف واستخدام ذات الصفات في الانتخاب مع زيادة شدود الملوحة الى 10 و15 و20 دسي سمنز للمتر ، وتنتخب صفات مرة لحاصل الحبوب واخرى لكمية الحاصل الاخضر لاستخدامها علفاً للحيوانات.

الفصل العاشر

انظمة التكاثر وطرائق التربية

ترتبط طريقة التكاثر في النبات بطريقة التربية في كثير من الاحيان ، فمثلاً لنبات يتكاثر بالعقل ولايكون بذوراً في بيئة معينة مثل قصب السكر ، لايمكن التربية عليه لاستنباط سلالات او هجن ، انما لابد من الانتخاب على نباتات اصناف جمعت من عدة دول وادخلت للمقارنة فلما يتميز نبات بنموه وحاصله وصفاته ، نقوم باكثارة خضرياً. اما في نبات يتكاثر بالبذور ويتلقح عشوائياً مثل الذرة الصفراء او زهرة الشمس ، فلا يمكن الانتخاب للنباتات مباشرة الا مع التلقيح الذاتي ، لزيادة تكرار الجينات المرغوبة فيه جيلاً بعد آخر . لقد عمل الانسان ومنذ القدم على اختيار بذور جيدة من نباتات جيدة غير مصابة لزراعتها للموسم المقبل ، حتى ظهرت طرائق التربية المختلفة ، والتي يمكن القول انها تأسست اصلاً على اكتشاف قوانين مندل ومعرفة الجين المتغلب والمتنحي ، ثم ظهرت علوم اخرى ارتبطت بهذا العلم ولاسيما الاحصاء وتصميم التجارب الذي كان قد بدأ مع الباحث Fisher (1918) والتي اعتمد العديد من طرائق تحليل البيانات . ثم كان بعد علم الوراثة والاحصاء والوراثة الجزيئية وفوق الوراثة وطرائق النقل الجيني الشائعة اليوم ، ولكن مع ذلك تبقى طرائق التربية التقليدية هامة جداً في استنباط سلالات وهجن واصناف جديدة ذات صفات افضل من السابقة او تتميز عليها بصفة او اكثر ، اذ قد عرفت الصفات الكمية quantitative traits والنوعية qualitative traits وعرفت مواقع الصفات الكمية QTL quantitative trait loci وشخص العديد منها باعتماد marker و primer و probe في الاختبارات الجارية على DNA الكائن الحي .

Marker : جين معلوم الصفة والموقع على الكروموسوم والذي يعتمد عليه في رسم خارطة طافر معين بتحديد مسافة هذا الجين عن جينات اخرى معلومة .

Probe: مركب كيمياوي معلم radioactive isotope يستخدم لتشخيص الجين او البروتين بالاعتمادعلى التهجين للمادة الوراثية ، وهو mRNA او cDNA .

Primer : DNA احادي الخيط يصنع بالماكنة من نيوكليتايدات معلومة تستخدم لاستنتساخ DNA .

ماهي اهداف تربية النبات ؟

بشكل عام ، مثلما اختلفت طريقة التربية باختلاف طريقة تكاثر النبات ، فان هدف تربية نبات محصول ما تختلف باختلاف الهدف من استخدامه ، لو اردنا ان نحصل على صنف حنطة عالي الحاصل ، فالهدف هو زيادة الانتاجية ، كي يكفي الانتاج لعمل الخبز للناس ، اما لو كان الهدف على ذات صنف الحنطة رفع نسبة البروتين او

الكلوتين كي نحصل على رغيف خبز افضل ، فان الهدف قد اختلف تماماً ، والطريقة ستختلف . عليه يمكن ايجاز بعض اهداف تربية النبات بالاتي :

1. زيادة حاصل الصنف او استنباط صنف عالي الحاصل .
2. تحسين نوعية الصنف ، مثل تحسين خبازية الحنطة ، او تحسين قابلية صنف من البطاطا لعمل صناعات معينة .
3. استباط صنف يتحمل الشدود الحية او اللاحية .
4. نقل جينات تقاوم او تتحمل حشرة او مرض معين .
5. استنباط اصناف تناسب الحصاد الميكانيكي افضل لتقليل نسبة الضائعات .

التكاثر في النباتات :

ان طرائق التكاثر reproductive systems في النباتات عموماً هي اما جنسي sexual اي بالبذور او لاجنسي asexual وذلك باعتماد الدرنات او العقل او الجذور وغيرها للتكاثر . عندما تتكاثر النباتات جنسياً ، فانها تنتج من تزاوج ابوين ، ولابد من حدوث انعزالات segregations للجينات في الاجيال اللاحقة فتتغير بعض صفات الذرية او كلها ، كما هو الحال في الهجين ، اما في التكاثر الجنسي ، فلا يوجد تزاوج وانما التكاثر الخضري يُعطي خلايا بنفس الكروموسومات ونفس الجينات ونفس الصفات.

التكاثر الجنسي :

يوجد في التكاثر الجنسي حالات لاجل التزاوج ، اما ان تكون الزهرة خنثية hermophrodite تضم الاعضاء الذكرية والانثوية ، فيحدث غالباً التلقيح الذاتي ، او ان الازهار منفصلة على ذات النبات بعضها ذكرية واخرى انثوية مثل معظم القرعيات ، فهناك تكون كذلك فرصة للتلقيح الخلطي اذا كانت هناك نباتات مغايرة للصنف ، فاذا ضم النبات كلا الجنسين من الازهار الذكرية والانثوية مثل الذرة الصفراء فيقال عنه احادي المسكن monecious وان كانت الازهار كل منها مستقلة على نبات آخر مثل النخيل والفستق الاخضر والسبانخ والقنب فهذه تسمى dioecious والتلقيح فيها خلطي . اذن النباتات خنثية الازهار مثل الحنطة والشعير والكتان والشوفان كلها ذاتية التلقي ، ولا تدخل مع تسمية احادية المسكن او ثنائية المسكن ، لان تلك التسمية تكون مع وجود جنسين من الازهار الذكرية والانثوية ، اما اذا كانت النباتات في نظامها الزهري monoecious او dioecious فان التزاوج فيها خلطي .

تسمى عمليات انتاج حبوب اللقاح microsporogenesis فيما تسمى عمليات انتاج البويضات macrosporogenesis . تنتهي الاولى بانتاج حبة لقاح جاهزة لعمل

الاخصاب ، وتنتهي الثانية بانتاج بويضة جاهزة لاستقبال حبة اللقاح . يسمى وضع او سقوط حبة اللقاح على مياسم الزهرة: تلقيح pollination ، فاذا نمت حبة اللقاح واتحدت اجزاؤها مع البويضة فذلك اخصاب fertilization واذا اتحدت نواة ذكرية مع نواة البيضة فذلك يعطي الجنين (2n) واذا اتحدت نواة ذكرية اخرى مع نواتين قطبيتين فذلك تنتج منه السويداء endosperm (3n) وكلا العمليتين تسميان الاخصاب المزدوج double fertilization وهو ما يحدث عادة في الحبوبيات . لدى الانقسام الاختزالي لانتاج حبة اللقاح او البويضة ثم التقاؤهما بالاخصاب ، يحدث مايسمى بالعبور cross – over (C.O) بين جينات كروموسومات الجنسين ، وهو الذي يؤدي الى تغاير الذرية الناتجة ، بسبب حدوث مايسمى gene recombination اذ تلتقي جينات معينة من الاب مع اخرى من الام في توليفة جديدة فتعطي صفات جديدة ، وقد تكون منظورة او غير منظورة .

نقاوة المادة الوراثية :

التماثل الوراثي homozygosity : حالة تماثل الجينات في الكائن الحي ، مثل ان تكون AA او aa او yy او YY وهكذا . تنتج النباتات ذات التماثل الوراثي العالي غالباً في نباتات ذاتية التلقيح عبر اجيال تكاثرها لمئات السنين مثل القمح والشعير والشوفان وامثالها ، كذلك فان التماثل الوراثي يكون في سلالات inbreds من خلطية التلقيح مثل الذرة الصفراء وزهرة الشمس . فتكون السلالة ذات تماثل على معظم المواقع الجينية مثل ان تكون DD CC bb AA وهكذا . ان التلقيح الذاتي لو يستمر في خلطية التلقيح لمائة عام ، لايمكن ان تكون السلالة نقية لكافة المواقع الجينية ، وذلك ان المواقع الجينية عددها عشرات الالاف ، واحياناً مئات الالاف ، وبذا من الصعب جداً ان تتمثل كلها باعتماد التلقيح الذاتي.

الخلط الوراثي : heterozygosity

هو حالة كون جينات الفرد لاتتماثل اليلاتها على الموقع الجيني الواحد ، وينتج ذلك من الانعزالات لتضريبات متباينة سواء يدوياً او طبيعياً ، وهذا الشائع في اصناف خلطية التلقيح مثل الذرة الصفراء وزهرة الشمس والشيلم ، وكثير غيرها من المحاصيل والخضر والفاكهة . تكون الاليلات على مواقع الجينات بصورة مثل هذه ee Dd Cc BB Aa .. وهكذا . غالباً مايحدث ان التلقيح الذاتي لنباتات خلطية التلقيح يختزل كل جيل من اجيال التزاوج من ارتفاعها وحاصلها وسرعة نموها وغير ذلك ، كون هذه النباتات تعتمد كثيراً في وجودها وانتشارها في الطبيعة على فعل الجينات الخلطية ، بينما عندما تتلقح او تلقح نباتات ذاتية التلقيح لايحدث فيها نقص ، كونها انها عبرسنين التطور كانت تنمو وتتكاثر بتلك الطريقة او الحالة من التماثل الوراثي ، وهناك امر مهم في طبيعة التاثير الجيني لكنه غير معلوم الى اليوم . من المهم جداً ان نذكر هنا ان النباتات المتكاثرة خضرياً هي عالية جداً في الخلط

الوراثي ، ولايعرف سبب ذلك ، وبذا اذا تم اكثارها خضرياً فانها تبقى كما هي في توليفاتها الجينية .

هنالك تعبيران آخران يتعلقان بالتماثل والتغاير وهما homogenous و heterogenous ، فان قلنا على حقل نباتات حنطة او ذرة صفراء ان هذا الحقل homogenous فذلك يعني ان مظهر النباتات في الارتفاع او الالوان او البذور .. الخ متماثلة ، وان قلنا ان هذا الحقل هو heterogenous سواء على حقل حنطة او ذرة صفراء فذلك يعني ان حقل الحنطة فيه نباتات متغايرة الارتفاع او السنابل او التفريع ... الخ مع انها homozygous ، وان نقلناها على حقل ذرة صفراء او حتى سلالات من الذرة الصفراء اوزهرة الشمس ، فمعنى ذلك ان نباتات تلك السلالات غير متماثلة مظهرياً حتى لو كانت متماثلة وراثياً homozygous ، فيما يمكن ان نقول بكل ثقة كلمة homogenous على حقل هجين من الذرة الصفراء او زهرة الشمس عندما تكون نباتات ذلك الهجين مثماثلة الصفات ، مع ان كلا المحصولين هما اصلاً heterozygous .

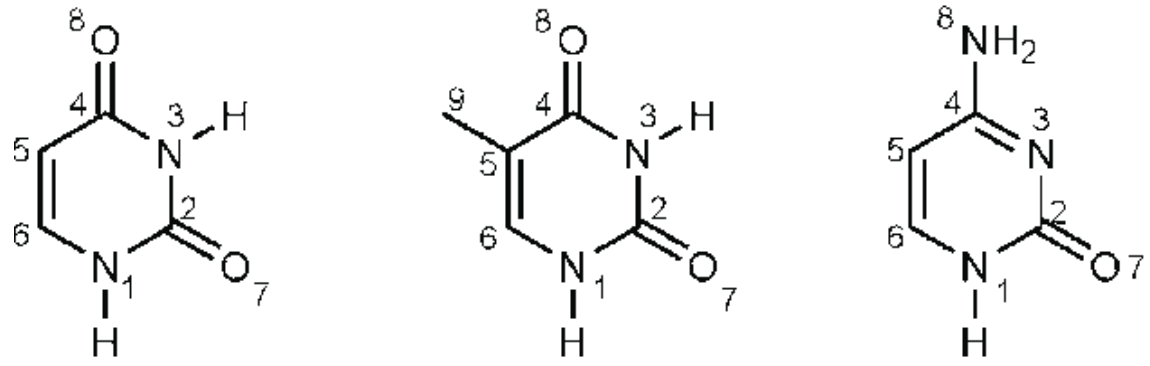
الانقسام الاعتيادي والاختزالي :

تتكاثر الخلايا الجسمية somatic cells بالانقسام الاعتيادي mitosis كل خلية تنقسم الى اثنين متماثلتين بنفس الكروموسومات وبنفس الجينات ، فيما تتكاثر الخلايا الجنسية sexual cells بالانقسام الاختزالي meiosis ، وسمي كذلك لان الكروموسومات ينتقل نصفها فقط الى الخلية الجنسية سواء حبة لقاح او حيمن في افراد المملكة الحيوانية ، وتعطي كل خلية جنسية امية macrospore mother cell التي هي (2n) اربع خلايا كل منها تحوي (n) فقط اي انها haploid ويحدث ذلك بانقسامين احدهما اعتيادي والاخر اختزالي ، ومن الضروري والمفيد ان نعرف بعض الفروق بين الانقسامين الاعتيادي والاختزالي .

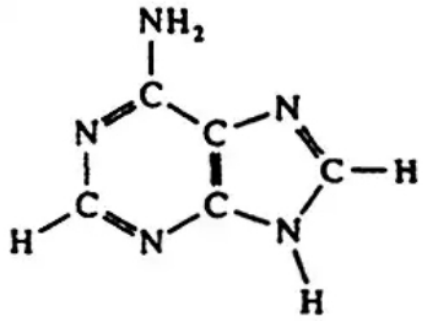
ت	الاختزالي	الاعتيادي
1	يحدث في الانقسام العبور C.O خلال عملية synapsis	لايحدث فيه C.O لعدم وجود synapsis في هذا الانقسام
2	كل خلية 2n تعطي 4 خلايا(n) مختلفة فيما بينها وراثياً	كل خلية 2n تعطي خليتين (2n) متماثلتين فيما بينهما مع الخلية الاصلية
3	الخلايا الاربع الناتجة من هذا الانقسام مغايرة لخلية الام بسبب حدوث C.O	الخليتان الناتجتان مماثلتان للام تماماً بكافة الجينات بسبب عدم حدوث C.O في الانقسام

وحدة بناء الكائن الحي :

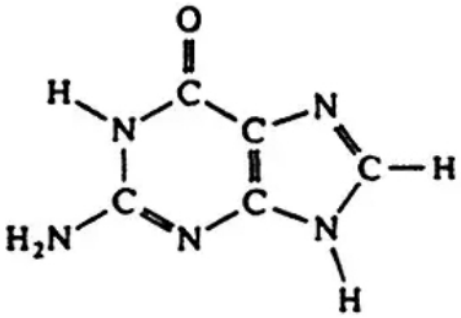
الخلية cell هي وحدة بناء النسيج او العضو في كافة الاحياء النباتية او الحيوانية . تحوي الخلية بداخلها النواة والنوية والسايتوبلازم ، والذي يهمنا فيه الكروموسومات الموجودة داخل النواة ، كما توجد جينات في كل من السايتوبلام والنوية والشبكة الاندوبلازمية والرايبوسوم وغيرها . ان جينات الكروموسومات هي المسؤولة غالباً عن توارث الصفات غير ان تداخلات عدة من جينات اخرى لعضيات organelles في الخلية لها دورها كذلك ، وقد يظهر ، وقد لايظهر ، وخصوصاً جينات السايتوبلام وما يسمى بالوراثة السايتوبلازمية cytoplasmic inheritance فيما تسمى الوراثة من النواة nuclear inheritance . تتكون الكروموسومات من مادتين اساسيتين هما مادة DNA والهستون . تسمى اصغر وحدة في DNA نيوكليتايد nucleotide وتتكون من قاعدة نايتروجينية وسكر خماسي ribose وفسفور اما القواعد النايتروجينية فهي خمس ، ثلاث منها هي cytosine و uracil و thymine تشكل مجموعة pyrimidine's واثنان هما guanine و adenine تشكلان مجموعة purines نلاحظ ان قواعد المجموعة الاولى تتشكل كل منها حلقة سداسية واحدة ، بينما تتشكل قاعدتا purines كل منهما من حلقتين متصلتين مع بعضهما .



تسمى هذه القواعد الثلاث بمجموعة البارdميدين ، وتسمى هذه القواعد جميعاً احياناً بالقواعد النايتروجينية واخرn بالقواعد العضوية ، فالتسمية الاولى بسبب امتلاكها لذرات النايتروجين والثانية بسبب امتلاكها لذرات الكاربون . اما مجموعة البيورينز فتضم القاعدتين التاليتين ، الادنين والكوانين :

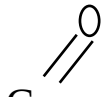


Adenine



Guanine

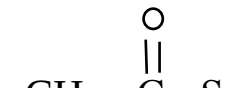
هذا واذا نظرنا الى الطبيعة الكيمياوية للقواعد الخمس آنفة الذكر نجد انها قد ترتبط بمجموعة او اثنين تسمى keto وقد لاتحوي ، كما انها ممكن ان تحوي مجموعة NH_2 واحدة او لاتحوي بالمرة .



keto group

$-NH_2$

amino group



Acetyl group

طبيعة التشفير للقواعد :

ان العمل الجيني في التشفير coding يعتمد على فعل اربع قواعد لمادة DNA والمرمز لها (AGCT) ، فيما تشفر القواعد الاربع لمادة RNA (AGCU) ، بعد استبدال قاعدة ثايمين بقاعدة يوراسيل في RNA . ان اصغر وحدة معروفة في التشفير هي codon ، وتتكون من ثلاث نيوكليتيدات تسمى triplet مثل AGC و CAC و TTC ... وهكذا . ان ارتباط عدة codons مع بعضها البعض يؤدي الى تكوين ما يسمى cistron ، وقد يكون اصغر جين مكون من سسترون واحد ، وغالباً من عدة سسترونات .

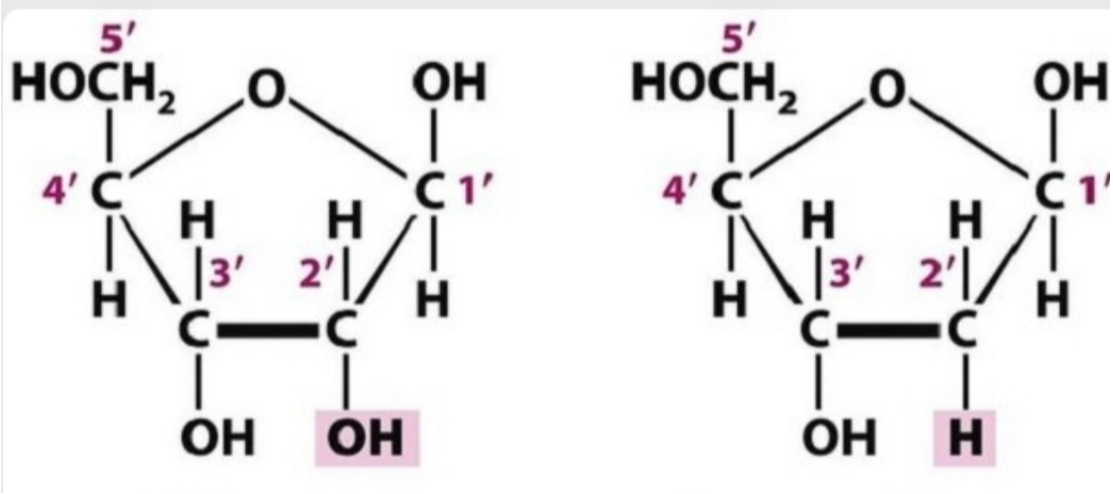
التضاعف الجينومي :

يطلق على التضاعف الجينومي (ploidy) عندما تتضاعف المجموعة الكرموسومية الواحدة (n) في الخلية والتي يطلق عليها monoploid فتصبح اثنين (2n = diploid) او triploid (3n) وهي عقيمة ، وهناك 4n و6n و 8n في النباتات ، والاخير يكون في نبات الشليك (الفراولة) وقد يحدث التضاعف الجينومي طبيعياً ، وقد يلجأ اليه المربي باستخدام مادة كيمياوية من بين اشهرها الكولشسين (colchicine) . يطلق بعض الباحثين على المجموعة الكروموسومية × بدلاً من n

، وهو اصح ، اذ نقول مثلاً ان حنطة الخبز فيها 6X ، وكل X فيه 7 كروموسومات ، اما بالنسبة الى n فهي في الخلية الجسمية (2n) ولحبة اللقاح (n) ، فيما تكون في حنطة المعكرونه 2n = 4x ، و n فيها ايضاً يساوي 7 كروموسومات ، فعندما يحدث التضاعف الجينومي انما المفروض يحدث على تضاعف x وليست زيادة عدد كرموسومات n لانها ثابتة غير قابلة للتغيير في النوع .

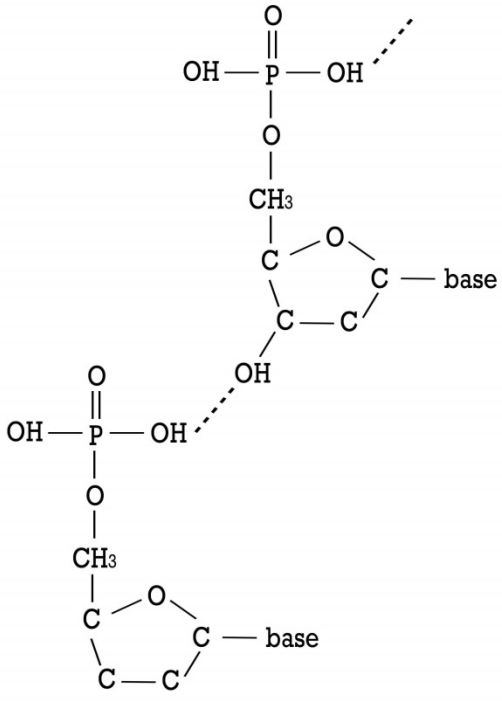
تعدد المظهر Polymorphism :

يطلق على تعدد المظهر او الشكل للصفة في الاحياء Polymorphism ويحوي الموقع الجيني (locus) وجمعه loci (لوساي) اثنين من الاليلات ،مثل Aa او bb وهكذا ، فالاليل هو بديل الجين عندما نتحدث عن موقع معين ، والجين يطلق على اليل واحد او الاليلين في ذات الموقع ، فاذا كان الموقع الجيني مثلاً BB فتقول الجين B ، ولكن لو كان الموقع Bb فنقول ان اليلي الجين مختلفان. هناك فرق باستخدام تعبير Polymorphic ، فالجين على ذات الموقع في سلالة قد يختلف في توليفته عن الجين الموجود على ذلك الموقع في سلالة اخرى ، فنقول ان هذا الجين هو Polymorphic ، اما اذا ادى اختلاف فعل هذا الجين الى ظهور عدة مظاهر للصفة ، فنقول ان السلالة تلك فيها مشكلة Polymorphism ، ولابد من تنقيتها لتصبح بمظهر واحد. انه وعلى الرغم من مرور اكثر من مائة عام على معرفة ظاهرة قوة الهجين ، فان المختصين لازالوا يعللون ظهورها الى اختلاف في الجينات بين سلالتي الابوين ، فيقال عنها genetically diversed اي ان السلالتين مختلفتين وراثياً في طبيعة جيناتها على مواقع جينية معينة . ان حجم الجين في الكائن الحي يحدد بعدد قواعده النيتروجينية وهو غالباً في النباتات مابين 40 – 240 زوجاً من القواعد النايتروجينية (base pair = bp) . اما جينات الانسان والحيوان فتحوي اضعاف العدد المذكور وبذا فهي تمتلك قوة تعبير جيني اعلى مما في النباتات كذلك فان الفعل الجيني يختلف بين RNA و DNA وبحسب طبيعة سكر الرايبوز فيهما وكما في الشكلين :



(RNA في) ribose **(DNA في) 2- deoxyribose**

ولاجل معرفة كيفية تشكيل وعلاقة الكودون والسسترون والنيوكليتايد والجين ، يمكن ان ننظر الى التركيبة التالية :



شكل يوضح كيفية ارتباط النيوكليتايدات لتشكل الكودون والسسترون والجين .

نلاحظ في هذا الشكل ارتباط عدة نيوكليتيدات كل 3 منها كودون ، وبارتباط عدة كودونات يعطي سسيترون ، وقد يكون الاخير او مضاعفاته هو الجين.

الجين gene :

هو DNA او RNA في خلية الكائن الحي ، سواء في النواة او عضيات الخلية او السايتوبلازم ، وهو المسؤول عن نقل الصفات من جيل لاخر . او هو تتابع نيوكليتيدات في عضيات خلية الكائن الحي مسؤولة عن نقل الصفات من جيل لاخر .

الجينوم Genome :

1. هو عدد كروموسومات X في خلية الكائن ، وهذا بحسب التعريف القديم الذي بقي سائداً لعشرات السنين في الوراثة المندلية .
2. هو مادة DNA في كروموسوم فردي واحد او لنصف عدد كروموسومات الخلية الجسمية او كروموسومات haploid (الجنسية) وهذا ما استخدام في الوراثة الجزيئية.
3. هو مادة DNA الموجودة في كافة عضيات الكائن الحي بما في ذلك ماموجود في السايتوبلازم من ترانزبوزونات transposons، وهو افضل تعريف شامل لمعنى الجينوم في الكائن الحي .

التكاثر العذري apomixis :

الفرد الناتج من التكاثر العذري يسمى apomict ، والتكاثر العذري هو عملية تكون بذور من خلية امية (2n) من الكيس الجنيني ومن دون اخصاب ، والتكاثر العذري ليس بجزء من التكاثر الخضري vegetative reproduction ، وذلك ان الاخير تتكاثر بالاجزاء الخضرية مثل الاقلام او السيقان او الجذور او الاوراق . ان بذور apomict اذا زرعت لاتختلف ذريتها عن النبات الام بسبب عدم وجود او حدوث اخصاب فيها ، اي انها لاتنعزل كذلك مثل انعزالات بذور التضريبات او الهجن .

: Parthenocarpy

وهو نمو مبيض الثمرة دون اخصاب ، كما هو الحال في الخيار العذري (الانثوي) والموز وبرتقال ابو السرة navel orange حيث يتحفز المبيض ويعطي ثمرة من دون بذور فعالة . ان ظاهرة التكاثر العذري apomixes عرفت في اكثر من 35 عائلة نباتية تضم مايقارب 300 نوع species ، معظمها من الحشائش مع محاصيل اخرى مثل زهرة الشمس والسمسم وغيرها ، واستخدام ذلك في المحاصيل لايزال قيد البحث. لقد نشر من الابحاث الشي الغزير عن هذا الموضوع الواسع الانتشار ، حتى اطلق عليه بالثورة اللاجنسية asexual revolution لكنه لم ينقل الى الواقع لحد معرفتنا اليوم .

المطفرات mutagens :

استخدمت وتستخدم الى اليوم مجموعة من المؤثرات الفيزياوية والكيمياوية لتغيير بعض صفات النباتات ، يطلق عليها mutagns او المطفرات ، لانها قد تعطي

طفرة mutation مفيدة ويرغبها المربي . من بين اشهر المطفرات الكيمياوية الكولشيسين ، وكذلك اوكسيد النتروز EMS= ethyl methyl sulfomate ، اما من بين الطرائق الفيزياوية فهو التشعيع irradiation والصعق الكهربائي electric shock والحرارة وغيرها ، يعطي الرمز Mo للبذور او النباتات غير المعاملة اما اجيالها الناتجة من المعاملة فيرمز لها M1 وM2 ....Mn . غالباً ، لايمكن الاعتماد على الطفرة الصناعية الابعد ثباتها للجيل الثامن من الزراعة ولايعرف سبب ذلك . يقدر ما موجود في العالم من محاصيل حقل وخضر منتجة بالطفرات بحدود 2500 صنف من انواع واجناس نباتية مختلفة . لاجل استخدام الكولشيسين يتم تحضير محلول مائي منه بتركيز 0.05% ، ويستخدم اما على الازهار او اجزاء النبات الاخرى . بالنسبة للازهار او براعم النبات ، توضع قطرتان عليها لمدة يومين ، ثم تزرع البذور والبراعم ، وينتظر من برعم البادرة ان تنمو لتعطي بذور M1 ، وهكذا تزرع وتختبر للاجيال اللاحقة.كذلك يمكن اختبار نقع البذور في المحلول لمدة يومين ثم زراعتها ، وغالباً مايحدث تضاعف الجينوم في ذلك النبات . لقد كان من بين استخدامات الكولشسين في النبات هو ماطبق على محصول القمح الشيلمي triticale (ترتكيلي) X Triticosecale Trampani اذ تم انتاج صنفين منه احدها بتضريب حنطة الخبز (6x) مع الشيلم (2x) ، فكان الجيل الاول رباعي (4x) وحتى لاينعزل مستقبلاً ضوعف الجينوم بالكولشسين فاصبح (8x) ، والصنف الاخر من تضريب حنطة المعركونه التي هي (4x) مع الشيلم ، فنتجت بذور عقيمة (3x) ، عوملت بالكولشيسين فاصحبت (6x) وبذا فانها لاتنعزل لانها اصبحت diploid في الحالتين .

التغايرات الوراثية :

ان التغايرات الوراثية genetic variations هي الحجر الاساس في برنامج تربية اي محصول من المحاصيل ، وذلك انها مهمة في الانتخاب والتضريب واستنباط الاصناف والهجن . تضم التغايرات الوراثية مجموعتين كمية Quantitative ونوعية qualitative ، تشمل الاولى الصفات التي تحكمها عدة ازواج من الجينات مثل الحاصل والنضج والتزهير والمساحة الورقية وتحمل الشدود المختلفة ، اما النوعية فتشمل لون الزهرة مثلاً او الساق او القنابع وعدد الاوراق التويجية او الكأسية وغير ذلك ومقاومة بعض الامراض والحشرات ، وهي غالباً محكومة بزوج او زوجين من الجينات وقلما يعتمد برنامج على تحسين صفة نوعية تحكمها ثلاثة ازواج من الجينات بسبب تعدد المظاهر الوراثية في الذريات الناتجة بحسب توزيع ازواج تلك الجينات في خلايا نباتات تلك الذريات . يكون الفعل الجيني في الصفات النوعية من نوع major genes اما في الكمية فيكون من نوع minor gene action ، وبذا اذا كان هناك برنامج لتحسين صفة كمية فانه غالباً يحتاج عدة مواسم اكثر مما هو لتحسين الصفة النوعية . استناداً لذلك ، فان الصفات الكمية تخضع فيها

الصفة لتاثير التداخل الوراثي x البيئي ، فتختلف الصفة من بيئة الى لاخرى ، اما النوعية فلا يحدث فيها مثل ذلك ، عندما تزرع نباتات من بيئة ، فربما تعطي صفات مغايرة اذا زرعت من بيئة اخرى مغايرة للاولى ، وذلك لان هناك جينات ساكنة silent genes قد لاتظهر في بيئة معينة لكنها تظهر في اخرى ، كما ان هناك موضوع ميثلة DNA (DNA- methylation) وهو ارتباط مجموعة CH_3 مع طرف من تتابعات DNA ، فيتغير التعبير الجيني ، وهذا يقع ضمن موضوع epigenetics .ان التغايرات وكما اسلفنا هي اساس برنامج التربية ، ولاينفع انتخاب ولاتهجين مالم تكن هناك تغايرات ضمن المواد الوراثية المعتمدة في البرنامج . ان التغايرات اما طبيعية واما صناعية والطبيعية اما محلية او مدخلة اما الصناعية فهي طفرات مستحدثة induced mutations او ناتجة من انعزالات segregations اذ يحدث فيها gene recombination فتظهر صفات جديدة ، وقد تكون من زراعة المتوك او حبوب اللقاح ، او تقانات النقل الجيني ، او التحرير الجيني gene editing الذي يتم فيه التلاعب ببعض تتابعات القواعد النايتروجينية في DNA الخلية .

اما بالنسبة للتهجين hybridization ، فانه من تضريب سلالتين متباعدتين وراثياً ، او من سلالة مع هجين فردي او بين هجينين ، ولدى زراعة الذرية نحصل على افراد الجيل الاول متماثلة بدرجة عالية homogenous لكنها وراثياً عالية الخلط highly heterozygous وفي الجيل الثاني ، اي لدى زراعة بذور الجيل الثاني المحمولة على نباتات الجيل الاول تحدث الانعزالات الوراثية ، وتظهر عدة توليفات جينية مختلفة . اذا تمكن المربي من انتاج عدة هجن متشابهة في الصفات الحقلية والانتاجية ، فيمكن خلط كميات متساوية من بذورها وتركها للتزاوج العشوائي في حقل معزول فيحصل على مايسمى بالصنف التركيبيsynthetic الذي فيه تغايرات واضحة لانه ناتج من عدة هجن ، ولكن تبقى فيه نسبة جيدة من قوة الهجين من تلك المواد التي دخلت في تركيبته ، ويمكن كذلك الانتخاب على مجتمع الاصناف التركيبية لاستنباط اصناف تركيبية اخرى او مفتوحة التلقيح ، وبحسب وفرة وجودة الصفات المتغايرة فيه ، ورغبة المربي بها .

اختبار الذرية :

يطلق اختبار الذرية progeny test على حالة اختبار ماهية المادة الوراثية لعينة من البذور ، وهناك منها حالتان :

1. Test cross : وهو ان تكون لديك مادة وراثية فيها صفة متنحية تزاوجها مع تلك ، فان كانت الذرية بذات الصفة ، فهي نقية لتلك الصفة ، وان كانت غير ذلك فهي متغلبة !

2. اختبار ذرية التلقيح الذاتي S1 progeny test : تزرع البذور وتلقح ذاتياً ، ثم تزرع في الجيل اللاحق ، فان بقيت كما هي الصفة فهي نقية وان اختلفت فهي غير نقية .

مثلاً في الحالة الاولى :

tt جين متنحي لنبات قصير tt × unknown

نضربه على النبات المجهول ، فان كانت لنباتات التضريب طويلة ، فذلك يعني ان المجهول نقي طويل النبات (TT) ، وان كانت ذرية التضريب نصفها قصير ونصفها طويل ، فمعنى ذلك ان المجهول كان Tt .

$$TT \times tt \longrightarrow Tt$$ كلها طويلة

$$Tt \times tt \longrightarrow Tt \times tt$$ نصف بنصف

اما في الطريقة الثانية ، فهي زراعة البذور المجهولة وتلقيح نباتاتها ذاتياً ، ثم في الموسم اللاحق نزرع ذرية التلقيح الذاتي

$$\text{Unknown , S1 seed} \longrightarrow \text{S1 plants}$$

ان كانت طويلة كلها فالاصل هو TT وان كانت قصيرة كلها فالاصل هو tt وان كانت 3 طويلة : 1 قصيرة ، فالاصل هو Tt .

ان المثال الذي اخذناه حول اختبار طبيعة نقاوة البذور كان يعتمد على زوج واحد من الجيانات ، ولكن معظم الصفات كمية اي محكومة بعدة جينات، فتظهر لدينا عدة توليفات جينية ذات عدة صفات مظهرية ، وفيما يلي ايضاح ذلك بجدول يبين حالة انعزال نبات خليط heterozygous ناتج من تزاوج نباتات حمراء البذور طويلة الساق (RRTT) مع اخرى بيضاء البذور قصيرة الساق (rrtt) ، وكما يلي :لابد اولا ان ننظر الى طبيعة الامشاج gametes التي ستظهر عندنا نتيجة التلقيح الذاتي لازهار هذه النباتات الهجينة ، وذلك بان نجعل كل رمز كبير او صغير مع حرف الصفة الاخرى الكبير والصغير فيكون لدينا RT و Rt و rT و rt ، وبالتلقيح الذاتي تلقتي امشاج الذكر مع الانثى كالاتي :

	RT	Rt	rT	rt
RT	RRTT	RRTt	RrTT	RrTt
Rt	RRTt	RRtt	RrTt	Rrtt
rt	RrTT	RrTt	rrTT	rrTt
rt	RrTt	Rrtt	rrTt	rrtt

تظهر نسب الوان البذور واطوال النباتات في الجدول بحسب وجود تلازم linkage بين الصنفين او لا ، اي ان التوزيع الجيني حر بين الامشاج ، فان النسب تظهر عادة 9 : 3 : 3 : 1 . عندنا هنا ثلاثة اصطلاحات لابد من فهمها وهو عدد المجتم الاصغر (الذي يجب ان يتوفر لتظهر فيه كل الصفات) ، ثم عدد التراكيب الوراثية الناتجة من الانعزال او التلقيح الذاتي ، ثم عدد المظاهر المختلفة . او الصفات ، فمثلاً لو اخذنا n = عدد ازواج الجينات فانه لزوج واحد من الجينات يكون المجتمع الاصغر $= 4^n$ = 4 = ولعدد التراكيب الوراثية = 3^n =3 ولعدد المظاهر المختلفة 2^n = 2 ، اما لزوجين من الجينات فيكون ذلك بالتتابع 4^2 =16 و 3^2 = 9 2^2 = 4 ولثلاثة ازواج من الجينات فانها تكون 4^3 = 64 و 3^3 = 27 و 2^3 = 8 ، وهكذا بقية ازواج الجينات الحاكمة للصفات المدروسة ، اذ سنجد تغايرات كبيرة جداً بين ذريات التضريب عندما تكون ازواج الجينات الحاكمة للصفة متعددة ، وهذا هو اصعب موقف يجابه المربي لدى الانتخاب لصفة كمية محكومة بعدة ازواج جينية ذات فعل جيني ثانوي minor gene action فيكون مثل هذا البرنامج بحاجة الى عدة مواسم كي يصل المجتمع بالصفة الى حالة جيدة من التحصيل الوراثي يقتنع بها المربي ، فيما لايحتاج الا لبضعة مواسم للحصول على مجتمع نباتي نقي تماماً لصفة يحكمها مثلاً زوج واحد من الجينات.

الفصل الحادي عشر

انواع الفعل الجيني

ان من بين اولى الخطوات التي يجب ان يعرفها المربي ليعمل على صفة معينة لادخالها في صنف ان كانت جيدة ، او التخلص منها ان كانت سيئة ، هو ان يعرف طبيعة الفعل الجيني فيها وكم زوج يحكمها . فيما يلي بعض من انواع الفعل الجيني الهامة والسائدة والتي نحتاج لمعرفتها قبل وضع خطة برنامج التربية لمحصول ما.

1- المتغلب :

من التسمية نعلم ان التغلب dominance للجين يسبب اخفاء فعل اليله المتنحي ، فان كانت الصفة AA فانها ان كانت بتوليفة AA او Aa فانها تكون بذات المظهر ، وان كانت غير ذلك فهي aa ، ذلك ان الاليل A يغطي فعل الاليل a على ذات الموقع الجيني وهذا يطلق عليه تداخل اليلي intra – allelic interaction ، وبذا فانه كما ذكرنا تكون توليفات AA= Aa وكلاهما اكبر من aa .

2- التغلب الجزئي :

قد لايكون الجين متغلباً تماماً ، انما جزئياً .partial –dom وهنا اذا اخذنا نفس الصفة السابقة فان الصفة ستكون AA اكبر من Aa وهذه اكبر من aa ، اي ان Aa تكون وسطاً بين الصفتين ، فلو ضربنا زهرة حمراء RR مع بيضاء rr فان الجيل الاول Rr سيكون وردي اللون طالما ان الفعل الجيني متغلب جزيئياً ، ويطلق عليه كذلك احياناً semidominance .

3- التغلب المشترك co –dominance :

تكون في هذه الحالة الصفة محكومة مثلاً بنوعين من الجينات مثل A1 و A2 و A3 ... فاذا كانت سلالة فيها الصفة بالتوليفة A_1A_1 وضربت مع اخرى اليلاتها A_3A_3 على ذات الموقع الجيني ، فان الناتج من التضريب A_1A_3 سيكون اعلى في الصفة من كل من A_1A_1 و A_3A_3 وذلك بفعل اشتراك اثنين من الاليلات المختلفة على نفس الموقع الجيني ، وتسمى الحالة مثل A_1A_3 حالة hemizygous اذ انها ليست homozygous مثل A_1A_1 او A_3A_3 ولا heterozygous مثل Aa ، ومثل ذلك حالة كروموسوم الانسان (XY) اذ انهما على نفس الموقع ولكن الطبيعة الوراثية مختلفة ، ان الفعل الجيني المشترك يعد من بين انواع الفعل الجيني التكميلي complementary للصفة ، وربما هناك اكثر من زوجين تشترك في الصفة ، والاليلات المشاركة هي من نوع polymorphic .

4- الفعل المضيف :

عندما يوجد اليل يضاف للتركيب الوراثي ويضيف جزءاً اضافياً للصفة ، ثم يضاف آخر وتصبح الصفة اكبر فذلك يسمى الفعل المضيف additive سواء على موقع جيني واحد للصفة او اكثر ، فمثلاً اذا كانت A متغلبة تعطي نقطتين للصفة ، والموقع عليه اربع اليلات فان التوليفات التالية تكون متدرجة نحو قلة الصفة AAAA و AAAa و AAaa و Aaaa وaaaa ، وهكذا ، وهذا المثال هو في خلايا لافراد رباعية المجموعة الكروموسومية .

5- التفوق :

حتى لاتلتبس علينا هذه الحالة ، فان الفعل الجيني المتفوق epistasis ينتج من تداخل اثنين من المواقع الجينية على ذات الكروموسوم وبذا فهو inter – allelic interaction ، ومن هذا النوع من الفعل الجيني اثنان :

أ - coepistasis :

هو التفوق المشترك الذي يحدث بوجود موقعين للجينات على ذات الكروموسوم يعملان لذات الصفة اي ان الفعل كذلك هو من النوع التكميلي ، فمثلاً سلالة فيها جين يتحكم بعدد شعيرات قصيرة كثيفة تغطي سطح الورقة ، وسلالة اخرى فيها جين يتحكم بطول او خشونه تلك الشعيرات على ذات الكروموسوم ، فعند تضريبهما نحصل على الجيل الاول، وفيه اوراق فيها شعيرات كثيفة وطويلة في ذات الوقت .

ب – semiepistasis :

هي حالة شبه تفوق ، وتكون ناتجة من فعل اثنين من الجينات على كروموسومين مختلفين ، وهي قليلة الشيوع في النباتات مقارنه مع الحالة (أ) لكنها معروفة على بعض الصفات في بعض الانواع النباتية .

6- فعل الهجين :

هذه الحالة تظهر بالدرجة الاساس على النباتات الهجينة او احياناً على جزء من صفات الاصناف التركيبية الناتجة من تزاوج عشوائي لمجموعة متماثلة الصفات من الهجن الجيدة . يطلق على الحالة hybrid vigour او overdominance الذي يعني فوق التغلب ، لان الهجين بين ابوين يجب ان تكون صفاته او صفته في الحقل افضل من افضل الابوين ، فربما تكون اعلى من اعلى الجيدة ، او اقل من الاقل اذا كانت غير جيدة . ان ذلك يمكن التعبير عنه بالاتي 1+ <(1- ×1+) < 1- فيما يلي امثلة حسابية بسيطة على حالات الفعل الجيني الهامة التي ذكرناها ، وكيف تكون قيمة الصفة بحسب التوليفة الوراثية .

في حالة الجين المتغلب :

نفترض اولاً النقاط لكل اليل ، ولناخذ زوجين من الجينات هما A و B ، فاذا كانت A و B يحكمان صفة ما و A = 1 و B = 2 ، والاساس aabb = 1 ، وفعل الاليل A متغلب ، فان التوليفات الوراية التالية تكون فيها قيمة الصفة بحسب مامدون تحتها :

AAbb	AABb	AABB
2	4	4
Aabb	AaBb	AaBB
2	4	4
aabb	aaBb	aaBB
1	3	3

في حالة فعل الجين المضيف :

نفرض هنا ان A = 2 و B = 1 و aabb = 1 والفعل الجيني هو من النوع المضيف ، فان التوليفات الجينية التالية تكون قيمة الصفة فيها كما موضح .

AAbb	AABb	AABB
5	6	7
Aabb	AaBb	AaBB
3	4	5
aabb	aaBb	aaBB
1	2	3

في حالة فعل الجين المتفوق وعلى افتراض ان A = B = 0 و AB = 7 والاساس aabb =1 فان التوليفات الوراثية التالية ستكون قيمة الصفة فيها كما الاتي :

AAbb	AABb	AABB
1	8	8
Aabb	AaBb	AaBB
1	8	8
aabb	aaBb	aaBB
1	1	1

قوة الهجين :

عرفت ظاهرة قوة الهجين منذ اكثر من قرن ، ولايزال المربون في العالم يعملون عليها وفي عدة محاصيل حقل وخضر وفاكهة ، يستخدم تعبير hybrid vigour = pseucloldomince و Heterosis على هذه الظاهرة التي اثرت بشكل عالي المعنوية في رفع حاصلات عدة محاصيل في العالم . تحصل قوة الهجين اذا تم تضريب سلالتين متباعدتين وراثياً ، ولايمكننا التحقق من ذلك الابالاختبار الموسع في الحقول بعد انجاز التضريب والحصول على بذور الجيل الاول F1 . بشكل عام ، اذا كانت السلالتان المضربتان تمتلكان مواقع جينية واسعة التغاير ، تظهر قوة الهجين في الجيل الاول ، ويختفي الكثير منها في الجيل الثاني ومابعده ، لذا لايزرع F2 ابداً لاي محصول للسبب المذكور . هناك الهجين الذي اعلى من اعلى ابويه للصفة المرغوبة او اقل من اقل ابويه للصفة غير المرغوبة ، وبذا يمكن التعبير عن

حالة سلالتين مختلفتين ومتباعدتين وراثياً وبعد تضريبهما والحصول على الهجين ، يكون حال الهجين انه : 1- > (1-× 1+) > 1+ وبصورة عالية المعنوية ، وثم الرمز للسلالتين + و – لاجل ابراز حالة التباعد الوراثي لعدة مواقع جينية ، على متوسط الابوين midparent ، واعلى من اعلى ابويه (1+) واقل من اقل ابويه (1-) .

التكرار الجيني :

يقصد بالتكرار الجيني gene frequeny من مجتمع ما انه : نسبة وجود جين معين الى مجموعة الجينات للصفة الواحدة في ذلك المجتمع النباتي . هنالك آمر آخر يرتبط بالتكرار الجيني في المجتمع وهو الاتزان الجيني gene eguilibrium والذي يحدث (الاتزان الجيني) بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي panmixia لمحصول خلطي التلقيح ، بشرط عدم وجود انتخاب على المجتمع او طفرة او هجره من والى المجتمع ولا انقسام اعتيادي غير متماثل ولامجتمع صغير بحيث لايمثل عشوائية ذلك الجين . هنالك تعبير meitic drive الذي يمثل حالة انحراف نسبة الجين اثناء الانقسام الاختزالي بسبب صغر حجم المجتمع ، فتظهر الصفة بصورة منحرفة ، مثل ان يعيش مثلاً من حبوب اللقاح تلك التي تحمل فقط الاليل A او a ، فيختلف المجتمع في الاتزان الجيني ، كذلك يوجد مايسمى التطاير الوراثي genetic drift والذي يحصل كذلك في المجتمع الصغير ، انه وعند الانقسام الاختزلي للكرموسومات وحدوث العبور . لننظر الى الامثلة التالية حول التكرار الجيني والاتزان الجيني في مجتمع ندرس فيه صفة معينة للجين A وa .

مثال 1 :

في مجتمع متزن جينياً لدينا 49 نباتاً بالتوليفة AA و 42 نباتاً من التوليفه Aa مع 9 نباتات aa ، كيف نتحقق من المعادلات التالية اذا كانت H للحالة الهجينة و R للمتنحي (recessive) و D للتغلب .

$$A+a = 1 \qquad -1$$

$$AA + 2Aa + aa = 1 \qquad -2$$

$$H\sqrt{DR} = 2 \qquad -3$$

اناية معادلة من المعادلات الثلاث المذكورة اذا تساوى طرفاها ، فان المجتمع يكون في حالة اتزان جيني . نأخذ مثلا المعادلة الثالثة .

$$\frac{H}{\sqrt{DR}} = \frac{42}{\sqrt{49\times9}} = \frac{42}{\sqrt{7\times3}} = 2$$

 اذن المجتمع متزن جينياً ، ولاجل حساب تكرار A نقول وكما في المعادلة الثانية فنحصل على :

مجموع اليلات A $49 \times 2 + 42 = 140$

مجموع اليلات a في المجتمع $42 + 9 \times 2 = \frac{60}{200}$

 A freguency = $\frac{140}{200} = 0.7$

تم طرح 0.7 من 1 لنحصل $1 - 0.7 = 0.3$

على تكرار a في المجتمع وهذه الطريقة (بالطرح) لانستخدمها الا اذا كان المجتمع متزن جينيا بالفرضية ، والتي قد وردت في المثال ان المجتمع متزن جينياً .

مثال 2 :

في مجتمع نباتي ، فيه تكرار $A = 0.7$ و $a = 0.3$ كيف يمكن التحقيق من ان المجتمع متزن جينياً ؟

نستخدم الجدول التالي للتحقق من النسب كما وردت في منطوق السؤال :

فاذا استخدمنا المعادلة :

$$AA + 2Aa + aa = 1$$

$$0.49 + (0.21) + 0.09 = 1$$

	0.7	0.3
0.7	0.49 AA	0.21 Aa
0.3	0.21 Aa	0.09 aa

يمكن كذلك استخدام المعادلة الابسط

$$A + a = 1$$

$$0.7 + 0.3 = 1$$

اذن المجتمع متزن جينيا .

مثال 3 :

مجتمع نباتي (100 نبات) فيه 4 نباتات tt ، كم تكرار الجين T في هذا المجتمع ؟

$$tt = 0.04 \square t = \sqrt{0.04} = 0.2$$

فاذا كان المجتمع متزن جينياً فان $1 - 0.2 = 0.8$

نتحقق بالجدول كذلك :

	T 0.8	t 0.2
T 0.8	0.64	0.16
t 0.2	0.16	0.04

$$\square AA + 2Aa + aa =$$

$$0.64 + 0.32 + 0.04 = 1.0$$

كذلك $H\sqrt{DR}$

$$= \frac{0.32}{\sqrt{0.64 \times 0.04}} = \frac{0.32}{\sqrt{0.16}} = 2$$

اذن المجتمع متزن جينياً .

الفصل الثاني عشر

العقم الذكري وعدم التوافق

ان عدد الازهار للنبات ونسبة الاخصاب امران اساسيان للحصول على عدد عال من البذور للنبات ، وبذا يمكن ضمان حاصل بذور افضل من نبات المحصول ولاسيما اذا زرع بكثافة اعلى يتحملها . ان عدداً كبيراً من ازهار النباتات تسقط او تفشل في الاخصاب ، واحياناً تسقط او تجهض حتى بعد الاخصاب وبحسب مايكون من عوامل بيئة سلبية في تلك المدة من مرحلة نمو النبات . فضلاً عن ذلك توجد حالتان في بعض النباتات تقلل من الاخصاب هما العقم الذكري السايتوبلازمي cytoplasmic male sterility وعدم التوافق الذاتي self incompatibility . يعرف العقم الذكري بفشل حبوب اللقاح من التكون او في الاخصاب ، اما عدم

التوافق الذاتي فان بعض النباتات مثل زهرة الشمس من غير الهجن تنتج فيه حبوب لقاح لاتستطيع ان تخصب المبايض ، وبذا فان التلقيح تنتج فيه حبوب لقاح لاتستطيع ان تخصب المبايض ، وبذا فان التلقيح الخلطي بالحشرات هام جداً لحاصل هذه النباتات . استخدمت حالة العقم الذكري السايتوبلازمي (cms) كثيراً في انتاج هجن زهرة الشمس والذرة الصفراء ، وكذلك في بعض محاصيل الخضر التي تحمل ازهاراً ذكرية وانثوية على ذات النبات بالخصي emasculation ، وهذا مايفعله المربي لما يريد تلقيح ازهار صنفين من الحنطة او الشعير او الشوفان او الكتان وغيرها . اما في الذرة الصفراء فان لم تكن نباتات السلالة الام عقيمة ذكرياً ، فلا بد من ازالة نوراتها الذكرية tassel بعملية تسمى detasseling وذلك لما تزرع مثلاً السلالة الام بخطين او اكثر وبجانبها نباتات الاب بخط واحد ، فتنتقل حبوب لقاح الاب الى حريرة silk الام بالرياح فتخصبها فنحصل على بذور الهجين . اما اليوم فقد تطورت المركبات الكيمياوية الخاصة بقتل حبوب لقاح النبات والمسماة gametocides . من بين اشهرها اليوم SQ-1 ، اذ تكفي منه كمية 5 كغم للهكتار تذاب بالماءوترش على النباتات الام لتصبح عقيمة ، وهي مفيدة جداً في ذاتية التلقيح ، اذ تنتج هجن الحنطة بهذه الطريقة ، وحيث ان اطلاق حبوب لقاح الحنطة ليس كما في الذرة الصفراء ، فان معدات خاصة تشفط حبوب لقاح صنف آخر ، وتنفخه الماكنة على النباتات الام للحصول على بذور الهجين ، يمكن كذلك استخدام هذا المركب على العديد من محاصيل الخضر والحقل على السواء لاستبعاد التلقيح الذاتي وضمان التهجين .

سلالات الهجن :

لما يوضع برنامج علمي لاستنباط هجن لمحصول ما ، لابد اولاً من استباط السلالات . ذلك ان السلالة هي التي تضرب لاستنباط الهجين . عليه ، لابد من الحديث عن كيفية استنباط السلالات .

استنباط السلالات :

من الضروري الحصول على مصادر وراثية نتوقع ان نحصل منها على السلالات ، والمادة الواحدة المتغايرة يمكن استنباط عدة سلالات منها ، بل والغريب يمكن الحصول على هجين من تضريب تلك السلالات المشتقة من ذات الصنف ! ان تلك المواد هي اصناف مفتوحة التلقيح او تركيبية او مركبة او انعزالات من الهجن من الجيل الثاني صعوداً . لقد وجد ان معظم السلالات من غير الحديثة المستنبطة بمضاعفة الجينوم ، بالامكان انتخاب عدة سلالات منها ، وقد وجد ان بعض السلالات المشتقة من السلالة قد تميزت عليها في الهجين مابين 1 – 1.5 طن للهكتار (khazaali وElsahookie و آخرون 2016) .تلخص طريقة استنباط

السلالات بزراعة البذور من اية مادة وراثية ، وكلما كانت النباتات متباعدة كان ذلك افضل للتحقيق من الطبيعة الوراثية للنبات ، فمثلاً للذرة الصفراء نزرع البذور على مسافة 80×80 او 90×90 سم او مايقرب من ذلك او تطبيق الزراعة بخلية النحل ، وعند بدء التزهير وقبل انطلاق بداية الحريرة ، ننظر كم عرنوص في النبات ، وكم ورقة فيه ، وهل الاوراق شبه قائمة ، وهل النبات قصير جداً عن السلالة ، وهل فيه صبغة انثوسيانين ، هل بكر في التزهير عن البقية ، هل كان من بين آخر النباتات في التزهير ... الخ واية صفة اخرى في بال المربي. نغلف النورة الانوية وعند جاهزيتها نلقحها من حبوب لقاحها المغلفة كذلك ، ثم يغلف العرنوص ، وعند النظج ننظر اليه مرة اخرى ، هل هو جيد الحاصل طويل العرنوص ، عدد الصفوف ...الخ من الصفات التي يبحث عنها المربي نستمر بالتلقيح الذاتي الى الجيل الثالث (زراعة عرنوص في خط) للحصول على بذور S3 تزرع كلها (المواد الجديدة) ويضرب عليه بهجين او صنف مفتوح التلقيح ، ويحبذ وجود فاحصين او ثلاثة مثلاً سلالة جيدة ، هجين جيد ، وصنف وكل تضريب يعطي افضل حاصل نستمر بزراعة بذوره والتلقيح الذاتي لغاية S6 ، فتصبح سلالة .اما سلالات العقم الذكري السايتوبلازمي (CMS) وبالذات في الذرة الصفراء ، فانه يمكن الحصول عليها من زراعة صنف مفتوح التلقيح او انعزالات هجن او اية مادة وراثية مفتوحة التلقيح ، تزرع مساحة واسعة لنقل مثلاً دونم او دونمين (بنصف هكتار) ولا داعي ان تزرع على مسافات واسعة ، لان هذه الصفة وراثية مطلقاً اي قلما تؤثر فيها عوامل البيئة نسير في الحقل بحثاً عن نباتات فيها نورات ذكرية غير نشطة (لاتظهر فيها حبوب لقاح او متوك) فاذا وجدناه.ا غلفنا نوراتها الانثوية ، وعند جاهزيتها نضربها بأب خصب ، كما نلقح الاب الخصب ذاتياً ، لانه سيكون اباً لها ، وفي الموسم الثاني تزرع بذور هذا التضريب فان ظهرت النباتات عقيمة ذكرياً فالاب الذي لقحها سيكون B-line اما هي فستكون A- line ، وان كانت ذرية النبات خصبة ، فان الاب هو R-line وهكذا تجتمع عندنا هذه الاصول الثلاثة الاساسية لانتاج الهجين ، فالعقيمة ذكرياً A-line وشقيقتها B –line = sister – line ، و R- line هو معيد الخصوبة fertility restorer . اذا كانت السلالة العقيمة جيدة الحاصل لما تضرب مع R- line فتبقى كذلك ، وان كانت واطئة الحاصل نضربها بسلالة خصبة ننقل لها العقم ، لتكون عقيمة عالية الحاصل .

اختبار صلاحية السلالة لقوة الهجين :

لابد ان نذكر ان الحصول على سلالة جيدة حقاً هو ليس بالامر السهل ، اذ يأخذ ذلك فكراً وتخطيطاً وزمناً ومالاً وجهداً كثيراً من الباحثين . رأيت ممن يعمل في التربية ، حتى اذا لقح الى S2 او S3 خلط بذور عدة عرانيص ليختبر قابلية الاتحاد العامة او الخاصة ، وهذا خطأ يسئ الى نقاوة السلالة . ناخذ عرنوصاً واحداً جيداً من نبات واحد فقط من افضل خطوط العرانيص تجانساً في الارتفاع والنمو والصفات الحقلية

، وبعد نجاح ذرية ذلك ذاتياً نستمر كذلك الى S6 حيث في هذه الحالة يحق لنا خلط بذور عرانيص كل الخط ! هكذا نحصل على سلالة متمالة التركيب الوراثي ، وقلما من ينتج السلالة هكذا في البلدان العربية وكذلك البلدان التي ليس فيها دعم من مؤسسات الدولة او الشركات العلمية الزراعية المختصة . اعود الان الى سلالات A و B و R ، فسلالات A هي ناتجة من الانتخاب لافضل عرنوص دائماً من كل خط من B وحتى الجيل السادس ، تخلط بذور كافة عرانيص خطوط B-line ، وتكون السلالة A الشقيقة له ممالة له تماماً باستثناء العقم الذكري السايتوبلازمي . اما السلالة R- line فنعمل معها كذلك نفس الانتخاب لافضل عرنوص ونزرعه في خط لغاية S3 حيث نجمع بذور عرانيص الخط كله ، لانه اثبت انه معيد للخصوبة ، ولكن يبقى السؤال هل يصلح لانتاج هجين ؟ هنا يجب ان نركز على نقطة هامة جداً ، وهي ان كل برنامج تربية لابد له ان يمتلك مجموعة كبيرة من سلالات R-line ، وذلك ان انتاجها سهل من حيث تاكيد خصوبتها ، ولكن لانعرف قابليتها لانتاج الهجين ، لذا لابد لنا من امتلاك عشرات منها . اما سلالات A وB فطالما اختبرناها ووجدناها جيدة الحاصل ، فان فرصتنا للحصول على هجين تزداد بازدياد عدد سلالات R-line .

نعود الان الى مرحلة S3 للسلالات ، قلنا ان النباتات الجيدة الصفات التي اعجبت المربي كانت موجودة في تلك النباتات واصبحت في الجيل الثالث ، ناخذ بذور S3 ونزرعها ببضعة خطوط تكفي تضريباتها القمية Top crossing لاختبار اتحادها العامة general combining ability (GCA) ، فاذا اعطت بالتضريب القمي مع صنف مفتوح التلقيح او سلالة جيدة او هجين ،نستمر كما اوضحنا الى S6 . اصبح عندنا الان عشرات السلالات ، وربما مئات ، جيدة في GCA ، تزرع مرة اخرى ، فأن كانت عندنا سلالة او اكثر فحصت سابقاً وانها جيدة في قابلية الاتحاد الخاصة Specific Combining Ability = SCA ، نستخدمها بتضريبها على تلك السلالات فنحصل على بذور هجن جديدة ، تدخل هذه الهجن في تجارب اختبار الحاصل YT = Yield trial ، والذي يتفوق على صنف تركيبي جيد في المنطقة او هجين اجنبي او يماثل الهجين الاجنبي فهذا الذي يكون حصتنا في البرنامج ، ويبقى المربي دائماً يبحث عن الافضل .

مصادر العقم الذكري السايتوبلازمي :

هنالك عدة حالات يمكن بها وجود نباتات قليلة عقيمة سايتوبلازميا ، منها انعزالات الهجن الاجنبية ، تزرع بمساحة كافية ونسير في الحقل لنتحقق من النورة الذكرية ان كانت عقيمة في الذرة الصفراء ، اما في زهرة الشمس ، فيمكنك ان تعرف القرص من بعيد انه عقيم ذكرياً اذ لاتوجد فيه حبوب لقاح واضحة وربما حتى المتوك غير فعالة النمو وهذا يغلف كما ذكرنا سابقاً قبل بداية انطلاق حبوب اللقاح من النباتات الخصبة في الحقل ، ومن اجل الحيطة ، يمكن تغليف عدد كبير من النباتات الجيدة

النمو ، ولما يبدأ تفتح زهيراتها يتم فحصها للعقم ، ثم تلقح من نبات خصب وكما ذكرنا سابقاً في الذرة الصفراء . من مصادر العقم كذلك ، التضريب مع بعض سلالات الذرة الصفراء (الشامية) pop corn وملاحظة انعزالاتها فقد تم الحصول على عقم تام من بعض الاباء لدى تضريبها مع dent corn (Yousif و 2007Elsahookie) . كذلك يمكن تعريض الحبوب للحرارة العالية لمدة قصيرة او مواد كيمياوية مطفرة او استخدام جهاز الصعق الكهربائي ، اذ تم الحصول بهذه الطريقة على نباتات عقيمة في زهرة الشمس والذرة الصفراء ، والنقطة الهامة في ذلك هو ان تزرع بضعة الاف من النباتات المعاملة كي تجد العقم . ان حالة العقم المفيدة تجارياً يجب ان يحكمها زوج واحد من الجينات ، وهناك مايحكمها لغاية ثمانية ازواج ، كما ان هناك تلازم احياناً بين العقم السايتوبلازمي وبين بعض الامراض ، فلابد من التأكد .

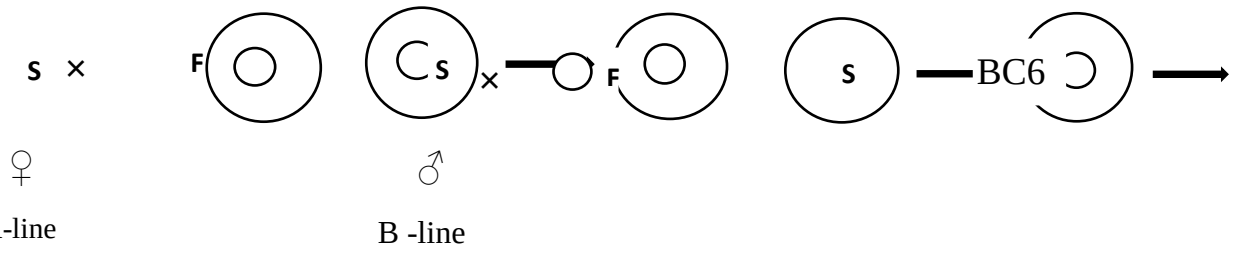
عدم التوافق :

يحدث احياناً عدم توافق بين حبة لقاح نفس النبات ومياسمه بسبب اختلاف موعد التفتح ، ولكن هذا غير مهم كيراً ولكن المهم والذي يقلل الحاصل بدرجة كبيرة هو عدم امكانية حبة اللقاح من اخصاب بويضة نفس النبات لعدم توافق جيناتها ، واحياناً بسبب عدم انفتاح المتوك لنثر حبوب اللقاح او ربما تكون حبة اللقاح تحمل الجين A1 والبويضة ايضاً A1 ، فلا تنبت حبة اللقاح الا اذا كانتا A1 مثلاً مع A2 او A3 . ان مثل هذه الحالات كلها تؤدي الى حدوث التلقيح الخلطي في النبات ، كما هو الحال في زهرة الشمس والذرة الصفراء ، وفي زهرة الشمس اشد حالا من الذرة الصفراء . كذلك فان هذه الحالة لازالت موجودة بكثرة في معظم اصناف الجث عندنا ولذا فان انتاجية هذا المحصول من البذور قليلة لذا لابد من وجود خلايا نحل توضع داخل الحقل لتقوم بالتلقيح الخلطي . يمكن حل جزء من المشكلة في كل من الجت وزهرة الشمس اللازيتي بانتاج اصناف متعددة المواد الوراثية multi – line ، وبذا يكون الاخصاب اعلى مما لو كانت حبوب اللقاح من صنف واحد .

كيفية نقل صفات B الى العقيمة A :

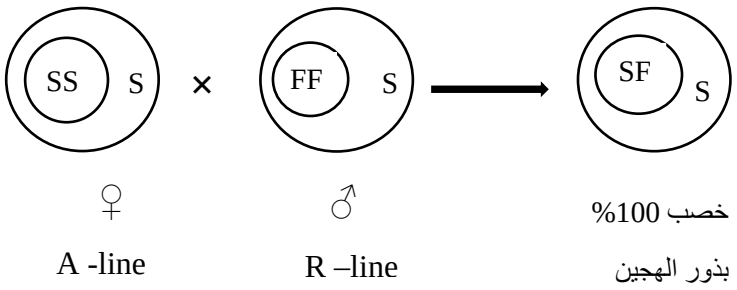
يجب ان نعلم اولاً ان العقم الوراثي يكون في النواة وهو متغلب على العقم السايتوبلازمي ، لذا تستخدم سلالات خصبة R- line للحصول على بذور الهجن بعد تلقيح السلالات العقيمة . اما العقم السايتوبلازمي فيجب ان يكون في السايتوبلازم ويحكمه جين واحد متغلب على الخصوبة السايتوبلازمية ، وبذا فكما علمنا ان الحصول على نباتات عقيمة سايتوبلازميا نحتاج معه الى مساحة واسعة نفتش عن

تلك النباتات ، فاذا عثرنا على بعضها تكون كافية لنا لانتاج عدة سلالات عقيمة سايتوبلازمياً وذلك لان نباتات B-line كيرة وليست مثل العقيمة نادرة فننقل صفات اي نبات من B جيد الى النبات العقيم ، وبذا لو كانت عندك سلالة واحدة عقيمة يمكنك منها انتاج عدة سلالات عقيمة مختلفة عنها وراثيا بتضريبها مع سلالات B جيدة الصفات وكما في المخطط التالي للتضريب الرجعي back- crossing .

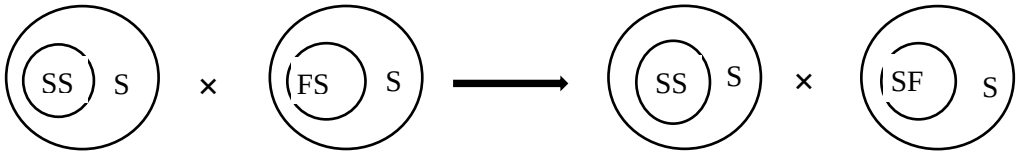


fertile = F و sterile = S وكل جيل من التضريب
ينقل 50 % من جينات الاب (B-line) وبعد جيلين تكون 75% وثلاثة اجيال 87.5% وهكذا حتى الجيل السادس نحصل على سلالة A-line تحمل الصفات الجيدة من سلالة B-line ، وهكذا نستخدم سلالة عقيمة واحدة غير جيدة الصفات باستثناء انها عقيمة ، فتنتج منها عدة سلالات عقيمة كل منها تختلف بصفاتها عن الاخرى بحسب اختلاف سلالات B-line الخصبة سايتوبلازمياً ، اذ نكتفي لغاية الجيل السادس فتكون جينات سلالة B قد انتقل منها حوالي 99% الى السلالة العقيمة الجديدة . ان الدائرة الصغيرة في المخطط تشير الى موقع النواة ، اذ لاعلاقة لنا بها ، والدائرة الكبيرة تمثل السايتوبلازم اما عقيم S او خصب F .

هنالك العقم الثاني الذي هو العقم الوراثي السايتوبلازمي وهنالك الوراثي الذي نستخدمه ملقحاً للسلالة A-line لانتاج بذور الهجين وكما يلي :



ان اهم ملاحظة في سلالات B-line هو انها يجب ان تكون نقية في العقم الوراثي homozygous في النواة (SS) فاذا كانت النواة Fs فان تضريبها مع العقيمة يكون نصفه عقيماً ونصفه خصباً وهذا لاينفع وكمايلي :



A - line B- line عقيمة 50% خصبة 50%

وبذا فان هذا العقم الوراثي – السايتوبلازمي لاينفع في الانتاج التجاري ،الا اذا تحقق لدى المربي ان النباتات الخصبة هي فعالة جداً لاخصاب العقيمة ، والا تهمل .

مسافات العزل بين خطوط الزراعة :

ان الجهد والمال والوقت المبذول لاستنباط سلالات واصناف من كافة المحاصيل الهامة يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار في المحافظة على نقاوتها من الخلط والتدهور ، اذ ستفقد السلالة او الصنف او الهجين الصفات الوراثية المثبتة عنها ، وبالتالي تفقد خواصها التي استنبطت من اجلها . اذا اخذنا اصناف ذاتية التلقيح مثل الحنطة والشعير والشوفان وعدة بقوليات ، فان مسافة 20- 50 متراً بين الاصناف ضرورية لضمان عدم الخلط ، وربما استخدم البعض اقل من ذلك ، ولكن يجب ان يؤخذ الحذر الشديد ليس من التلقيح العشوائي المحدود وانما الميكانيكي من الماكنة والانسان والطيور ، كلها تدخل في عملية الخلط . اما في الذرة البيضاء فتحبذ المسافة 100 متر بين صنف وآخر او اقل احياناً وذلك لوجود نسبة اعلى في الذرة البيضاء من الحنطة والشعير من التلقيح الخلطي . اما سلالات الذرة الصفراء فتحتاج لها 300 متر فاكثر ، وللاصناف 200 متر ، ولسلالات زهرة الشمس بحدود 7 كم فاكثر وللاصناف 5 كم او اكثر ، وذلك ان نشاط النحل في هذه الحقول يكون شديداً فلابد من ضمان مسافة جيدة يستبعد فيها احتمال زيارة نحل من حقل مماثل آخر للمحصول .

اما عن نسبة بذور السلالة الاب الى الام فذلك يعتمد على نشاط حبوب لقاح الاب ، فان كان هجيناً يمكن ان يكون 1 :3 او 1 : 4 وان كان سلالة فالنسبة 1 :1 او 1 : 2 ، كما يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار طبيعة اتجاه الريح عموماً في ذلك الحقل . اما في زهرة الشمس فقد لاحظنا عند استخدام اب متعدد الرؤوس polycephalic ، لم تكن هناك فروق معنوية بين زراعة 1 :5 او 1 : 10 اب الى ام ، اما اذا كانت

السلالة الاب وحيدة الرأس monocephalic فيمكن ان تكون نسبة خطوط الاب الى الام 1 :4 او 1 :5 مع ضرورة وجود النحل فيها .

الفصل الثالث عشر

وراثة الصفات الكمية

ذكرنا سابقاً ان الصفات عموماً منها نوعية qualitative تحكمها بضع جينات رئيسة major genes وكمية Quantitative تحكمها عدة ازواج من الجينات من نوع minor genes ، وبذا فان مربي النبات يصب معظم عمله في برامجه لتحسين المحاصيل على الصفات الكمية بسبب صعوبة تحسينها ، لانها تحتاج الى مدة اطول لجمع اكبر عدد من تلك الجينات حتى يظهر مستوى الصفة المقبول في ذلك الصنف . ان الصفات النوعية تنتقل بطريقة التوارث inheritance وبحسب طبيعة الفعل الجيني ، هل هو متغلب او متنحي ، اما الصفات الكمية فانها تنتقل وفق آلية يطلق عليها التوارث heritability ، وهنا يعني ان الصفة في كل جيل انتخابي سيحصل المربي على نسبة منها فقط ، وذلك بسبب العدد الكبير من الجينات ومن ذات الفعل الاقل تعبيراً expression . ان من بين الصفات النوعية مثلاً صفة وجود السفا في الحنطة والشعير ، يحكمها زوج واحد من الجينات ، وكذلك نكهة الرز العنبر عندنا في العراق ، التي قد تظهر في بيئة وتختفي في اخرى بسبب فعل التداخل الوراثي × البيئي ، كذلك حال الوان ازهار النباتات وعدد بتلاتها واوراقها الكاسية ، وغير ذلك كثير . اما الكمية فمن بينها نسبة السكر في القصب السكري والبنجر ونسبة الزيت في بذور المحاصيل الزيتية ، وحاصل بذور النبات وغير ذلك ، كلها صفات محكومة بعدة ازواج من الجينات .

توريث حاصل المحصول :

ذكرنا ان من بين الصفات الكمية في النبات ، حاصل النبات ، سواء من البذور او الثمار او العلف الاخضر . ان الحاصل بحد ذاته لم تعرف له جينات خاصة به تتحكم بالصفة ، انما هناك جينات اخرى تتحكم بصفات مظهرية هي التي تحكم الحاصل تسمى بالمكونات المورفولوجية الوراثية genetic – morphologic components وهذه الاخرى ترتبط بمكونات اخرى هي المكونات الفسلجية – الوراثية genetic physiologic components . تتكون مكونات الحاصل المباشرة من عدد البذور للرأس (X) وعدد الرؤوس للنبات (Y) ووزن البذور او الثمرة (Z) ، فاذا رمزنا لوزن الحاصل المقصود W ،فان المعادلة التالية تعبر عنه

$$W= X.Y.Z$$

وبذا فان الحاصل لاي نبات اذا ضربت مكوناته الثلاثة ببعضها ظهر تماماً بالرقم الذي يوزن به ، واذا اردنا ان نعرف الحاصل المتوقع في وحدة المساحة ، فما علينا الا ادخال عدد النباتات في المتر المربع او في الدونم او الهكتار ، هذه النتيجة الاخيرة الناتجة من المكونات الاربعة تربتط كما قلنا بمكونات اخرى هي الفسلجية – الوراثية ، والتي من بينها معدل نمو النبات crop growth rate (CGR) ويعبر عنه غم / م^2 / يوم ، وايام موسم النمو حتى نضج المحصول = days to maturity = DTM ، ومجموع المادة الجافة في وحدة المساحة (TDM) = total dry

matter ، التي تشمل كافة الحبوب او الثمار مجتمعة مع المادة الجافة فوق سطح التربة . ان المعادلة التالية توضح لنا كيف ينتج مجموع المادة الجافة :

$$TDM = DTM \times CGR$$

اما معدل النمو CGR ، فانه ينتج من قسمة TDM على DTM فنحصل عليه بالوحدات المستخدمة . ان هذه الصفات لابد ان تكون كلها في حسابات المربي ، اذ انها كلها رغم اختلافها في قوة التاثير لكنها كلها مجتمعة اذا امكن تحسينها فانه يؤدي الى زيادة الحاصل بصورة عالية المعنوية ، وهذا هو الهدف الاساسي قد تحقق للمربي اذا كانت امور التحمل او المقاومة للشدود موجودة فيه ، او الامراض والحشرات ، فضلاً عن نوعية مقبولة في الاقل . هناك تعبير يطلق عليه دليل الحصاد HI = harvest index والبعض يطلق عليه نسبة التحويل ، يقصد بها كم يتحول من المادة الجافة في النبات الى الجزء الاقتصادي ويستخرج من قسمة حاصل البذور على TDM (مجموع المادة الجافة) معبر عنه بنسبة مئوية .

تباين مكونات الحاصل في المحاصيل :

ان اصل او طريقة تكوين الحاصل لمختلف النباتات هو واحد ، الا ان بعض المكونات تختلف من محصول لاخر . ذكرنا سابقاً ان مكونات حاصل الحنطة والشعير مثلاً والشوفان والرز كلها ذات اساس واحد اذ انه ناتج من ضرب عدد رؤوس النبات × عدد حبوب الرأس × وزن الحبة ، ولكن في ذات الوقت يمكن ان نجزئ عدد حبوب السنبلة مثلاً الى عدد السنيبلات × عدد الزهيرات للسنبلة × نسبة الاخصاب والنتيجة واحدة . اما في زهرة الشمس فحاصل النبات ناتج من ضرب عدد بذور النبات × وزن البذرة ، ولكن يمكن ان نقول ان حاصل النبات يساوي مساحة القرص (سم^2) × (بذرة / سم^2) × وزن البذرة ، والنتيجة كذلك واحدة .

ان المربي الذي يعمل على محصول معين عليه ان يعرف اي المكونات او تحت المكونات sub – component له الدور الاكبر في التأثير في زيادة الحاصل فيعمل عليه ، اذ ربما تكون نباتات الصنف ذات CGR عالي ، وتنتج TDM عالي ، ولكن نسبة دليل الحصاد واطئة ، فهذا لاينفع العمل عليه مالم يحصل على نباتات ذات تغاير واضح في دليل حصاد أعلى . اذا كان الامركذلك ، فيمكن للمربي ان يضع معادلة حاصل المحصول الذي يعمل عليه بحسب المعادلة التالية :

$$W = DTM \times CGR \times HI\%$$

لو اننا تصورنا ان عوامل المعادلة الثلاثة هي اضلاع لشكل متوازي مستطيلات ، والاخير هو الحاصل (W) فان تغيير جزء في الضلع الاصغر هو الذي سيحدث فرقاً اكبر في الحاصل ، فلو اعطينا هذه المكونات الارقام 20 و10 و 8 ، وامكن تغيير

معدل 2 فرضاً بين هذه الابعاد ، فاذا رفعنا 8 الى 10 فان متوازي المستطيلات سيكون حجمه اكبر مما لو رفعنا ضلع 20 الى 22 .

عندما يقوم النبات بالتمثيل الكاربوني خلال موسم نموه وحتى النضج DTM ، فلا بد ان يكون هناك جزء للتنفس يذهب من طاقته والجزء الاخر لنمو النبات والحاصل ، فالذي يبقى للنبات بعد طرح طاقة التنفس يسمى صافي التمثيل net = NAR assimilation rate ، فان كان تحويلها الى طاقة الجزء الاقتصادي كبيرا ، نقول ان الصنف فيه ثابت مقدرة نظام عالي system capacity constant (SCC) وهي كمية صافي التمثيل المتبقية في النبات من بداية التزهير حتى انتهائه ، فكلما كانت عالية ، كانت انتاجية الصنف افضل ، وبذا يمكن القول ان هذه الخاصية اي حجم SCC في نباتات الهجن تكون عالية ، فيكون حاصل الهجين افضل ، وذلك ينتج غالباً من سرعة نمو الهجين ليدخل الطور التكاثري اسرع مع اطالة مدة امتلاء الحبة ، فيرتفع حاصله .

الزينيّة والميتازينيّة :

ان ظاهرة الزينيّة xenia عرفت منذ عشرات السنين على محصول الذرة الصفراء ، وتعرف بانها تلون حبوب النبات مباشرة وهي عليه بتأثير حبة لقاح غريبة ، وبذا فهي لاتخضع للقوانين المندلية . تحدث الظاهرة بحسب تغلب احد الابوين في الصفة فقد تكون حبة النبات الام بيضاء ، وتتلقح بحبوب لقاح من أب أصغر الحبة ، فايهما متغلب سيظهر مباشرة على حبة النبات الام ، حتى اذا زرعت ظهرت الحبوب باكثر من لون وبحسب الانعزال . أما الميتازينية metaxenia فهي نفس الظاهرة لكنها على نبات غير حبوبي ، وهو القطن ، اذ تتلون التيلة بلون حبة لقاح الاب اذا كانت مختلفة اللون في التيلة ، وبحسب التغلب والتنحي كذلك ، ونلعب ظاهرة فوق الوراثة دوراً كبيراً في تلون بذور الخروع واللوبيا والصويا وغيرها .

اسباب قوة الهجين :

مر على معرفة ظاهرة قوة الهجين اكثر من مائة عام كما ذكرنا ولكن لم يعرف السبب الحقيقي لحدوثها ، ولو عرفه الباحثون لكن استنباط الهجين ابسط مما هو عليه اليوم الذي يعتمد على الاحتمالية probability ، اذ تضرب السلالات مع بعضها البعض ، وتزرع بذور التضريبات في الحقل وتقارن وتحلل احصائياً ، والذي يتفوق على صنف او هجين المقارنة معنوياً ، هو الذي يؤخذ . وضع عدة باحثين عدة نظريات لتفسير الظاهرة ، وفيما يلي بعضها :

1. Coepistasis :

يطلق على هذا التعبير التفوق المشترك وينتج اصلاً من فعل تكميلي بين جينات الابوين لصفات النبات الهجين يكون ذلك بوجود موقعين loci في الاقل على ذات الكروموسوم يكمل بعضهما البعض للصفة ، فتظهر افضل .

2. Semiepistasis (شبه تفوق) :

وهي مثل الظاهرة الاولى لكن الموقعين يكونان على اثنين من الكروموسومات وليس على كرموسوم واحد .

3. Codominance :

تغلب مشترك ينتج من فعل جيني تكميلي لاثنين في الاقل من سلسلة جينات على ذات الموقع مثل A1 وA2 و A3 ...الخ والتي تكون من نوع polymorphic ، فيكون A1A2 افضل من A1A1 او A3 A3 ، وهكذا ، اذ ان الموقع له سلسلة من مثل هذه الجينات ، ويجب ان تتكرر هذه على عدة مواقع loci .

4. Dominance and partial dominance :

وهما التغلب والتغلب الجزئي ، فيظهر الهجين بصفات افضل نتيجة تغلب تام او جزئي في جينات الابوين لتغطي بذلك فعل الجينات الضارة او المميتة deleterious التي تكون كذلك في السلالات الابوية للهجين ، فيظهر الهجين افضل من افضل ابويه للصفة او الصفات المطلوبة ، وهذا يحتاج غالباً لعدة مواقع يقال عنها heterotic loci .

5. فعل الجين المضيف :

هو additive gene action اذ تكون سلسلة من الجينات المتعددة على ذات الموقع الجيني وبحسب جينوم المحصول ، لو اخذنا مثلاً الحنطة الرباعية T. durum فان فيها (4X) اي 4 جينومات في الخلية الجسمية ، فلو افترضنا ان جينا مثل A يحكم صفة معينة ، فان AAAA هو افضل من AAAa و AAaa و Aaaa و aaaa وفي السداسية (6X) كما في حنطة الخبز T.astivum يكون الامر في الهجين بوجود 6 اليلات مفضلة تجتمع كلها في النبات الهجين . ان قوة الهجين في الحنطة مستخدمة اليوم ، ولو انها ليست عالية ، لكنها مفيدة في زيادة الحاصل ، وقد لاحظنا ذلك في الابحاث والمشاريع البحثية في المانيا ، اذ انهم يزرعون مساحات واسعة اليوم من هجن الحنطة التي فيها زيادة في حاصل الحبوب عن افضل الاصناف بنسبة 10% ، اذ انهم يستخدمون مادة كيمياوية من بين اشهرها SQ-1 ، ترش على كافة نباتات الحقل (الام) لتصبح عقيمة كلها ، ثم تجمع بالماكنة حبوب لقاح من نباتات حقل الاب ، وتنفخ ايضاً بالماكنة على نباتات الام العقيمة فتتخصب وتعطي بذور الهجين الذي يزرع تجارياً .

ان هذه الانواع من الفعل الجيني هي من بين الاكثر قبولاً عند المربين في تفسير حدوث قوة الهجين ، لكنها كلها نظرية ، ولابد من زراعة بذور كافة الهجن في تجارب تقييم الحاصل yield trials وتجمع البيانات عنها وتبوب وتحلل احصائياً ، وربما لانصل الى الهجين المطلوب ، فنذهب باتجاه آخر باحثين عن تغايرات جديدة بين السلالات او الاصناف لاختبار مقدرتها لقابيلة الاتحاد الخاصة . لقد علمت من خلال عملي في الولايات المتحدة وبعض دول اوربا ، ومن خلال تعاملي مع هجن الذرة الصفراء وزهرة الشمس انه لاستنباط هجين متميز elite hybrid فان اقل كلفة لاستنباطه من الذرة الصفراء وزهرة الشمس هو اكثر من ثلاثة ملايين دولار ! ولانتاج صنف من فول الصويا او الحنطة او الشعير يكلف حوالي مليون دولار ، اذ ان الذي يطلب من الباحث ان يبدع ، عليه ان تُدفع له الاموال الكافية لقاء جهده المستمر للمنافسة مع نتاجات الشركات العلمية الاخرى ، وبذا تكون الكلفة عالية. عملت لمدة ثلاث سنوات مع شركة عراقية تتعامل مع البذور المصدقة ، وتم استنباط واعتماد هجين من الذرة الصفراء باقل من 200 مليون دينار عراقي ، وهو مبلغ لايكاد يذكر بالمقارنة مع ماتدفعه الشركات العلمية الامريكية والاوربية ، ومع ذلك ، ومع اعتماد الهجين للانتاج ، فقد قامت الشركة المذكورة بتسليم بذور سلالتي الهجين الى مديرية ابحاث المحاصيل في وزارة الزراعة وحدث ان خلطت بذور السلالتين بسبب سوء الخزن ، والى الان لم يتوصلوا الى آلية فعالة لتنقية السلالتين !

الانتخاب:

ان عملية الانتخاب selection هامه جداً لتشخيص التغايرات المفيدة ، اما لاستخدامها مباشرة لاستنباط صنف ذاتي التلقيح كالحنطة والشعير والشيلم والصويا .. وامثالها او خلطية التلقيح في كل من زهرة الشمس والذرة الصفراء ، عليه فلابد من اخذ نقاط هامة في نظر الاعتبار لرفع كفاءة برنامج الانتخاب في اي مجتمع نباتي ، وفيما يلي بعضها:

1. اعتماد شدة انتخاب قاسية (selection intensity) :

يقصد بذلك انه لو كان عندنا مجتمع من نباتات ذاتية او خلطية التلقيح ومزروعة بمساحة واسعة ، تضم الاف النباتات ، فاذا اردنا ان ننتخب منها الافضل ، فان شدة الانتخاب 1% او 2% ولغاية 10% وبحسب حالة التغايرات ، يكون انتخاب النسبة الادنى من النباتات افضل من النسبة العليا بشرط جمع عدد كاف من تلك النباتات المتماثلة الصفات ، ولايحبذ اعتماد بضع نباتات متماثلة الصفات ، بل يفضل مئات النباتات ، وذلك من اجل جعل القاعدة الوراثية genetic base اوسع ، لان ذلك يضمن استقرار الصنف في اجيال الانتخاب وكذلك لما يزرع بمساحات واسعة عند

المزارعين ، لاتظهر عليه اصابة شديدة اذا تعرض لمرض او حشرة او انجماد او حرارة عالية جداً .

1-اعتماد انحراف قياسي اعلى :

ان الانحراف القياسي = S.D = standard deviation يفيدنا جداً بعد تحديد تغايرات صفة معينة في المجتمع النباتي ، فمثلاً لو كنا نعمل على انتخاب نباتات حنطة طويلة السنبلة من اجل زيادة عدد حبوب السنبلة ، علينا ان ناخذ عينة عشوائية من نباتات ذلك الصنف الذي يحوي تغايرات لهذه الصفة ثم بعد تحليل البيانات ، نستخرج قيمة الانحراف القياسي ، ونستخدمها للمقارنة ، فلو كان معدل اطوال السنبلة في ذلك المجتمع النباتي 15 سم للسنبلة وعثرنا على مئات النباتات مصنفة في ثلاث رتب ، 24 سم للسنبلة و20 سم للسنبلة ، لكانت رتبة 24 سم اكثر اختلافاً عن رتبة الصنف الاصلي ربما بمقدار (Ϭ3) فيما كانت تختلف رتبة 20 سم بمقدار Ϭ واحدة او اثنين عن معدل طول السنبلة لرتبة صنف المقارنة .

2- توريث عال للصفة :

ان نسبة التوريث العالية للصفة المدروسة تمكننا ان نرفع من متوسط الصفة بعد كل جيل انتخابي ، وذلك ان تلك الصفة محكومة بمجموعة جينات ، وكلما ننتخب نباتات ذات توريث عال للصفة ، كلما تحقق هدف البرنامج اسرع . عليه ، فانه يمكن معرفة مقدار التقدم الوراثي genetic gain نتيجة الانتخاب اذا اعتمدنا شدة الانتخاب الاعلى وعرفنا معدل الصفة ، وهناك معمل خاص (K) نستخرجه من جداول خاصة ، او نحفظه من تحديد اربعة شدود انتخابية ومايقابلها من العامل K ، مثل نسبة 1% و 2% و 5% و 10% اذ تكون قيمة K بالتتابع هي : 2.64 و 2.42 و 2.06 و 1.76 ، بالتتابع ، وهنا نلاحظ ان شدة الانتخاب القاسية (1%) هي التي لها قيمة K اعلى ، وبذا يكون التقدم الوراثي نتيجة الانتخاب في كل جيل معلومه للمربي وكما في المعادلة التالية لحساب التقدم الوراثي (genetic = Gs gain due to selection) نستخدم المعادلة مع 1% شدة انتخاب ، وقيمة K منها 2.64 ، وبعد استخراج نسبة التوريث بمعادلة خاصة نعرفها لاحقاً تكون المعادلة الاتي :

$$Gs = k.h^2 \%Ϭp$$

اذ ان Gs التحصيل الوراثي لكل جيل انتخابي ، و k = 2.64 معامل خاص مرتبط بشدة الانتخاب و $h^2\%$ نسبة التوريث للصفة و Ϭp قيمة الانحراف القياسي عن المعدل المذكور للصفة في ذلك المجتمع .

كيفية تطبيق المعادلة :

كما ذكرنا فاننا نحتاج الى استخراج قيمة σp للصفة وهذه تستخرج من مربعات القيم ، اذ نحصل منها على التغاير variance = σp^2 ، فلو كانت لدينا مائة سنبلة متنخبة وعندنا طول سنبلة كل منها ، نستخرج اولاً sum of squares (S.S) فنقول مثلاً :

$$S.S = 23^2 + 24^2 + 21^2 + \ldots . n^2$$

فنحصل على قيمة مجموع المربعات ، ثم نطرح منها قيمة معمل التصحيح C.F = correction factor والذي هو عبارة عن معدل مربع مجموع القيم ، بعد قسمة $(\Sigma Xi)^2$ على 100 الذي هو عدد النباتات ، ثم نطرح هذه القيمة من مجموع المربعات المباشر فنحصل على معدل المربعات (mean squares) = σp^2 ثم بجذره نحصل على σp .

اما بالنسبة لحساب h^2 % ،فعندنا صفات المجتمع المدروس مثل $\overline{XO}$ = معدل الصفة للذرية offspring و $\overline{Xp}$ وهي معدل الصفة (طول السنبلة كما قلنا) للمجتمع الاصلي population و $\overline{Xs}$ معدل الصفة للنباتات المائة المنتخبة .فلو كان $\overline{XO}$ المدون على نباتات ذرية المنتخب = 22 سم ، ولدينا $\overline{Xp}$ = 15 سم ، والذي انتخبناه $\overline{Xs}$ = 24 سم نطبق المعادلة ، ستكون كما يلي :

$$h^2\ \% = \frac{\overline{xo} - \overline{xp}}{\overline{xs} - \overline{xp}}$$

$$h^2\ \% = \frac{22-15}{24-15} = \frac{7}{9} = 0.77 \times 100 = \%77$$

اي نسبة ماحصلنا عليه من تقدم وراثي من تغاير الصفة هو 77% منها خلال جيل انتخابي واحد ، كذلك يمكن اعتماد المعادلة الثانية لتقدير التوريث :

$$h^2_{n.s}\% = \frac{\sigma a^2}{\sigma \rho^2} \times 100$$

حيث σa^2 تغاير الصفة الذي يعد فعل الجين المضيف و $\sigma \rho^2$ هو تغاير المجتمع للصفة وقسمة σa^2 للمنتخب على مجموع تغاير المجتمع $\sigma \rho^2$ نحصل على نسبة التوريث . لقد عرفنا الان معالم الانتخاب التي ترفع من فعالية برنامج الانتخاب ، وهنا اريد ان انوه الى السنابل التي انتخبناها من صنف حنطة فيه تغايرات ، قمنا بتسجيل طول كل سنبلة ، وحددنا لمثالنا 100 نبات ، تزرع هذه البذور بطريقة نبات خط plant - to - row ويرمز لها PTR ، وندون على

عدد مناسب من الذريه offspring التي حصلنا عليها من زراعة بذور من السنابل المنتخبة وعند النضج يمكن يمكن استبعاد اي نبات لايمتلك الصفة الجيدة التي كانت هدفنا ، فنسجل طول السنبلة على مجموعة كافية من نباتات الذرية للحصول على $\overline{Xo}$ ، اما $\overline{Xs}$ فقد حصلنا عليها سابقاً وبصورة مباشرة من النباتات المنتخبة المائة ، وكذلك حللناها بتدويننا المباشر على نباتات المجتمع الاصلي فحصلنا على قيمة $\overline{Xp}$، وبعدها تبوب كافة البيانات وتحلل احصائياَ ووراثياً للحصول على قيمة نسبة التوريث $h^2\%$ ونكون على وضوح تام ان مقدار التقدم الوراثي للصفة كل جيل هو ماظهر في المعادلة التي بها نعرف مقدار التقدم الوراثي للانتخاب على تلك الصفة . ونقدر كم موسم سنحتاج لاكمال هدف البرنامج من تلك الصفة ، هناك انتخاب على افضل نبات مقاوم للمرض في البطاطا مثلا ، وافضل نبات من الشوفان او الشعير تحملاً لشد الجفاف او الملوحة ،كما يمكن ان نختار بعض نباتات قصب السكر ونقطع الساق الى (اقلام) (cuttings) ونزرعها ونقارن فيما بينها بتحليل الصفة التي نبغيها في ذلك المحصول ، للاسف قلة من برامجنا العلمية تعتمد المساحات الواسعة للانتخاب ، فلو اردنا ان نستبط صنفاُ من الجت يتحمل الاصابة بالسوسة ، فما علينا الا ان نزرع البذور على مسافات متباعدة وننظر في الحقل اي النباتات متحملاً للسوسة قيد البحث ، نأخذ نبات الجت ، ونقطعه الى قطع صغيرة لاكثاره خضرياً ولاتهمنا بذوره ، حتى اذا صارت عندنا مجموعة من النباتات المنتخبة ، كثرناها كلها خضرياً ، ثم نزرعها من البذور في الحقل كي نتحقق ايها افضل للتحمل .

اعتماد خلية النحل في الانتخاب :

يمكننا ان نقول ان افضل برنامج انتخاب فعال هو الذي يستخدم برنامج زراعة بخلية النحل (honey comb) ، وهو يعتمد في استخدامه على مسافات واسعة بين النباتات تسمح للنبات ان يعبر جينياً عن صفاته فعلاً ، فلما نأخذ ذلك النبات كما هو ان كان ذاتي التلقيح او نلقحه ذاتياً ان كان خلطي التلقيح ، ثم نكثره لاحقاً بعد التحقق انه قد اعطى المعدل الجيد من تلك الصفة . ان انتخاب نبات واحد لصفة ما واكثاره صنفاً يكون عرضه لما يسمى بالانجراح الوراثي (genetic vulnera bility) ذلك ان قاعدته الوراثية ضيقة وهذا مايطلق عليه ideotype ، اذ انه يحتمل انه لايمكلك اية جينات تتحمل مرضاً معيناً او حشرة معينة قد تهاجمه مستقبلاً فيفشل ! وهذا لانلجأ اليه بالتربية ، وانما نجمع بذور مئات النباتات المنتخبة المتماثلة في عدة صفات مرغوبة لتكون صنفا اذ ستصبح قاعدتها الوراثية واسعة ، وهي المطلوبة في كل برنامج تربية للاصناف ، سواء الذاتية او خلطية التلقيح . ان مما ساعد عدة مربين لتشخيص التغايرات هو استخدام برنامج خلية النحل ،و ذلك بالزراعة على مسافات واسعة بين الخطوط وبين النباتات ، فيعبر كل نبات بكل حرية عن طبيعة توليفته الوراثية اي مستقلاً

عن الكثافة النباتية population independent كما ان الفعل الجيني من النوع المضيف additive سوف يظهر للمربي تماماً ، فينتخب وهو مطمئن ان تلك الصفة او الصفات في تلك النباتات المنتخبة سوف تورث لاحقاً في ذرياته الناتجه منه .

مخطط برنامج خلية النحل :

هذا البرنامج يشتمل على العشوائية ، انما يحدد بأن النبات المنتخب هو محروس من ست جهات ! وبذا لكي نحصل على مثل هذه النباتات الجيدة التعبير الجيني لابد من اتباع النقاط التالية :

1. تحديد المسافة بين النباتات :

ان الذي يعمل على محصول ما ، عنده فكره ولو تقديرية عن المسافة التي قد يعبر فيها النبات عن طبيعته الوراثية. لو اخذنا مثلاً الحنطة ، تزرع سرباً بالباذرة ، وربما تكون المسافة بين حبة واخرى في الارض هي بين 5 – 10 سم ، وبذا يمكن ان نختار مسافة 50 سم بين النباتات لتعبر عن طبيعتها الوراثية فتظهر صفات لم تكن تظهر لما كانت النباتات مزروعة بكثافة عالية ، ومسافة ضيقة بين النباتات وبين الخطوط . لما حددنا المسافة 50 سم بين النباتات ، فاننا لابد ان نلجأ الى معادلة لتعطينا المسافة المطلوبة بين خطوط الزراعة التي تناسب المسافة المختارة بين النباتات ، لذا فان المسافة التي اخترناها مابين النباتات للحنطة (50 سم) تعطى الرمز d ويمكن بالمعادلة التالية استخراج المسافة بين الخطوط distance DBR= between rows

وكما يلي :

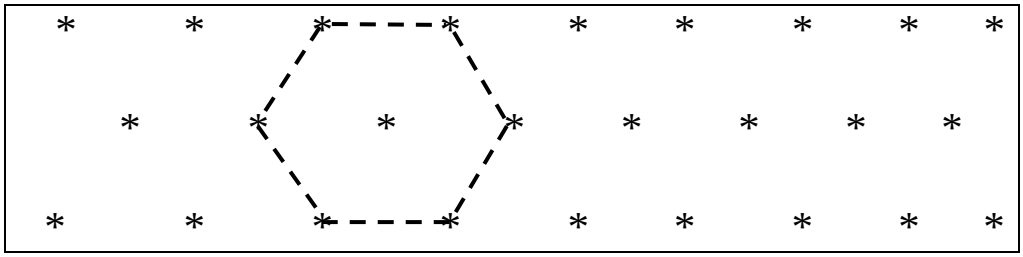
$$DBR = 0.866 \times d = 0.866 \times 50 = 43.3 \text{ سم}$$

نجد هنا ان المسافة بين الخطوط في هذا البرنامج تكون دائما اقل من المسافة بين النباتات ، وذلك حتى يتكون شكل الخلية السداسي للنباتات المزروعة بهذه الطريقة ، فلا تكون متقابلة على شكل مربعات ، لان طريقة الحماية حول النبات المنتخب يجب ان تكون من ستة جوانب بدلاً من اربعة ، وهذه فائدة كبيرة لهذا البرنامج . اما اذا اردنا ان نعرف كم سيحتل النبات الواحد من مساحة الارض ، فعلينا بالمعادلة التالية

$$\text{land area plant} = (\text{LAP}) = d^2 \times 0.866$$

ان الرقم الثابت 0.866 تم استخراجه اصلا من $\frac{\sqrt{3}}{2}$ اذ نقسم قيمة $\sqrt{3} = 1.732$ ، نقسمها على 2 فنحصل على الثابت 0.866 .

2- استناداً للقيمة التي حصلنا عليها من المعادلة في تحديد هندسة زراعة النباتات في الحقل ، فانها ستكون تماماً مثل خلية النحل السداسية ، ان ذلك يحتاج الى وضع نقاط بشريط القياس على أرض الحقل ، ووضع علامات عليها ، ولنبدأ اولاً مثلاً بالمسافة بين النباتات التي اخترنا لها مسافة 50 سم ، وبعد تاشير كامل المساحة بهذه النقاط ، نقوم بتثبيت مواقع النقاط الخاصة بالمسافة بين الخطوط ، فيظهر الحقل بصورة واضحة انه مزرع بنظام سداسي يشبه خلية النحل . تزرع البذور على تلك النقاط ، فتنمو وتكون محروسة من ست جهات ، ان المساحة التي يحتلها النبات الواحد تعطينا فكرة كم من الارض سنحتاج لعدد نباتاتنا التي نريدها .



2. الفعل الجيني :

لما زرعت النباتات بهذه الطريقة ، فان الصفات الكمية من ذات العدد الواسع من الجينات سوف تتمكن من اظهار تعبيرها الجيني مستقلة عن تاثير الكثافة النباتية العالية ، وبا فان الفعل الجيني بهذه الطريقة لانتخاب الصفات الكمية سيكون من نوع additive ، مع ذلك فان البرنامج لايمنع من ان ننتخب لصفات نوعية محددة نحن نرغبها في الصنف . يتم اختبار مسافات زراعة لنباتات الحنطة والشعير والرز والشوفان بحدود 80 – 100 سم ليكون بين الخطوط اقل من ذلك ، كما يوصى باعتماد مسافة بحدود 150 سم بين نباتات الذرة الصفراء والبيضاء والقطن ، وبين نباتات الخضر المفترشة مثل البطيخ والرقي والخيار وامثالها مابين 180 – 200 سم .

الفصل الرابع عشر

التلقيح في النباتات وتربية ذاتية التلقيح

قبل ان ندخل في طريقة تربية المحصول ، لابد من معرفة طريقة تكاثره ، فانها تحدد بشكل مباشر طبيعة العمل المطلوب . هنالك اربع مجاميع من النباتات من حيث طبيعة تلقيحها ، وهي :

1- ذاتية التلقيح self –pollinated (auto gamous):

هذه المجموعة من النباتات يكون فيها التلقيح الذاتي هو الغالب اذ يكون مابين 95% - 99% ، وذلك بحسب اختلاف الاصناف في تعرض مياسمها لخارج الزهيرة فتكون اكثر احتمالاً للخلط . تشمل هذه النباتات من محاصيل الحنطة والشعير والشوفان والصويا واللوبيا والماش .. ومن محاصيل الخضر الطماطم والباذنجان ومعظم اشجار الفاكهة .

2- غالبا ذاتية التلقيح often – self pollinated :

هي نباتات تتلقح ذاتياً غالباً ، ولكن تحدث فيها نسبة تلقيح خلطي اعلى مما في ذاتية التلقيح ، وذلك مثل الذرة البيضاء والقطن والباقلاء وغيرها . ان طبيعة الازهار في هذه المجموعة كما هي في ذاتية التلقيح تكون خنثية فتضم معظم الاعضاء الذكرية والانثوية في ذات الزهرة ، ولكن قد يوجد مايشجع على التلقيح الخلطي في موقع المتوك والمياسم او موعد جاهزيتها او وجود نشاط حشري عليها .

3- خلطية التلقيح (Heterogamous = Cross - pollinated) :

هذه المجموعة من النباتات يحدث فيها التلقيح الخلطي بما يساوي تقريبا التلقيح الذاتي في ذاتية التلقيح ، فهي في الاقل تلقيحها خلطي بنسبة 95% . تشمل هذه المجموعة الذرة الصفراء وزهرة الشمس والشيلم rye والخروع والفستق الاخضر والنخيل والقثائيات والقرعيات . هذه المجموعة فيها نوعان من طبيعة امتلاك الازهار المذكرة والمؤنثة ، فمثلاً في نبات القنب hemp والسبانغ والفستق الاخضر وافضل مثال النخيل ، كلها فيها نباتات ذكرية واخرى انثوية ، وبذا تسمى ثنائية المسكن (Dioecy) ، اما نباتات زهرة الشمس والذرة الصفراء والخروع وامثالها فهي احادية المسكن (monoecy) اذ ان النبات يمتلك كلا الجنسين الذكري والانثوي منفصلين على نفس النبات ، وكذلك حال القثائيات والقرعيات ، الامر الذي يسمح

بالخلط اكثر ، اذ تنشط حشرات عليها في التلقيح من بينها النحل والزنبران (bumble bee) ، كما ان النباتات بطبيعتها اذا سنحت لها الفرصه ، تتقبل حبوب لقاح النبات المغاير لها من ذات النوع افضل مما تتقبل حبوب لقاح نفس النبات .

4- المتكاثر خضرياً vegetatively propagated :

وتشمل نباتات البطاطا الاعتيادية والبطاطا الحلوه وقصب السكر والجت والثيل من المحاصيل ، وكثير من اشجار الفاكهة مثل التين والعنب والرمان والموز والاوراد (Roses).

طرائق تربية ذاتية التلقيح :

أ- انتخاب الخط النقي pure line selection
ب- الانتخاب الكمي mass selection
ت- الانتخاب بالنسب او الذرية pedigree selection
ث- الانتخاب التجميعي bulk selection
ج- التضريب الرجعي backcrossing selection

لقد ذكرنا ان التغايرات بين الاصناف للنوع الواحد ضرورية جداً ، فان كانت هناك اصناف محلية فيها تغايرات ، فالعمل على انتخاب نباتات مفضلة منها امر مشجع ، وذلك ان مثل تلك الاصناف متطبعة مسبقاً في تلك البيئة ، ولكن عند عدم وجودها ، فلا بد من الادخال introduction من اقطار اخرى بيئتها مماثلة تقريباً لبيئة الهدف. تزرع ويتم الانتخاب لافضلها ، اذ ان هناك مؤسسات علمية مختصة بجمع المصادر الوراثية النباتية plant genetic resources (PGR) ، ولابد لمربي النبات الذي يعمل على محصول ما من امتلاكه عدة مصادر وراثية تدعم برنامجه سواء للانتخاب او التضريب ثم الانتخاب على الانعزالات لاحقاً .ان منظمة FAO تمتلك عدة مصادر وراثية جمعت اصولها من عدة بلدان مثل العراق وافغانستان وايران وتركيا وغيرها ، اذ فيها الشيء الكثير من التغايرات الطبيعية المفيدة ، ذلك ان مثل هذه البلدان كانت مراكز لانتشار اصول هذه المحاصيل ، تسمى Centers of Origin . ان اكثر من اشتغل على جمع المصادر الوراثية في العالم هو الباحث الروسي Vavilov ، اذ قام بعدة جولات استكشافية في العالم ، جمع من خلالها الافاً من تلك المصادر . كذلك كتب Darwin عن اهمية هذه المراكز في العالم ، وكتب كتابه اصل الانواع Origin of Species الذي فيه علاقة التطور Evolution مع اصل الانواع وما موجود لدى المراكز البحثية العالمية اليوم .

1- انتخاب الخط النقي :

يتلخص هذا البرنامج بزراعة مساحات كافية فيها الاف النباتات من كل صنف لذلك النوع. اذا يسير المربي في الحقل ويضع علامات على النباتات التي يرغبها ، وعند الحصاد ، اذ كانت جيدة ياخذ بذورها ليزرعها مرة اخرى نبات - خط – PTR ، وليبدأ بعملية الغربلة على مئات او ربما الاف النباتات التي انتخبها في ذلك البرنامج بأخذ بذور افضل الخطوط التي تتوفر فيها الصفات الطبيعية الجيدة ، ويمكن ايجاز الطريقة بالآتي :

الموسم الاول : زراعة اصناف ذات تغايرات مفيدة ، ووضع علامات على النبات المطلوب ، وعند الحصاد تؤخذ بذور ذلك النبات .

الموسم الثاني : زراعة بذور النباتات المنتخبة كل على انفراد PTR فتكون لدينا مجموعة كبيرة من الخطوط في الحقل ، وهنا سيكون الانتخاب للخطوط الجيدة النباتات والعالية التماثل للصفات .

الموسم الثالث : تزرع بذور الخطوط المنتخبة في مكررات فيها بضعة خطوط في تجربة مقارنة مع صنف اصلي شائع في تلك البيئة وتؤخذ بذور كافة الخطوط الجيدة ، وتترك غير الجيدة . اذا كانت هنالك عدة خطوط جيدة ومتماثلة في التزهير والنضج والنوعية ، يمكن خلطها مع بعضها للحصول على صنف (multi - line) فيكون بقاعدة وراثية واسعة يمتلك تحملاً افضل لعوامل البيئة والامراض والحشرات . اما ان كانت هناك تغايرات في الخطوط المنتخبة ، تثبت تلك التغايرات ويتم اكثار البذور لكل خط جيد واحد على انفراد وادخالها في تجربة (YT) لاعتمادها صنفاً جديداً . ان النباتات المشتقة من نبات واحد ذاتي التلقيح تكون غالباً عالية التماثل ولذا اطلق على الطريقة pure line selection . اما اذا كان لدينا صنف جيد وحصل فيه خلط غير مرغوب فيمكن زراعة بذور الصنف في خطوط ، وعند التزهير والنضج يتم استبعاد النباتات غير الجيدة التي تعد غريبة (offtypes) في الصنف ، وبعملية تسمى Rouging وطريقة الانتخاب هنا تكون عكسية Reverse selection .

2- الانتخاب الكمي :

ان هذه الطريقة ميدانياً مثل طريقة الخط النقي في العمل الحقلي ، ويمكن هنا بعد ان نحصل على بذور النبات الواحد المنتخب نزرعه في الموسم اللاحق بطريقة PTR ، والخطوط الجيدة التي تعجب المربي تجمع بذورها وتخلط سوية ، ثم تدخل في تجربة YT ، فاذا اثبت نجاح الصنف في تفوقه بصفة او اكثر على صنف أو اصناف المقارنة ، تكثر بذوره وتقدم للتسجيل والاعتماد التي مرت بنا سابقاً .ان ريقتي الانتخاب بالخط النقي او الكمي لاتحتاجان الى اي تضريب ، انما هما عبارة عن

انتخاب مباشر في الحقل على نباتات الصنف او الاصناف التي فيها تغايرات وراثية مفيدة . فيما يلي نقاط للمقارنة بين طريقتي الانتخاب ، الخط النقي والكمي .

ت	الخط النقي	الانتخاب الكمي
1	نحتاج الى عدد نباتات اقل للانتخاب	نحتاج عدداً اكبر من النباتات للانتخاب
2	تزرع بذور كل نبات PTR	تخلط بذور الخطوط الجيدة مع بعضها
3	يحتاج البرنامج عدة مواسم	يحتاج مواسم اقل
4	بذور الخطوط المنتخبة تحتاج اختبار YT	يتم انتخاب افضل النباتات وخلط بذورها ، فلاتحتاج YT
5	النباتات المنتخبة عالية التماثل	النباتات المنتخبة اقل تماثلاً
6	يمكن استنباط عدة اصناف بهذه الطريقة .	غالباً يستنبط صنف واحد

3- الانتخاب بالنسب :

هذه الطريقة تبدأ بعد اجراء تضريب بين صنفين او اكثر للجمع بين صفات جيدة موجودة فيها ، ويمكن ايجازها بالخطوات التالية .

أ- يزرع صنفان متغايران وراثياً وتضرب نباتات من الصنفين لنحصل على بذور F_{1s} منها ، وربما ادخلنا صنفاً ثالثاً او رابعاً في التضريب ، لكننا سنحتاج لمواسم اكثر ، وقاعدة وراثية اوسع .

ب- تزرع بذور F_{1s} لانتاج بذور F_2 .

ت- تزرع بذور F_2 ونبدأ بالانتخاب على افضل النباتات المنعزلة في هذا الجيل ، ونحافظ على بذور كل نبات لوحده .

ث- نزرع بذور F_3 الناتجة من F_2 وبطريقة PTR ، وبذا تبدأ العوائل families بالظهور مع ازدياد الفروق المظهرية بين الذريات المنتخبة ، والتي نشاهدها بوضوح على ذريات النباتات المزروعة بطريقة PTR ، والبذور الجيدة التي تنتجها تكون عائلة لوحدها .

ج- تزرع بذور العوائل في تجربة YT مع صنف او اكثر للمقارنة وبعدة مكررات ، تعاد لموسمين او ثلاثة هذه التجربة حتى يثبت احصائياً ان هذه الاصناف متميزة فنكثر بذورها لتقديمها للتسجيل والاعتماد هذا ومن الضروري ان نمسك بسجلات خاصة بنسب هذه الاصناف كي نعرف من اين انحدرت من تضريبات الاباء . نلاحظ هنا انه يمكن اطلاق الصنف في الجيل الرابع F4 .

4- الانتخاب التجميعي :

بعدما قمنا بالتضريب والانعزالات عليها تماماً كما في طريقة النسب ، سنقوم بعمل معين في هذه الطريقة كما في المراحل التالية .

أ- نزرع بذور التضريبات F_{1S} كما في برنامج النسب ، ولكن نستمر بزراعة بذور كل جيل من دون اي انتخاب او عزل او وضع اية علامة ، وحتى الجيل السادس F_6 . ان وصول النباتات الى الجيل السادس ، تكون قد استقرت فيها معظم الصفات . نقوم في الجيل السادس بانتخاب نباتات فردية ، فان كانت النباتات عند النضج متماثلة ، وليكن مثلاً لدينا 12 خطاً تتماثل في الارتفاع والتزهير وتحمل الشدود ولون الرؤوس والبذور ، هذه النباتات ان وجدت تخلط بذورها كلها مع بعضها ، او المجاميع الاخرى المنتخبة تخلط بذورها كذلك ، لنحصل على عدة اصناف متغايرة في هذا البرنامج .

ب- تزرع البذور المتحصل عليها في الفقرة الاولى ، وهنا يمكن الانتخاب على خطوط النباتات المنتخبة للحصول على صنف متماثل pure line نكثره لاحقاً ونختبره او نخلط عن قصد عدة خطوط جيدة متباينة وراثياً لكنها متشابه مظهرياً ، لنحصل على صنف multi – line في تجربة YT لسنتين او اكثر ، فاذا تفوقت على صنف المقارنة ، نكثر البذور ونقدم للتسجيل و الاعتماد.

نقاوة اصناف ذاتية التلقيح :

عندما ننتخب الاصناف المتميزة بعد اجراء التضريب ، وخصوصاً التضريب المتعدد الاباء ، فانها تكون هجينة في الجيل الاول من التضريب ثم تنعزل في الجيل F_2 الناتج من زراعة بذور نباتات F_1 . ان التضريب بين ابوين متباعدين وراثياً يعطينا F_1 heterozygosity وهو الاشد تغايراً في المواقع الجينية ، وباستمرار الانتخاب تبدأ النباتات في التماثل كما قلنا في الجيل الثالث لتعطي مايسمى بالعائلة . اذا درسنا صفة معينة محكومة بثلاثة ازواج جينية او اربعة او

خمسة ، فان نسب التماثل الوراثي homozygosity لتلك الصفة بعد التلقيح الذاتي لخمسة اجيال تكون 88% و 82.6% و 77.6% ، بالتتابع ، وبذا فان المربي غالباً يعمل على صفات كمية ، لانها تحتاج الى عدة مواسم لجمع اكبر عدد من الجينات ترتبط بالصفة . اذا اعطينا الرمز m لعدد الاجيال و n لعدد ازواج الجينات ، فيمكن معرفة نسبة النقاوة الوراثية لتلك الصفة بالمعادلة التالية :

$$\text{Homozygosity \%} = (2^m - 1/2^m)^n \times 100$$

فان كانت الصفة محكومة بزوجين من الجينات ، واكثرت البذور لغاية الجيل الخامس ، فان النقاوة الوراثية تكون :

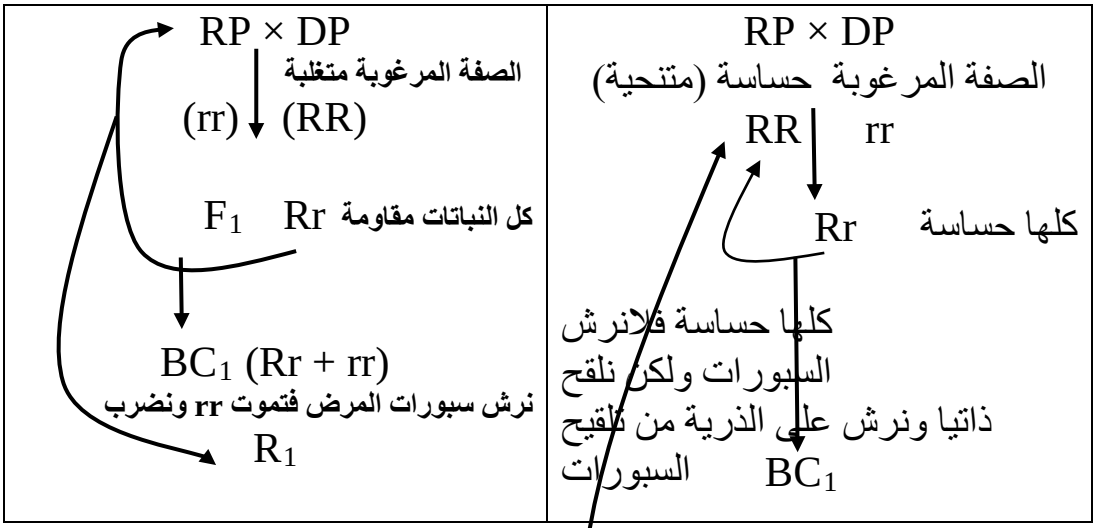
$$\text{Homoz \%} = (2^5 - 1/2^5)^2 \times 100 = 93.8\%$$

اذن ، من عملية الحساب البسيطة في المعادلة الاخيرة حول النقاوة الوراثية للاصناف ان عاملين يتحكمان بالنقاوة ، وهما عدد ازواج الجينات ، وعدد اجيال الاكثار (التلقيح الذاتي) . يتصور البعض انه يمكن الحصول على نقاوة وراثية 100% اذا استمرينا مثلاً للجيل السابع او الثامن او العاشر او العشرين ، كلا !! لن تحدث النقاوة لاي صنف حتى لو اجري التلقيح الذاتي على ذرياته لمائة عام !! وذلك لسببين :

الاول : النبات محكوم وراثياً بالاف لجينات وربما بعضها مائة الف زوج من الجينات فأكثر تحكم كافة صفات النبات ، فكيف ستتماثل كلياً وهي هذا العدد الذي تعطي فيه عدة حالات من التوليفات الجينية ، ولايكون الصنف نقياً تماماً ، مهما كان تلقيحه ذاتياً او خلطياً .اذا لقح النبات لستة اجيال التي غالباً مايطلق به الصنف ، واحياناً يطلق الصنف عند الجيل الرابع للانعزال ، لان التماثل الوراثي يكون عالياً نسبياً ولكن من دون كونه لكافة المواقع الجينية ، اذ ان كثيراً من المربين اذا لاحظ ان نباتات الجيل الرابع متماثلة الشكل واللون والبذور والارتفاع والتزهير والنضج يكثر بذور ذلك الصنف اتدخل في تجارب YT وبعدها يقدمها للتسجيل والاعتماد.ان زراعة المتوك او حبوب اللقاح يمكن ان تعطينا نباتات homozygous 100% اذا تم اعتماد الزراعة النسيجية ثم مضاعفة النبيتات plantlets بالكولشسين ، فيتحول النبات من حالة haploid الى diploid ويكون عالي التماثل ، وبذا اذا نظرنا الى السلالات الاجنبية وهجينها ، نجدها عالية التماثل في الحقل بسبب استخدام الزراعة النسيجية حلقة في برنامج التحسين .

الانتخاب بالتضريب الرجعي :

عندما ننتخب النباتات الجيدة بعد تضريب بين ابوين مختلفين وراثياً بصفة واحدة في الاقل ، لاتنتقل الصفة التي نريدها من صفات الاب الجيد الذي تعوزه تلك الصفة بجيل واحد ، اذ ان صفات الاب الجيد هي كمية ، ولابد من اعادة التضريب لستة اجيال بين الذرية وأحد الابوين .استناداً لذلك فانه يلزم وجود اب يحمل صفة مرغوبة ولتكن المقاومة لمرض وصنف جيد الحاصل لكن يفتقر للمقاومة ، اذن لابد ن نجمع بين المقاومة من اب يسمى الواهب donor parent واب جيد الصفات يسمى الاب التكراري recurrent parent وسمي كذلك لاننا نكرر تضريب الذرية معه . اذا كانت الصفة الجيدة المطلوبة متغلبة تكون لها طريقة لنقلها تختلف عما لو كانت متنحية، فلو افترضنا ان الأب التكراري RP فيه الصفه المطلوبة متنحية rr فلا بد ان نضربه مع الاب الواهب Dp للصفة المتغلبة RR ، فانه يلزمنا ان نضرب F1 الناتج من تضريب الابوين لغاية الجيل السادس BC6 ، وعند بلوغنا هذا الجيل نزرعه ، لكننا عاجزين عن التمييز مظهرياً بين النبات المتنحي للصفة (rr) والنبات المتغلب للصفة وهو هجين (Rr) ، فنرش سبورات المرض على الذرية الناتجة من تضريب BC6 والتي فيها Rr + rr ، فتموت الحساسة (rr) وتبقى المقاومة (Rr) لكنها هجينة للصفة . تزرع هذه البذور (Rr) فتعطينا ذرية فيها نباتات RR + Rr + rr ، ترش سبورات المرض فتموت rr وتبقى لدينا Rr و RR نأخذ بذور كل نبات على انفراد ونزرعها في خط ، اي كل نبات يزرع في خط لكننا لانستطيع التمييز بين Rr و RR وبذورها مخلوطه مع بعضها ، نرش سبورات المرض على كافة النباتات ، فالخطوط التي لايموت منها نبات بسبب الاصابة بالمرض هي نقية (RR) والخطوط التي بين نباتاتها توجد نباتات حساسة تموت والمقاومة تبقى نتركها لانها هجينة . اما اذا كانت الصفة المرغوبة متنحية (rr) فانها اسهل في التمييز ، اذ ان Rr و RR ستكون حساسة للمرض ، فلما نرش سبورات المرض تعيش نباتات rr وتموت كافة النباتات من Rr و RR ، وكما في المخططين التاليين :



RR + Rr ↓ ⊗ ↓ RR RR+Rr+rr نرش السبورات نحصل على المقاومة rr وهكذا حتى BC_6	BC_2 وهكذا لغاية الجيل السادس BC_6 فنحصل على الصنف الجديد يحمل الصفات الجيدة من الصنف الحساس مع صفة المقاومة RR من الاب المقاوم ضعيف الحاصل ، وذلك بعد زراعة بذور كل نبات في خط ، وتربي سبورات المرض ، فان كان RR لن ينعل وان كان Rr

الفصل الخامس عشر

تربية محاصيل خلطية التلقيح

على الرغم من وجود بعض الفروق بين مجاميع نباتات المحاصيل من حيث نسب التلقيح الذاتي او الخلطي ، ولكن تبقى مثلاً اهمية الانتخاب في كافة الانواع والاجناس هامة في تشخيص تغاير جيد والانتخاب له ، او خلق تغايرات جديدة سواء بالتطفير او بالتضريب او بالادخال من الخارج . كذلك يفضل التضريب في توليفات جديدة لجمع صفات جيدة مع بعضها البعض ، ولكن قوة التهجين في خلطية التلقيح لها صدارتها في هذه المجموعة من المحاصيل . يمكن اجمال طرائق تربية محاصيل خلطية التلقيح بالاتي :

اولاً : الانتخاب

1- Mass selection
2- Progeny selection

ثانياً : Hybridization

1- Hybrids
2- Recurrent selection
3- Synthetics

1- الانتخاب الكمي :

الموسم الاول : تزرع الاف النباتات من مادة وراثية تضم تغايرات مفيدة واضحة في المجتمع ، وتؤشر النباتات المطلوبة قبل تلقيحها عشوائية ، ففي الذرة الصفراء تغلف النورة الانثوية ، حتى اذا نما النبات وكان جيداً يلقح ذاتياً بعد تغليف نورته الذكرية قبل يوم من التلقيح . اما في زهرة الشمس ، فتغلف الاقراص قبل تفتحها حتى اذا نما النبات لاخر الموسم وبقي جيداً في نظر المربي ، اخذ بذوره الملقحة ذاتياً والمغلفة . بالنسبة لزهرة الشمس فان اكياس الململ جيدة جداً ، ولكن الذرة الصفراء لها اكياس شمعية خاصة ترى من خلالها مرحلة نمو الحريرة .

الموسم الثاني : تخلط بذور النباتات المنتخبة مع بعضها وتزرع ويعاد العمل مثل الموسم الاول ، الذي هو انتخاب وتلقيح ذاتي على النباتات الجيدة ، ويترك الباقي.

الموسم الثالث : تؤخذ بذور نباتات الموسم الثاني المنتخبة والملقحه ذاتياً ، وتزرع في حقل معزول وتترك للتلقيح العشوائي panmixia حيث تزرع ذرية هذا التزاوج كصنف جديد قد استعادت النباتات حيويتها في النمو والحاصل ، تجمع البذور من النباتات الجيدة وتدخل في تجارب YT فان اثبتت جودتها قدمت للتسجيل والاعتماد .

انتخاب الذرية وفيه نوعان :

اولاً S_1 selection :

موسم اول : ننتخب النباتات التي تعجبنا صفاتها ونلقحها ذاتياً .

موسم ثاني : تزرع بذور الموسم الاول بطريقة PTR مع حفظ نصف بذور كل نبات منتخب ، ونزرع نباتات من الصنف نلقحه ذاتياً كذلك لكنها غير منتخبة ، لاجل المقارنة ، ونؤشر خطوط النباتات الافضل في هذه المقارنة .

موسم الثالث : نعود لبذور S_1 المحفوظه لدينا والتي تفوقت خطوطها في الموسم الثاني ، نخلطها جميعاً ونزرعها ونتركها في حقل معزول للتلقيح العشوائي ، والبذور الناتجة منها ندخل للمقارنة في YT .

: S_1 – TC –progeny

موسم اول : تزرع بذور الصنف وننتخب النباتات الافضل ونلقحها ذاتياً ، وفي نهاية الموسم نجمع بذور تلك النباتات المنتخبة والملقحه ذاتياً ، وكل نبات نبقي بذوره لوحدها ، لكننا نحفظ نصف بذور كل نبات لنعود اليها عند تفوقها .

موسم ثاني : تزرع بذور S_1 بطريقة PTR ونزرع جنبها خطوط صنف مفتوح التلقيح او هجين (فاحص Tester) ، وبعد تغليف النورات الانثوية نقوم بتلقيح

النباتات بهذا الفاحص والعملية طبعاً تسمى التضريب القمي TC = top crossing ، نجمع بذور كل تضريب على انفراد عند النضج لزراعتها في الموسم اللاحق .

موسم ثالث : تزرع بذور TC من الموسم الثاني بطريقة PTR ويشخص افضل الخطوط في الحاصل والصفات الاخرى ، وتترك بقية النباتات .

موسم الرابع : نعود الى بذور S_1 التي حفظناها في الموسم الاول ، والتي تفوقت في اختبار TC في الموسم الثالث ، تخلط بذور كل النباتات المتفوقة المنتخبة ، وتزرع في حقل معزول وتترك للتلقيح العشوائي ، والبذور التي تجمع منها هي بذور الصنف المحسن والذي يمكن ادخاله في YT مع الصنف الاصلي او غيره .

دليل الانتخاب selection index :

هنالك عدة آراء لعدة اباحثين يختلفون في فائدة الانتخاب للحاصل بحد ذاته لانه صفة كمية ويصعب الحصول عليها بالانتخاب لذات الصفة ، فيما وجد آخرون انه ينفع في زيادة الحاصل ، وهذا الاختلاف يعود لطبيعة الانتخاب والكثافة النباتية وعوامل النمو ، وادخال التلقيح الذاتي او TC وغير ذلك ، كلها تؤثر في نتيجة التحصيل الوراثي للحاصل نتيجة الانتخاب . عليه ، فقد وجد باحثون ان الانتخاب لعدة صفات مرتبطة بالحاصل هو افضل من الانتخاب للحاصل وحده . لو تم مثلاً انتخاب نباتات ذات عدد بذور عال للرأس (X_1) وعدد رؤوس اعلى للنبات (X_2) وبذور اثقل (X_3) .... وهكذا ، فان هذه الطريقة لابد ان تضمن لنا زيادة حاصل النبات المنتخب حتى ولو حققنا زيادة معنوية واحدة في واحد من مكوناته . يعطي عادة تعبير وزن (weight) يمثل درجة مساهمة ذلك العامل او الصفة المنتخبة لها في زيادة الحاصل ، نقول مثلاً 0.25 لعدد بذور النبات و 0.20 لعدد رؤوس النبات و 0.10 لوزن البذرة ، وهذه (الاوزان) يعطى لها الرمز b_1 و b_2 و b_3 ... b_n ، وقلنا ان X_1 و X_2 وX_3 ..... X_n هي القيمة الفعلية التي نقيسها لتلك الصفة ، فاذا وضعنا رمز Selection index = Is فانه سيكون في المعادلة كالاتي :

$$Is = X_1 b_1 + X_2 b_2 + X_3 b_3 + ... X_n b_n$$

ان العمل بهذا الاتجاه او الطريقة في الانتخاب تعطي ضماناً اعلى في زيادة الحاصل او تحسين اية صفة حقلية او نوعية وعلى المربي ان يعرف كم نسبة (الوزن) التي يعطيها للصفة التي استخدمها في الانتخاب لتحسين الصفة الهدف / فهذه (الاوزان) تختلف من محصول لآخر ، ومن بيئة لأخرى ، ويمكن للباحث ان يستخرجها بنفسه من جداول مكونات الحاصل وتحت مكونات الحاصل ،

ويستخرج قيم الارتباط والانحدار regression ويعرفها بالضبط في الاصناف التي يعمل عليها . بديهي جداً انه كلما كان دليل الانتخاب عالياً كلما كانت الصفة الهدف قد حققت تقدماً وراثياً اعلى . يمكن مثلاً تطبيق بحث على محصول الذرة الصفراء ، لتطوير حاصل سلالات معينة ، اذ ان السلالات العالية الحاصل حتى وان كانت قوة الهجين فيها اوطأ من غيرها الواطئة فانها تعطي هجناً متميزة في الغالب . يطبق الباحث الانتخاب على نباتات فردية للحاصل العالي ، واخرى يربطها بمكون واحد ، واخرى بمكونين وحتى خمسة مكونات ينتخب لها ، ثم يستخرج دليل الحصاد في كل موسم ويزن الحاصل الذي حصل عليه من كل طريقة ، وان يحاول التفسير العلمي السليم لعلاقة تلك الصفات فيما بينها بأن يسجل عليها مجموعة بيانات لمائة مرة مثلاً ، ثم يحللها للارتباط البسيط والانحدار ، ويستخرج القيم كلها ، وقبل ان يبدأ ببرنامج دراسة دليل الانتخاب ، وهنا تظهر لنا اهمية فهم وتحليل البرامج الاحصائية في نجاح برنامج تربية النبات .

ثانياً التهجين :

ان الهدف في خلطية التلقيح من استخدام التهجين هو غالباً للحصول على هجن عالية الحاصل ، فضلاً عن الاستفادة من انعزالات بعض الهجن في الانتخاب والتلقيح الذاتي لاستنباط سلالات جديدة . قلنا ان ظاهرة قوة الهجين اصبحت منذ اكثر من قرن شائعة الاستخدام في محاصيل الحقل والخضر والفاكهة . لأجل استنباط هجين او هجن جيدة لابد من الحصول على سلالات جيدة وقد أشرنا لذلك في فصل سابق .ان افضل محصولين حقليين درست فيهما قوة الهجن هما الذرة الصفراء وزهرة الشمس . يمكن زراعة سلالات واعدة لانتاج بذور الهجين بنسبة 2:1 او 3:1 اب الى ام ، واذا كان الاب هجين والام كذلك هجينة ، فيمكن ان تكون نسبة خطوط الزراعة 4:1 انه من الضروري ان اشير واؤكد انه في جو العرق ، لاسيما في الموسم الربيعي لا انصح ابداً من زراعة اكثر من 1:1 وربما في الموسم الخريفي 2:1 ذلك ان الحرارة العالية تقضي على نسبة عالية من حبوب لقاح الاب . كما انني اؤكد على ضرورة تضييق المسافة بين الخطوط بدلاً من 90 – 100 سم ، ونجعلها 50-60 سم فقط ،وذلك لضمان وصول حبوب لقاح الاب الى الام ، اذا كانت الام عقيمة (cms) فلابد من مراقبة خصوبتها عند التزهير وقطع النورات الخصبة لتلك النباتات ، وان كانت الام خصبة فالعمل يكون اصعب اذ نحتاج عدة ايام نسير فيها كل يوم في كل الحقل لقطع النورات الذكرية قبل بدء تفتحها من نباتات الام ، مع ازالة كل نبات نشك انه غريب سواء في خطوط الاب او الام ، وقبل بدء التلقيح . اما في زهرة الشمس ، فقد وجدنا في العراق ان زراعة خط اب واحد متعدد الرؤوس يمكنه ان يلقح عشرة خطوط من الام الاحادية الرأس (صفة متغلبة) ، وبذا تزرع سلالات

زهرة الشمس بنسبة خطوط 10:1 طالما الاب هو متعدد الرؤوس ، وان كانت برأس واحد ، تكون النسبة 4:1 او 5:1 ، ذلك ان التلقيح يعتمد على نشاط النحل ، وضروري جداً وجوده في الحقل بمعدل خلية واحدة او اثنين في الهكتار الواحد (اربعة دونمات) . اذا لم تتوفر سلالات عقيمة من زهرة الشمس ، فيمكن رش GA_3 بمعدل 50-100 جزء بالمليون مرتين على نباتات الام والازهار براعمها بقطر 2-4 سم ، وبمعدل اسبوع بين رشة واخرى ، فتكون النباتات كلها عقيمة . كذلك يوجد مركب حديث يطلق عليه SQ-1 يستخدم بمعدل 5 كغم للهكتار يذاب بالماء ويرش على كافة نباتات الام سواء حنطة او شعير او ذرة صفراء او زهرة شمس . كما قلت قبل قليل لابد من الحصول على سلالات من مصدر معلوم شراء او اهداء وفي كلتا الحالتين فان الهجن الناتجة فيها هي غالباً تجريبية ولاتنافس الهجن العالمية ! اذن ! علينا استنباط السلالات بانفسنا من اية مادة متوفرة لدينا سواء من سلالات قديمة او صنف مفتوح التلقيح او انعزالات هجين او استخدام مطفرات او زراعة نسيجية ، ولكن لازالت الطرائق التقليدية في الاستنباط واعدة جداً وموثوقة اكثر .

كيفية استنباط السلالات :

1- زراعة بذور مادة وراثية فيها تغايرات مظهرية واضحة ونأخذ الجيدة منها ونلقحها ذاتياً ، ونستمر بذلك لغاية S_3
2- نزرع بذور S_3 لكافة النباتات المنتخبة بطرائق PTR ونزرع جنبها في الحقل بذور صنف مفتوح التلقيح او هجين كي نلقح به نباتات S_3 (TC) ، وهذه العملية تسمى اختبار الاجيال المبكرة Early generation testing وهي تفيد لمعرفة قابلية GCA لهذه النباتات .
3- زراعة بذور TC,s وتشخص افضلها ، والنباتات المتفوقة نعود لبذورها (S_3) المحفوظ جزء منها لنزرعها لاحقاً لغاية S_6 ، نلقح ذاتياً وننتخب افضل النباتات . لابد من التأكيد هنا على عدم خلط بذور اكثر من نبات حتى الجيل الخامس او السادس ، اي نعتمد بذور نبات واحد للاكثار والاختبار للحصول على نباتات متماثلة للسلالة ، والا ستبقى تغايرات نباتات السلالة واضحة وبما ينعكس احياناً على تغاير نباتات الهجين الناتج منها .
4- نأخذ بذور S_6 ونزرعها سلالات كاملة ، فاما نضربها فيما بينها او نضرب عليها سلالة او سلالتين او اكثر لمعرفة قيمة SCA فيها ، وبذور هذه التضريبات تزرع للمقارنة ومعرفة ايها افضل ، ومع صنف او هجين شائع

في المنطقة للمقارنة معه . يمكن التضريب للسلالات فيما بينها باتجاه واحد مثل 2×1 و3×1 ... او باتجاهين 2×1 ثم 1×2 ، و 3×1 و 1×3 و 3×2 و 2×3 ... وتسمى الاولى half – diallel وتمسى الثانية full – diallel ، فان كان هناك فرق في تاثير السايتوبلازم من بعض السلالات فسوف يظهر بالتهجين التبادلي في هجينها الناتج .

اعداد الهجن الناتجة من تضريب السلالات :

ان افضل الهجن في كافة المحاصيل على اختلافها هو ماكان الجيل الاول منها ناتج من تضريب سلالتين ، ولكن قلة انتاج بذور F_1 احياناً تكون مشكلة ، فنستخدم الام من الهجن الجيدة ونلقح اما بسلالة او هجين جيد مثلها ، وبذا تكون لدينا هجن single cross وثلاثية three – way cross ورباعية يطلق عليها double cross . هذا ولاجل ان ينتج عدد معين من السلالات ، فان المعادلات التالية توضح ذلك ، علماً ان nهو عدد السلالات الداخلة في التضريب :

# of single crosses = n (n -1)/2

# of T.W crosses = n(n-1)(n-2)/ 2

# of double crosses = n(n-1)(n-2)(n-3)/ 8

علما اننا نقسم على 2 في الحالتين الاولى والثانية لان التضريب half –diallel ، وفي الهجن الزوجية نقسم على 8 لنفس السبب ، اما لو استخدمنا تضريب full diallel – فان عدد الهجن يكون ضعف هذا العدد .

مثال : اذا كان لدينا n = 10 سلالات ، وضربت كلها باتجاه واحد (half - diallel) فان اعداد الهجن الناتجة منها يكون الاتي :

# of single crosses = 10 (9)/2 = 45 هجين فردي

# of T.W crosses = 10(9)(8)/ 2 = 360 هجين ثلاثي

# of double crosses = 10(9)(8)(7)/ 8 = 630 هجين زوجي

وكما قلنا قبل قليل ، اذا كان التضريب بالاتجاهين فان عدد الهجن سيكون 90 و 720 و 1260 لكل من الفردي والثلاثي والزوجي ، بالتتابع . هذا وفي بعض الحالات يؤثر السايتوبلازم كثيراً في انتاجية او صفات الهجين – وبذا فقد نشر (2007 Elsahookie) بحثاً اوضح فيه ان عدد مجموع الهجن الذي يمكن للمؤسسة العلمية او الشركة المختصة انتاجه من تزاوج عشر سلالات هو اكبر

مما ذكر بكثير ، وان مجموع الهجن = 1,875,000 هجيناً ! ! وذلك بحسب المعادلة التي وضعها لانتاج عدد الهجن الزوجية من تزاوج عشر سلالات فقط وكما يلي :

$$\#\ \text{of double crosses} = 24 \times 5^{n-3} = 1{،}875{،}000$$

: DUS

هذا الرمز هو احد المعايير الاساسية في تقييم الهجن او الاصناف المستنبطة كي يمكن للباحث المختص او المربي ان يحدد صفات مادته الوراثية الاخرى . تمثل الرموز D = distinctness التييز بصفة او اكثر ، و U = uniformity وذلك ان تكون صفات الارتفاع والازهار والافرع والاوراق ذات صفات شكلية او لونية مميزة ومتماثلة في المادة الوراثية ، و S = stability وهو ثبات هذه الصفات لما تتغير بيئة الزراعة . ان هذا التعبير يعد اساساً معتمداً في العالم لدى تقييم الاصناف والهجن وكافة المواد الوراثية النباتية ، وانا شخصياً اطمح بشدة ان ارى اخوتي الاحبة الذين يعملون في هذا المجال ان يفهموه اولاً ثم يعتمدوه في التقييم ، ولا ارى انني احتاج ان اشرح معنى الكلمات ولكن علي ان اذكرهم ان فيها مرونة ، اي نقول مثلا ان التماثل 80% ± 20 !!

بعض مميزات نباتات الهجن عن الاصناف :

1- تكون كافة نباتات الهجين وراثياً heterozygous .
2- تكون معظم نباتات الهجن مظهرياً homogenous .
3- نبات الهجين افضل من افضل ابويه معنويا لاكثر من صفة .
4- تكون قيمة معامل التغاير C.V% بين افراد الهجين للصفات منخفضة مقارنة مع الاصناف .
5- تكون قيمة الانحراف القياسي (S.D) واطئة لكل صفاته .
6- يكون حاصل الهجين اعلى معنوياً من اعلى ابويه ، وقد تكون النسبة بين 30 % - 60% اعلى من اعلى ابويه في الحاصل وذلك بحسب معدل حاصل سلالات الابوية .
7- يكون اعلى تحملاً للشدود الحيوية مثل زيادة الكثافة النباتية وتحمله للامراض والحشرات ، وكذلك للشدود اللاحية مثل الجفاف والملوحة .
8- يكون اعلى استجابة من الاصناف لعوامل النمو مثل التسميد والري والكثافات النباتية .
9- يمكن اعتماد انعزالاته في F2 ومابعده لاستنباط سلالات جديدة منه .

10- اذا وجدت عدة هجن جيدة متماثلة الحاصل والصفات الحقلية ، فانها هي الاساس لاستنباط الاصناف التركيبية .
11- تكون قوة الهجين هي الافضل في F1 وبعدها تنعزل العوامل الوراثية بحسب قوانين الانعزالات .
12- يفقد الهجين F1 في F2 من قوة الهجين بمقدار 1/n من عدد سلالاته ، فان كان من اثنين يفقد 1/2 من قوة الهجين وان كان من ثلاث او اربع يفقد 1/3 و 1/4 من وقوة الهجين ، بالتتابع ،
13- تمتاز نباتات الهجن بسرعة نمو الجذور ثم النمو الخضري ، ويصل للنضج اسرع من ابويه ، ولكن تكون فيه غالباً مدة امتلاء البذرة اطول مما في ابويه.
14- نسبة الاخصاب في بذوره تكون عادة اعلى من الاصناف .

التنبؤ بحاصل الهجين وحساب قوة الهجين :

اذا اردنا انتاج هجن ثلاثية او رباعية (DC) فاننا يمكن ان نتنبأ بحاصلها من ابائها غير الداخلة فيها ، فاذا انتخبنا هجيناً ثلاثياً من تضريب سلالة على هجين فردي (AB×C) فمن تضريبات السلالات تكون لدينا معلومة قبل انتاجه ، وبذا فان حاصل الهجين الثلاثي (AB×C) ناتج من معدل حاصلي الهجينين AC و BC ، نقول عنهما الهجينين غير الابويين ، وهذا يعطينا التنبؤ بالحاصل من دون الحاجة ان نضرب او نزرع !! . كذلك الحال في الهجين الزوجي (DC) مثل (AB×CD) ، فان حاصله يمكن ان نتنبأ به من قسمة مجموع حاصلات AC و AD وBC و BD على اربعة ، فنعرف معدل حاصل اي هجين قبل ان نضرب او نزرع .

اما عن حساب قوة الهجين ، فهناك متوسط الابوين midparent ، فالسلالتان P_1 و P_2 نأخذ مجموع حاصلهما ونقسمها على 2 فاذا كان التضريب حاصله كذلك او قريباً منه يطلق عليه تهجن heterosis ،مع ان بعض الباحثين يسميه قوة الهجين hybrid vigour ، لكنها لاتصح على هذه الحالة لانه اساساً لايوجد vigour !! اذا اخذنا متوسط الابوين $\overline{MP}$ ، فان نسبة التهجين او قوة الهجين تحسبان بالآتي :

$$\text{Heterosis \%} = \frac{\bar{F}-\overline{MP}}{\overline{MP}} \times 100$$

ويمكن القول ان معظم التضريبات تكون بهذه الصورة اي اعلى من متوسط الابوين ، وفي احيان قليلة تكون سالبة ! اي ان التضريب يكون حاصله اقل من متوسط حاصل الابوين .

$$\text{Hybrid vigour \%} = \frac{\overline{F1}-\overline{BP}}{\overline{BP}} \times 100$$

وذلك لما تكون $\overline{BP}$ = متوسطافضل الابوين ، فان كانت صفة حاصل او نسبة زيت عالية او بروتين عال ، فان $\overline{BP}$ هو اعلى الابوين ، اما لو كانت الصفة سيئة ، ولتكن مثلاً نسبة مادة ضارة للانسان او الحيوان ، فالسلالة الافضل هي التي تحوي النسبة الاوطأ ، فاذا ظهر الهجين ، وهو مقبول للتسجيل والاعتماد ، فلابد ان تكون نسبة تلك المادة فيه اقل من اقل الابوين ($\overline{BP}$ لتلك الصفة) ، وهنا علينا ان ننتبه ان قوة الهجين لابد ان تكون سالبة لهذه الصفة اما لمعرفة كم سيكون حاصل الهجين في الجيل F_2 ، فان المعادلة التالية توضح ذلك :

$$\overline{F2} = \overline{F1} - \frac{\overline{F1} - \overline{BP}}{n}$$

واذا اردنا ان نعرف كم سينخفض حاصل الهجين اذا لقحنا النباتات ذاتياً او تزاوجت فيما بينها ، فان ذلك يسمى التدهور الداخلي (inbreeding depression) وتوضحه المعادلة التالية :

$$\text{I.D \%} = \frac{\overline{F1} - \overline{F2}}{\overline{F1}} \times 100$$

الانتخاب التكراري :

اذا ادركنا دور واهمية الانتخاب التكراري في خلق التغايرات التي هي اساس استنباط السلالات والاصناف والهجن ، فاننا سنقول حينها ان هذه الطريقة في التربية هي الاصل من بين كافة الطرائق الاخرى . هناك اربعة انواع من طرائق هذا الانتخاب :

1- الانتخاب التكراري البسيط Simple recurrent selection (SRS)
2- الانتخاب التكراري لقابلية الاتحاد العامة Rec. Selection for GCA (RSGCA)
3- الانتخاب التكراري لقابلية الاتحاد الخاصة Rec. Selection for SCA(RSSCA)
4- الانتخاب التكراري المتبادل Reciprocal Rec . selection(RRS)

التكراري البسيط :

ذكرنا قبل قليل ان برامج هذه الطريقة هي اساس لمعظم اهداف مربي النبات ، وهذه الطريقة هدفها استنباط صنف محسن من صنف فيه تغايرات مفيدة ، ويمكن ان نوجز ذلك بالاتي :

1- زراعة الاف النباتات من صنف مفتوح التلقيح فيه تغايرات ، نختار النبات الذي يعجبنا ونلقحه ذاتياً ، وعند النضج تحصد بذور كافة النباتات الجيدة المنتخبة وتخلط بذورها سوية .
2- تزرع البذور في حقل معزول وتترك للتزاوج العشوائي ، وعند النضج تجمع البذور من النباتات وتخلط .
3- تزرع البذور المتحصل عليها في (2) ويعاد العمل كما في (1).
4- تزرع البذور المتحصل عليها من (3) في حقل معزول وتترك للتزاوج العشوائي ، والبذور التي نحصدها هي بذور الصنف المحسن ، وعدد دورات الانتخاب اثنتان ، ولايسمى تكرارياً مالم يعاد مرتين او اكثر .

الانتخاب التكراري لقابلية GCA :

لما كان من التسمية فيه قابلية اتحاد عامة ، فلابد من استخدام مادتين وراثيتين ، ويمكن ايجاز ذلك بالاتي :

1- تزرع بذور صنفين متباعدين وراثياً ، واسهل عمل فيها هو على الذرة الصفراء ، يليها نسبياً زهرة الشمس ، اذ يمكن عقم نصف القرص والنصف الاخر للتلقيح الذاتي . ناخذ مثال الذرة الصفراء ، ننتخب نباتات جيدة ونغلف نوراتها الانثوية كي نلقحها ذاتياً وكذلك نفس الشيء في الصنف الاخر ، ننتخب نباتات ونغلف نورتها الذكرية حتى نلقح بها حريرة نباتات الصنف الاخر . بتعبير آخر ، اننا سوف تكون لدينا في صنف عدة نباتات ملقحة ذاتياً (ومنتخبة) وقد لقحت قمياً (TC) على العرنوص الاخر من لقاح الصنف الاخر . هنا يجب الانتباه الى ضرورة زيادة مسافة الزراعة بين النبات مثلاً 50 سم وبين الخطوط لايهم قد تكون 70 او 80 او 90 سم ، وذلك حتى نعطي فرصة افضل للنباتات للتعبير عن طبيعتها الوراثية ، والافضل والاسهل هو ان تزرع بطريقة خلية النحل ، وسوف تجد ان معظم نباتات الصنفين قد اعطت عرنوصين فاكثر .
2- زراعة كافة بذور TC بطريقة PTR والخط المتفوق منها نعود الى بذوره S1 لزراعته في الموسم اللاحق .
3- زراعة بذور S1 لكافة الخطوط المتفوقة في T.C ويمكن ان تكون اما :
أ- تزرع بطريقة PTR وتضرب كل خطين سوية ، فنحصل على عدة تضريبات ننتخب عليها لاحقاً لانها ستكون عدة اصناف .
ب- تخلط بذور S1 كلها وتزرع في حقل معزول للتزاوج العشوائي فنحصل على بذور صنف جديد ننتخب عليه لاحقاً مرة اخرى .
4- تزرع البذور الناتجة من فقرة 3 لتبدأ دورة انتخاب اخرى ، وهكذا من الجدير بالذكر ان نفهم اهمية الانتخاب التكراري ، فيمكن لنا ان نأخذ بذور S1 لبعض النباتات الداخلة في البرنامج ونستمر بتلقيحها ذاتياً لانتاج S3 ونختبرها كما اسلفنا TC فان تفوقت نستمر

بها لغاية S6 لاستنباط عدة سلالات ، كذلك يمكن بعد دورتين من الانتخاب ان نحصل على عدة اصناف محسنة جديدة ، وفي ذات الوقت نبدأ ببرنامج استنباط الهجن من هذا البرنامج ، وهكذا نجد الفوائد الكبيرة من الانتخاب التكراري ، ولايوجد اي مبرر لايقاف البرنامج لطالما هنالك تغايرات واضحه بين نباتات الاصناف او السلالات ، هذا ولاجل ضمان معرفتنا بالسلالة او الصنف فانه من الضروري انه لدينا برنامج آخر ضمن هذا البرنامج للتحقق من حال السلالات والاصناف وذلك بدراسة الصفات الهامة الحقلية واستخراج معدلها $\bar{X}$ وكلك قيم σ للصفات وقيم C.V على نباتات السلالات والصنف المحسن والصنف الاصلي بل وحتى الهجن التي نحصل عليها : يمكن اعتماد قيمة σ واحدة للفرق بين معدل الصفة $\bar{X}$ ومعدلها لنباتات الصنف المحسن ، وتقريباً الفرق باعتماد σ واحدة يعادل مستوى المعنوية 5% و 2σ تعادل 1% و 3 σ تعادل 0.1% عند استخدام قيمة L.S.D . ان من يريد ان يستثمر تغايرات موجودة ويخلق تغايرات جديدة ويستنبط سلالات وهجن متميزة واصناف جديدة ، فعليه ببرنامج مخطط له بصورة جيدة من برنامج الانتخاب التكراري ، ومثل هذه البرامج اذا احسن انشاؤها واستخدامها ، ووضعت سجلاتها فانها قلما تتوقف ، بل سوف تتطور باضافة تغايرات جديدة ، لتعطينا نتائج افضل من الاولى .

الانتخاب التكراري لقابلية SCA :

هذه الطريقة من الانتخاب التكراري تشبة سابقتها لقابلية GCA ، ولكن هناك استخدمنا صنف مفتوح التلقيح او هجيناً فاحصاً (Tester) ، والفرق هنا هو اننا نستخدم سلالة جيدة نعرفها سابقاً نحتاج الى سلالة جيدة مثلها لكنها متباعدة عنها وارثياً ، ولانعرف ذلك الاباالتزاوج اذن نقوم باختبار نباتات تبدو لنا جيدة من الصنف ونلقحها ذاتياً للحصول منها على S1 ، ثم نلقح عرنوصاً آخر بالسلالة التي عندنا ، وكما اسلفنا ، لاجل الحصول على عرنوصين ما علينا الا ان تباعد بين زراعة النباتات ، فنحصل في نهاية الموسم على بذور S1 للنبات الواحد ومعه بذور TC له ، وربما سيكون عندنا مئات ان لم تكن الاف من مجموعتي البذور ، تزرع ونختبر وتتم الاستفادة منها تماماً كما في الانتخاب التكراري لقابلية GCA ، وباكمال كافة مراحل التلقيح والانتخاب .

الانتخاب التكراري المتبادل RRS :

اذا حصلنا على صنفين متغايرين متباعدين وراثياً ، فربما تكون هذه الطريقة هي الافضل لاستنباط سلالات واعدة واصناف محسنة ، وهجن متميزة ، الصنفان في حقل واحد كل على انفراد ونقوم بالتلقيح الذاتي للنباتات المنتخبة وتضريبها قمياً من نباتات الصنف الاخر

، وبذا سنحصل في نهاية الموسم على مجموعتين كبيرتين من البذور هما TC و $S_{1,S}$ ثم نقوم بالاتي:

أ- زراعة بذور TC بطريقة PTR ونشخص افضلها ، ونعود الى بذور S1 للنبات المتفوق في TC ، علماً ان لدينا مجموعتين من TC ومجموعتين من S1 ، كل مجموعة في صنف .

ب- نعو لبذور S1 المتفوقة من الصنف الواحد ونخلطها ونزرعها في حقل معزول ونتركها للتزاوج العشوائي ، اي خلط بذور S1 لكل صنف على انفراد للحصول على صنفين جديدين منهما ، وهذان الصنفان هما في الدورة الانتخابية الاولى ، في ذات الوقت نأخذ قسماً من بذور S1 المتفوقة التي زرعنا منها وحفظنا جزءاً منها ونستمر فيها بالتلقيح الذاتي لغاية S3 ثم تفحص لقابيلة GCA والمتفوقة نستمر معها لغاية S6 للحصول على السلالات .

ت- تؤخذ البذور الناتجة من التزاوج العشوائي في الفقرة (ب) ونبدأ عليها ذات العمل لدورة انتخابية ثانية ، فنحصل منهما كذلك على صنفين جديدين وسلالات لانتاج هجن منها . يمكن التوقف بعد دورتين من الانتخاب عند عدم وضوح التغايرات في النباتات ، وان كانت لازالت موجودة ، نستمر بدورة او اكثر بعدها .

استنباط الاصناف التركيبية :

لايمكن استنباط صنف تركيبي synthetic مالم يكن البرنامج قد انتج او امتلك بذور عدة هجن جيدة ، سواء حصل عليها من الخارج او استنبطها في برنامجه ، وانا اميل لدى الرغبة باستنباط صنف تركيبي الى استخدام بعض الهجن التي انتجناها من برنامجنا مع عدد اكبر من الهجن الاجنبية التي يمكن الحصول عليها عينات من الشركات الزراعية الموجودة في السوق المحلية ، اذ ان ذلك يضمن التباعد الوراثي لحد ما افضل من اعتماد كافة الهجن المحلية التي تكون غالباً متقاربة في مادتها الوراثية ، ان بذور الهجن عموماً تعد مرتفعة السعر مقارنة مع سعر بذور الاصناف ، وذلك بسبب الكلفة العالية التي تصرف عليها لاستنباطها ، فاذا كانت عوامل النمو والادارة لدى المزارع البسيط محدودة ومتواضعة ، مثل شحة الماء اللازم ، وقلة الاسمدة المركبة والنادرة ، وعدم توفر مبيد الادغال الفعال ، وعدم ضبط الكثافة النباتية ، وغير ذلك ، كلها تجعل العائد المزرعي من زراعة الهجن ليس مختلفاً كثيراً عن عائد الصنف التركيبي ، لايزال كثير من المزارعين في دول العالم الثالث يستخدمون الاصناف التركيبية او حتى مفتوحة التلقيح بسبب عدم امكانية شرائهم لبذور الهجن المكلفة .هناك ايضاً الاصناف المركبة composites التي تنتج بخلط بذور من بعض الهجن واصناف تركيبية ومفتوحة التلقيح متماثلة نسبياً في الارتفاع والتزهير ، تخلط بذورها بكميات

متساوية وتزرع في حقل معزول للتزاوج العشوائي والبذور الناتجة منها هي بذور الصنف المركب .

استنباط الاصناف التركيبية :

اذا حصلنا على عدد 10 -20 هجيناً من مصادر مختلفة فالمطلوب هو اخذ وزن معين من بذور كل هجين من هذه الهجن ، بعد تأكدنا انها ذات مدة متقاربة في التزهير او الارتفاع ونخلطها كلها سوية ونتركها للتزاوج العشوائي في حقل معزول والبذور الناتجة منها هي بذور الصنف التركيبي ، والذي يمكن ادخاله مه هجن او اصناف اخرى للمقارنة (YT) لنعرف مدى جودته في الاداء بالنسبة لاصناف المقارنة السائدة ، فان تفوق ، يقدم للتسجيل والاعتماد . اما عند عدم وفرة تلك الهجن ، فلابد للحصول على السلالات باحدى الطرائق التي ذكرناها سابقاً ، والتي سوف توجز بالآتي :

أ- زراعة بذور اكثر من صنف او انعزالات هجين واختيار نباتات جيدة ذاتياً .
ب- نستمر بالزراعة والانتخاب والتلقيح الذاتي لغاية S3 .
ت- نختبر اجيال S3 بالتضريب القمي باعتماد هجين او صنف مفتوح التلقيح فنحصل على عدة TC .
ث- زراعة TC_S والمتفوق منها نعود لبذوره S3 لاكثاره ذاتياً لغاية S6 ، فنحصل على عدة سلالات .

هذا ولابد من التنبيه الى ضرورة اعتماد طريقة PTR لزراعة اية مادة وراثية من S1 لغاية S6 ونأخذ النباتات الافضل منها ونستخدمها ، حتى اذا بلغنا S5 يجب ان نزرع بذور نبات واحد فقط ! ولانخلط بذور عدة نباتات من نفس الخط ، لان ذلك يؤدي الى عدم تجانس السلالة بل وحتى الهجين الناتج منها ، عند زراعة S5 ونحصل على S6 نأخذ كافة بذور النباتات الجيدة من S6 ونخلطها لتعطينا السلالة الجديدة ، كما يجب ان نعزل في كل جيل اي نبات غريب ولو بصفة بسيطة عن بقية نباتات الخط .

الصنف التركيبي :

لما حصلنا على السلالات من برنامجنا نقوم بالاتي :

1- زراعة بذور السلالات التي تم اختبارها لقابيلة GCA ولتكن في الاقل عشر سلالات ، ونقوم بالتضريب بين السلالات جميعاً باتجاه واحد ، فنحصل على 45 هجيناً فردياً .
2- نزرع بذور الهجن الناتجة (45 هجيناً) ونختار افضل 15 -20 هجيناً عالية الحاصل ومتماثلة الصفات الحقلية .
3- نأخذ كميات متساوية من بذور الهجن الجيدة ونخلطها سوياً ونزرعها في حقل معزول للتزاوج العشوائي ، والبذور الناتجة منها هي بذور الصنف التركيبي ، يعطي عادة syn_0 للسلالات و syn_1 للهجن الفردية الداخلة في استنباط الهجين و syn_2 للصنف

التركيبي الناتج من التزاوج العشوائي للهجن الفردية . هنا لابد ان نفكر ونستفيد من معلومات السجلات التي دونا فيها بيانات السلالات المختلفة والهجن الفردية الناتجة منها ، فاذا اخذنا مثلاً صفة حاصل الحبوب لكل من السلالات الداخلة وهجنها (F1) وتركت بذور الاخير للتزاوج العشوائي ، يمكن التنبؤ بحاصل الصنف التركيبي قبل انتاجه ، وهذا يفيدنا في كيفية استنباط الصنف الافضل في الحاصل او في اية صفة اخرى لتحمل عوامل الشد او الكثافة العالية او الامراض وغير ذلك . تعتمد المعادلة التالية للتنبؤ بحاصل الصنف التركيبي او اية صفة نريدها فيه وكما يلي :

$$\overline{Syn}_2 = \overline{Syn}_1 - \frac{\overline{syn1} - \overline{syn0}}{n} = \overline{F1} - \frac{\overline{F1} - \bar{p}}{n}$$

اذ ان $\bar{p}$ معدل الاباء السلالات لاية صفة و n عدد السلالات ، وكما قلنا $\overline{Syn}_1$ و $\overline{Syn}_2$ هي متوسطات الصفة لكل من السلالات الداخلة وهجن F1 والصنف التركيبي الناتج من تزاوج نباتات F1 .

مثال : لو تم تضريب 20 سلالة باتجاه واحد ، وحصلنا على 190 هجيناً فردياً ، وكان معدل $\overline{Syn}_0$ هو 100 غم حبوب للنبات ومعدل حاصل هجنها $\overline{Syn}_1$ هو 250 غم للنبات ، فكم سيكون حاصل الصنف التركيبي لو ادخلنا كل تلك الهجن في التزاوج العشوائي ؟

$$_2 = \overline{Syn}_1 - \frac{\overline{syn1} - \overline{syn0}}{n}\overline{Syn}$$

$$= 250 - \frac{250-100}{20} = 242.5$$ غم للنبات حاصل الصنف التركيبي

نلاحظ هنا ان حاصل الصنف التركيبي لايختلف بشئ يذكر عن معدل حاصل الهجن ، والسبب في ذلك هو العدد العالي للسلالات الداخلة ، فكلما كان عدد السلالات اعلى ، وعدد هجنها المتفوقة المرغوبة اعلى ، كان حاصل الصنف التركيبي افضل ، نعود الان الى ذات المثال الذي ذكرناه قبل قليل ، ولكن سنختار منه بعض الهجن المتفوقة ، ولانأخذ ذلك العدد الكبير كله (190 هجيناً) بل اخذنا عشرين هجيناً فقط بمعدل حاصل 320 غم للنبات وبمتابعة تطبيق المعادلة ذاتها سنحصل على :

$$_2 = \overline{Syn}_1 - \frac{\overline{syn1} - \overline{syn0}}{n}\overline{Syn}$$

$$= 320 - \frac{320-100}{20} = 309$$ غم للنبات

حاصل الصنف التركيبي ، والذي هو اعلى من معدل حاصل كافة الهجن بمجموعها .

نقاط هامة حول الهجين والصنف التركيبي :

1- ان افضل قوة هجين بصورة عامة هي الهجين الفردي ثم الثلاثي الاباء ثم الزوجي .
2- الهجين الزوجي له تطبع لعوامل البيئة افضل ، لان قاعدته الوراثية اوسع من غيره .
3- الصنف التركيبي قاعدته الوراثية اوسع من كل الهجن لذا فهو يمتلك قابلية تطبع اوسع للبيئات .
4- تنخفض قوة الهجين من F1 الى F2 لاي هجين بنسبة 1/n من قوة الهجين ، لما n تمثل عدد السلالات.
5- يفقد الصنف التركيبي بمعدل 1/nمن قوة الهجين لجيل واحد فقط ثم تستقر صفاته ، حتى مع وجود انعزالات ، وذلك بحسب قانون هاردي – وانبيرك (Hardy - weinberg) وهو انه في مجتمع كبير يتزاوج عشوائياً ، يبقى الاتزان الجيني مستقراً مالم يحدث فيه طفره او انتخاب متميز او خلط وراثي خارجي .
6- من مزايا الصنف التركيبي انه يمكن استنباط سلالات جيدة منه ، كما يمكن الانتخاب عليه وتحسينه.
7- يمكن خلط بذور بكميات متساوية من الصنف التركيبي او صنف جيد مفتوح التلقيح وتركها تتزاوج عشوائياً في حقل معزول ، لاستنباط صنف مركب composite .
8- كما ذكرنا اكثر من مرة ، فان زراعة المادة الوراثية التي فيها تغايرات ، تكون افضل اذا زرعت بطريقة H.C (خلية النحل) ويمكن حتى استنباط سلالات عليها inbred vigour حاصل نباتاتها اعلى من الصنف التركيبي ! .

كيفية اختبار قابليتي الاتحاد :

ذكرنا ان هناك نوعين من قابلية الاتحاد هما العامة GCA والخاصة SCA ، وان الاولى هي لمعرفة اداء السلالة لدى تضريبها مع عدة سلالات ، بينما الثانية لمعرفة كم هو اداؤها اذا ضربت مع سلالة خاصة ، ونقول خاصة ، لانها هي من دون بقية السلالات اعطت منها نباتات هجين لها اداء متميز . كما اسلفنا سابقاً ، فانه لاختبار السلالة او النبات لقابيلة GCA نحتاج الى صنف مفتوح التلقيح او هجين لذلك ، لانه بقاعدة وراثية واسعة ، اما لمعرفة قابلية SCA للسلالة ، فاننا نحتاج لسلالة معينة لها هي الافضل .

فيما يلي مثال فيه بيانات من تزاوج سلالات ابوية واخرى امهات ، والقيم التي تم الحصول عليها ، فلننظر الى تلك البيانات لناخذ فكرة جيدة عن اهمية كل من GCA و SCA لتلك السلالات ، وكما يلي :

مثال : ضربت خمس سلالات اباء (1,2,3,3,4,5) مع ثلاث سلالات اخرى ام A و B و C وتم الحصول على قيم لصفة معينة اعطت تلك الارقام :

♀ الامهات	سلالات الاباء					ƹxi	$\bar{x}$
	1	**2**	**3**	**4**	**5**		
A	5	5	6	5	4	25	5
B	10	8	9	8	10	45	9
C	15	5	10	5	15	50	10
ƹxi	30	18	25	18	29	12	$8=\bar{x}$
$\bar{x}$	10	6	8.3	6	9.7	---	المعدل العام

الارقام المشار اليها باللون الاخضر تبين اعلى قيمة SCA للسلالة C لدى تضريبها مع 1 و 5 مقارنة مع معدل السلالة نفسها الذي هو بالقيمة 10 المشار اليها باللون البرتقالي ، كذلك تبين الارقام المشار اليها باللون الاخضر للسلالتين 1 و5 بالمقارنة مع المعدل العام لتضريبات السلالات .

لاجل ان نفهم قيم الجدول لابد ان نعرف ان السلالتين 1 و 5 من السلالات الابوية ، بتضريبها مع السلالة الام A اعطانا اعلى قيمة من GCA بالمقارنة مع معدل اداء كافة التضريبات الذي هو 8 في هذه البيانات . اما عن السلالة الام C ، فقد اعطت اعلى قيمة SCA لدى تضريبها مع السلالتين 1 و 5 بالمقارنة مع معدل تضريبات السلالة C ذاتها والذي كان الرقم فيها 10 . بشكل عام ، فان السلالة التي تعطي معدل GCA اعلى ، فانها نتوقع منها ان تعطي معدل SCA اعلى اذا وجدنا لها سلالة جيدة بعيدة عنها وراثياً ، وهذا الامر لانعرفه الا بالتضريب والمقارنة في الحقل والتحليل الاحصائي . من جهة اخرى ، لابد ان نشير الى ان السلالة التي تعطي GCA عالية ، يمكن تطويرها مرة اخرى بالانتخاب لافضل نباتاتها وكما مر بنا ، اما السلالة التي تعطي SCA عالية ، فانها تعني غالباً ان لها المقدرة اذا ضربت مع سلالة جيدة ستعطي هجيناً جيداً . ان هذا الموضوع يمكن ان ينقلنا الى موضوع آخر يطلق عليه Line × tester analysis اي تحليل بيانات اختبار السلالات بفاحص tester ، وكما في المثال التالي :

مثال عن تحليل فاحص × سلالة :

نحن نعرف ان طول العرنوص في الذرة الصفراء قد يؤدي الى زيادة عدد حبوب النبات ، فاذا حصلنا على سلالة ذات عرنوص طويل ، فان ذلك عموماً اذا لم ينقص عدد صفوف العرنوص ، سيؤدي الى زيادة عدد حبوب النبات المنتخب . فلو اخذنا خمس سلالات ابوية (E,D,C,B,A) وثلاث سلالات امهات (R,Q,P) وتم التضريب بينهما باتجاه واحد ، وحصلنا على قيم لخمسة عشر تضريباً منها وقيست اطوال عرانيص التضريبات ، وكانت كما موضح في الجدول اللاحق ، فاننا سنفهم من بيانات ذلك الجدول معنى GCA للسلالة الاب او الام ، ثم بعدها نحلل بيانات الجدول ذاتها احصائياً بحسب مصادر التغاير الموضحة :

جدول يوضح قيم العرنوص المشاهدة (observed) الناتجة من تضريب 5 سلالات ابوية مع ام .

امهات ♀	سلالات ابوية ♂							
	A	B	C	D	E	ƩiX	$\bar{X}$	GCA
P	10.1	19.7	20.3	10.7	10.7	71.7	14.34	+0.15
Q	14.1	18.4	22.5	15.1	12.9	83.0	16.6	+2.41
R	8.3	13.8	14.4	10.3	11.4	58.2	11.64	-2.55
ƩiX	32.5	51.9	57.4	36.1	35.0	221.9		
$\bar{X}$	10.8	17.3	19.1	12.0	11.7	$\bar{\bar{X}}$=14.19		
GCA	-3.4	+3.11	+4.94	-2.19	-2.52			

تدل القيم السالبة للمعدلات في قيم GCA افقياً وعمودياً على ان تلك القيمة هي اقل من المعدل العام لكافة التضريبات والذي كان 14.19 ، فيما تدل القيم الموجبة لذات الصفة انها اعلى من المعدل العام المذكور ، وبذا تكون سلالات الاباء المتفوقة في GCA هي C و B ، ومن الامهات ، كانت السلالة Q هي الافضل . هذا وبتحليل البيانات في هذا الجدول الذي اعطانا قيم GCA للسلالات الاب والام لطول العرنوص ، فان جدول تحليل التغاير يكون الاتي :

S.O.V	d.f	S.S	M.S
Males	4	169.19	42.3
Females	2	61.68	30.8
FXM	8	27.49	3.4
Total	14	258.36	18.5

اذا اخذنا الرموز التالية :

grand total = GT

total P = TP

total A = TA

Males = M

نستخرج الان قيمة GCA (تنبؤ) لان تلك التي عندنا كانت مشاهدة (observed) وهذه متوقعة expected نقول :

$$\text{GCA for female P} = \frac{TP}{M} - \frac{GT}{FXM}$$

$$= \frac{71.7}{5} - \frac{212.9}{3\times5} = 0.15$$

وهكذا نستخرجها لبقية السلالات الام ، اما الاباء فنقول :

$$\text{GCA for male A} = \frac{TA}{F} - \frac{GT}{FXM}$$

$$= \frac{32.5}{3} - \frac{212-9}{3\times5} = -3.39$$

وهكذا نستخرجها لبقية الاباء . اذا كانت قيمة GCA عالية ، فذلك يعني ان الفعل الجيني الذي يعمل في الصفة هو من النوع المضيف additive اي ان برنامج الانتخاب يكون فعالاً لتحسين تلك الصفة لتلك السلالة . اما اذا كانت قيمة SCA عالية للسلالة فمعنى ذلك ان الفعل الجيني المؤثر او الحاكم للصفة هو من النوع المتفوق hybrid vigour ، ثم بعدها نقوم باستخراج r^2 التي تمثل هنا نسبة الفعل الجيني المؤثر في الصفة من نوع additive ، والباقي هو SCA اي hybrid vigour = overdominance .

$$r^2 = \frac{S.S\ males + S.S\ females}{S.S\ total} = \frac{230.87}{258.36} = 0.89$$

ولما كانت قيمة r^2 = 0.89 فهي عالية ، وذلك يعني ان تاثير GCA كان عالياً ، اي ان الفعل الجيني المضيف هو الحاكم اكثر للصفة ، والباقي (0.11) هو تأثير قوة الهجين (SCA) . اذن ، تأكد لنا بهذا التحليل الاحصائي ان طول عرنوص السلالات المدروسة في البحث محكوم بصورة رئيسة بفعل الجين المضيف ، وانه يمكن تحسينه بالانتخاب له عدة اجيال ، ونتوقف عندما تقل التغايرات في الصفة جيلاً بعد

جيل . ان قيمة r^2 في هذه المعادلة تمثل العلاقة بين القيم الفعلية (المشاهدة) وبين القيم المتوقعة لطول العرنوص في السلالات المدروسة والتي يمكن ان نحسبها كما يلي :

Expeted value for any parent

= GCA male + GCA female + $\bar{\bar{x}}$ وهو المعدل العام لكل بيانات الجدول

لنأخذ مثلاً التضريب R×C يكون :

= -2.55 + 4.94 + 14.19 = 16.58

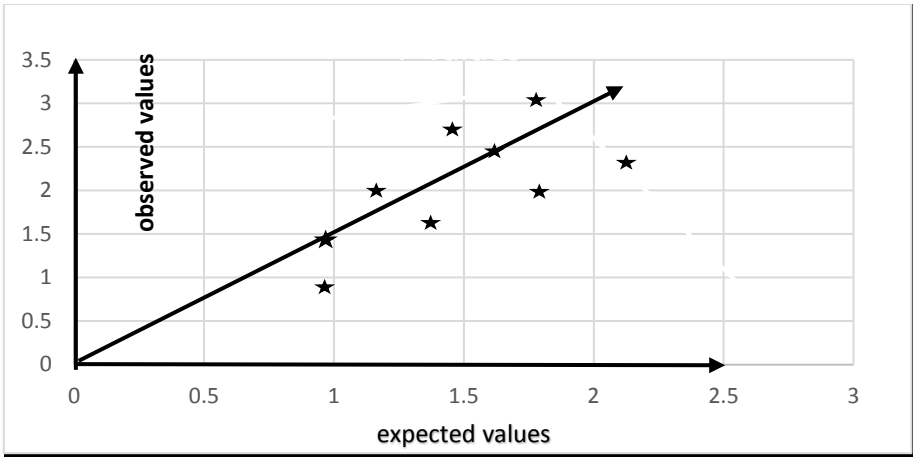
وهكذا نستخرج كافة القيم المتوقعة لكافة التضريبات في الجدول . ان القيمة المتوقعة للتضريب (R×C) = 16.58 تناظرها القيمة المشاهدة او الفعلية = 14.4 ، ثم نقوم باستخراج قيمة r^2 لها بين مجموعتي القيم وكما مر بنا في المثال السابق . اما لاجل استخراج قيم SCA فهو كما يلي :

SCA effect = observed – expected

ولاجل معرفة كم هي قيمة SCA المؤثرة في الصفة للتضريب R×C ،

= 14.4 – 16.58 = - 2.18

وهكذا نستخرج كافة قيم SCA المؤثرة في الصفة لكافة تضريبات الجدول ، فنحصل على 15 قيمة observed و 15 قيمة expected ونقوم برسم العلاقة بينهما وكما في الرسم التالي والذي اصلاً يجب ان يكون على ورق بياني كي تتضح كافة القيم المطلوبة:



$r^2 = 0.894$ اذن r =0.945

ان انحراف اية نقطة على الرسم عن الخط المستقيم يوضح قيمة SCA لتلك النقطة التي تخص تضريباً معيناً ، ولو يرسم الرسم على ورقة بيانية لاعطانا كافة القيم بصورة اوضح . في ادناه بعض النقاط الهامة عند اختبار السلالات لقابلية الاتحاد :

1-استخدام اكثر من فاحص في البرنامج ، لان كل فاحص له توليفة جينية قد يكشف قابلية الاتحاد GCA او SCA لتلك السلالة بصورة افضل ، فيساعدنا ذلك بالكشف عن طبيعة الفعل الجيني في كل سلالة لعدة صفات مدروسة وهذا لانحصل عليه دائماً الا باستخدام فاحصين او اكثر .

2-هنالك نوعان من التضريب ، مثل full –sib او half – sib mating ، فالاول مثل تضريب AB×BA وهما نباتان منحدران من تضريب نباتين مختلفين AA×BB وهذا النوع من التزاوج اذا استمر سيؤدي الى تماثل الذريات الناتجة لانه نوع من التربية الداخلية inbreeding اما استخدام half –sib ، فيمثل تزاوج اخوة ناتجين من تزاوج ابوين مشتركين بأب واحد ، مثل AB×AC فالذرية الناتجة تختلف عن الحالة الاولى اذ يمكن الحصول في الاخوة الناتجين من التضريب على توليفات مثل AA و AC و BA وBC ، وبذا فان هذا التزاوج اذا استمر داخلياً سيحتاج الى مواسم اكثر لبلوغ حالة التماثل ان المربي هو الذي يقرر طريقة التزاوج التي تفيده في برنامجه بحسب الهدف الذي يبحث عنه وطبيعة الصفة التي يريدها من حيث عدد ازواج الجينات التي تحكمها .

الفصل السادس عشر

تربية خضرية التكاثر وحساب التوريث

لايعرف سبب معين جعل كافة نباتات خضرية التكاثر عالية الخلط الوراثي highly heterozygous ، وهي بذلك تشبة نباتات خلطية التلقيح في هذه الصفة الغريبة . لقد علمنا انه عموماً اذا لقح النبات الخلطي التلقيح ذاتياً لعدة اجيال ، فانه يفقد الكثير من نشاطه في النمو وبما يناسبه كذلك من الحاصل ، وكذلك الحال في نباتات خضرية التكاثر التي تعطي البذور . اوضحنا كذلك سابقاً ان الانتخاب لذرية النبات الواحد من ذاتية التلقيح سوف يعطينا صنفاً او خطاً نقياً pur line ، وذلك لانه يتلقح ذاتياً بطبيعته ، اما في خلطية التلقيح ، فان التلقيح الذاتي والانتخاب لذرية النبات والى الجيل السادس تعطينا السلالات inbreds التي هي اساس استنباط الهجن اما في خضرية التكاثر ففيها طريقتان رئيستان هما :

1-تربية الصنو clone (وجمعه صنوان) ، وبذا فان الطريقة تسمى clone breeding .

2-استنباط الهجين ، وذلك بتضريب صنو مع صنو آخر متباعدة وراثياً ، والشيء الخاص والمفيد هنا انه اذا تم انتاج الهجين ، وزراعته دائماً واكثاره يكون خضرياً ، فانه لن ينعزل ! اذ ان الانقسام الاعتيادي هو السائد فلايحدث فيه C.O وبذا فلن يحدث فيه تغيير وراثي في صفاته بسبب عدم حدوث العبور بين الكروماتيدات المتناظره خلال عملية synapsis .

تربية الصنو :

لنأخذ مثلاً لذلك البطاطا الاعتيادية Trish potatoes او الحلوة sweet potatoes ، وكذلك الجت وقصب السكر وامثالها ، يمكن زراعتها على مسافات متباعدة ، وافضل شيء لذلك بطريقة خلية النحل (H.C) ، ثم ننظر في طبيعة نمو النباتات وتحملها لعوامل النمو المحيطة والاصابات المرضية والحشرية ، والنبات الجيد نضع عليه علامة وبحسب الصفة التي نرغبها . في الموسم اللاحق نأتي الى هذه النباتات لنأخذ منها الافرع tillers او stolons او tubers اي جزء فيها يتكاثر خضرياً ونزرعها PTR ، فتكون لدينا مجموعة كبيرة من النباتات المنتخبة الجيدة في الصفة او الصفات المرغوبة ، ومع هذه النباتات المنتخبة نباتات الصنف الاصلي غير منتخبة للمقارنة معها . اذا تكررت الحالة في الموسم اللاحق بان بضعة خطوط قد تميزت عن الاصل نكثرها لاجل ادخالها في تجارب YT ثم المتفوق منها يقدم للتسجيل والاعتماد ، فان كانت الخطوط المنتخبة متغايرة فيمكن استنباط اكثر من صنف كما يمكن ان نضرب بينها للحصول على هجن اذا كان من السهولة الحصول على بذور منها ، فمثلاً قصب السكر يصعب الحصول منه على بذور في البيئة العراقية ، لانه من النباتات الاستوائية ، وكذلك البطاطا الاعتيادية ، الا اذا قمنا بعمليات اقلمة خاصة ومواعيد معينة وربما بعض الكيمياويات لتحفيز الاخصاب للحصول على بذور منها .ان عدم انعزال الهجين الخضري التكاثر امر جيد للمزارع ، ولكن لايناسب الشركات المختصة ، اذ انها تريد ان تبيع منتوجها باستمرار ، ولذا فانها دائما تنتج عدة اصناف وعدة هجن ، فيبقى العمل لديها مستمراً وكذلك عملية البيع .

استنباط الهجن :

اذا كان المحصول الخضري التكاثري يعطي بعض البذور كما هو حال الجت والبطاطا الحلوة والاعتيادية وكثير من اشجار الفاكهة مثل العنب والرمان والتين ، فهذه كلها اذا تم الحصول منها على صنو بالتكاثر الخضري ، وكان مختلفاً وراثياً عن صنوان اخرى ، فيمكن التضريب بينها للحصول على هجن وزراعة البذور ومقارنتها مع الاصل ، فان تفوقت ، تتخذ الخطوات اللاحقة للتسجيل والاعتماد . ان

اشجار الفاكهة التي ذكرنا بعضها وكذلك شجيرات الاوراد Roses كلها يمكن استنباط هجن منها ولاسيما اصبح التغاير بينها كثيراً بفضل ادخال عدة اصول وراثية اجنبية مغايرة للتي كنا نزرعها من قبل ، فاذا انتج الهجين فيمكن اكثاره بالاقلام مع الحاجة احياناً الى تشجيع التجذير باستخدام (IAA) وامثالها اذ تنقع فيها الاقلام في محلولها بحسب التوصيات ثم تزرع . كذلك فان عملية تطعيم هذه الهجن الجديدة على اصول قديمة مقاومة تكون ذات فائدة كبيرة اذا تبين لنا لاحقاً انه جذر النبات الهجين لايحتمل الاحياء الدقيقة من فطريات اوفايرس التي تعيش في تربنا . ان اي شخص يفهم هذه التقانات البسيطة يمكنه ان يؤسس لمحل بسيط ، حتى اذا مرت ثلاث الى خمس سنوات رأيته يمتلك شركة كبيرة ذات عدة فروع . قبل سنوات مررت في العاصمة اليونانية اثينا ، ودخلت شركة كبيرة زراعية ، كان من بين مايبيعونه شتلات رقي مطعم على اصول القرع ، والاقبال عليه شديد ، وفائدته جداً واضحة في الحاصل والنوعية ، وتحمل نباتات الرقي لظروف التربة وما فيها من فطريات ، وهذا مشروع بسيط تجاري .

التوريث :

مر بنا في الفصول الماضية ان الصفات النوعية التي تحكمها بضعة ازواج من الجينات تنقل صفاتها الى الاجيال اللاحقة بآلية يطلق عليها توارث inheritance ، فيما يطلق على انتقال الفعل الجيني في الصفات الكمية التي تحكمها عدة ازواج من الجينات ، التوريث heritability . يمكن ان نعرف التوريث بانه معدل نسبة انتقال التغاير الوراثي الى التغاير الكلي للصفة ، او بتعبير ابسط نسبة ماينتقل من الصفة الكمية من الاباء الى الابناء ، علماً ان ذلك لايكون على الصفات النوعية ، اي لابد ان نذكر الصفة الكمية . حتى نوضح شيئاً من ذلك ، نقول لو كانت لدينا نباتات بازهار حمراء ثم زرعنا بذورها فاعطت نباتات بازهار حمراء فان نسبة التوريث صفراً ! ذلك لان الصفة هي نوعية انتقلت بالتوارث ، وانه لايوجد تغاير فيها ، كذلك الحال ، لو ان صنفاً من الحنطة فيه سفا ، وزرعناه فاعطانا نباتات حنطة فيها نفس السفا ، فان نسبة التوريث صفراً ! ذلك انه لايوجد تغاير بين نبات الحنطة وفيه سنابل مختلفة الطول ، وقمنا بقياس اطوال السنابل ، فوجداناها جيل الاباء وجيل الابناء ، ولكن لو اخذنا نفس الحنطة بين 8-24 سم ،وقمنا بانتخاب عدة نباتات من ذات السنابل الطويلة ، وزرعناها فحصلنا على نباتات ذات معدل سنابل 18 سم ، فاذا كان معدل طول السنبلة في الصنف هو 14 سم ، ونحن حصلنا على معدل من النباتات المنتخبة 18سم ، فهنا نجد الفرق من التغاير من الصفة ، انتخبنا من معدل 14 سم ماطوله بمعدل 24 سم ولما زرعناه حصلنا على نباتات بطول سنابل 18 سم ، هنا نجد التغاير الكمي في هذه الصفة الكمية ، وكل جيل يمكن ان ننتخب يزداد طول السنبلة حتى يتوقف عند حد معين ، وسوف نوضح لاحقاً كيف نحسب نسبة

التوريث للصفة . ان جينات الصفات النوعية تسمى جينات رئيسة major genes وهي محدودة العدد ولاتتاثر كثيراً بعوامل البيئة ، اما الصفات الكمية فهي محكومة بعدة ازواج جينات ثانوية التأثير minor genes وتتأثر بعوامل البيئة ، والنوعية يمكن ان تورث كما هي الى الجيل اللاحق (ذريتها) اذا كانت نقية ، بينما الصفة الكمية ينتقل جزء من تلك الصفة فقط .ان الصفات الكمية عموماً هي محور عمل مربي النبات ، لانه يمثل معظم اركان برامج التربية والتحسين ، حيث ان الصفات الكمية تتأثر بعوامل البيئة ، فلابد من اختبار الصفات الجديدة في بضعة مواقع وبضع سنين وفي موضوع واسع وهام يسمى التداخل الوراثي × البيئي genotype × environment interaction (G×E) .

انواع التوريث :

هما نوعان :

1- توريث بالمعنى الدقيق narrow sense heritability ويعطي الرمز $h^2_{n.s}\%$ ويمثل نسبة التغاير المضيف الى التغاير الكلي للصفة ، ويوضع بالمعادلة التالية :

$$h^2_{n.s}\% = \frac{\sigma a^2}{\sigma p^2} \times 100$$

اذ ان σa^2 هو تغاير الصفة من النوع المضيف و σp^2 هو مجموع التغاير لها ، ويستخرج σa^2 من تغاير النباتات المنتخبة ، وذلك باستخراج قيمة S.S للصفة المنتخب لها ثم σa^2= M.S اما $\sigma \rho^2$ فتستخرج بنفس الاساس ولكن على بيانات الصفة للمجتمع النباتي الاصلي .

2- توريث بالمعنى الواسع broad sense heritability ويعطي الرمز $h^2_{b.s}\%$ ويمثل نسبة التغاير الوراثي الكلي الى مجموع التغاير الكلي ، ويعبر عن ذلك بالمعادلة التالية :

$$h^2_{b.s}\% = \frac{\sigma g^2}{\sigma p^2} \times 100$$

حيث σg^2 التغاير الوراثي الكلي و $\sigma \rho^2$ التغاير الكلي للصفة

ان النوع الاول من التوريث (الدقيق) هو الاهم لمربي النبات ، وذلك ان هذا التغاير يمكن ان يورث من جيل لاخر عند الانتخاب للصفة المطلوبة ، بينما في النوع الثاني (التوريث بالمعنى الواسع) فانه يشمل كافة انواع التغايرات الوراثية التي تشمل قوة الهجين والتفوق والمضيف ، وبذا فان مايورث منها عند الاعتماد عليها يكون محدوداً مقارنة مع النوع الاول ، وهذا هو الذي يجعل المربي يبحث

ويعتمد على فعل الجين المضيف في الصفة واستخراج تغايره (σa^2) فيها ليبين على اساسه برنامجه. ان من بين الشروط الاساسية لنجاح برنامج التوريث لتحسين صفة كمية صنف ما ، هو ان تكون :

1- قيمة σ للصفة عالية في مجتمع الصنف ، ويتضح هذا في تغاير الصفة في المجتمع .
2- قيمة معدل الصفة ($\overline{X}$) في المجتمع عالية كذلك .
3- ضرورة استخدام شدة انتخاب قاسية (1% او 2% مثلاً) وهما افضل بكثير من استخدام 5% او 10 % ، مع ان الاخيرة تعطينا قاعدة وراثية اوسع للصنف المنتخب . عليه فانه كلما كان عدد الجينات الحاكمة للصفة عالياً كلما توقعنا نسبة توريث اقل مما لو كانت اقل بعدد الجينات . اذا اخذنا الرموز $\sigma\rho^2$ للتغاير الكلي للصفة في المجتمع ، و σg^2 التغاير الوراثي للصفة المنتخبة و σe^2 هو التغاير البيئي ، فان المعادلة التالية تعبر عن العلاقة بينها :

$$\sigma\rho^2 = \sigma g^2 + \sigma e^2 + \sigma ge^2$$

وحيث انه في بيئة محددة تكون σge^2 قليلة ، فانها غالباً ما تهمل ، لتكون المعادلة المتبعة غالباً هي :

$$\sigma\rho^2 = \sigma g^2 + \sigma e^2$$

وبذا يمكن ان علمنا قيمة $\sigma\rho^2$ و σe^2 فبالطرح يمكن الحصول على قيمة σg^2 لنأخذ بعض الامثلة حول التوريث باعتماد وتهجين بين ابوين او من دونه وكما يلي :

1- حساب التوريث بالتهجين :

اذا اعطينا الرموز $\bar{p}_1$ و $\bar{p}_2$ و $\bar{F}_1$ لمعدل الصفة في المجتمع النباتي لكل من الاب الاول والاب الثاني وتضريبهما ، فان مقدار التغاير البيئي والوراثي يحسبان بالاتي :

$$\sigma e^2 = \frac{\sigma\rho_1^2 + \sigma\rho_2^2 + \sigma F_1^2}{3}$$

$$\therefore \quad \sigma\rho^2 = \sigma g^2 + \sigma e^2$$

$$\therefore \quad \sigma g^2 = \sigma p^2 - \sigma e^2$$

$$h^2_{b.s}\% = \frac{\sigma g^2}{\sigma p^2} \times 100$$

كذلك يمكن تقدير قيمة التغاير البيئي σe^2 بالمعادلة التالية :

$$\sigma e^2 = \sqrt{\sigma \rho_1^2 \times \sigma \rho_2^2}$$

لو اخذنا مثلاً الصفة المدروسة هي طول السفا في سنبلة الحنطة او الشعير ، ونزرع بذور المحصول ، وندون كم هو طول السفا على مجموع 100 سنبلة في الحقل وذلك في كلا الصنفين المدروسين P_1 و P_2 ، وتضريبهما F_1 ، فلما كانت لدينا هذه البيانات (300 قراءة لطول السفا) نقوم باستخراج قيمة S.S لكل من P_1 و P_2 و F_1 على انفراد بالطريقة الاحصائية المعروفة ، وبقسمة S.S على درجات الحرية نحصل على M.S والذي هو نفسه $= \sigma^2$ ، وبذا نحصل على $\sigma \rho_1^2$ و$\sigma \rho_2^2$ و σF_1^2 من بيانات الحقل المباشرة التي اخضعناها لتحليل التغاير ، والحصول على القيم المذكورة . عليه يمكن من هذه البيانات استخراج قيمة σg^2 و σe^2 ، ذلك ان

$\sigma \rho^2 = \sigma \rho_1^2 + \sigma \rho_2^2 + \sigma F_1^2$ ومعدل مجموع هذه القيم يعطينا بحسب المعادلة السابقة قيمة σe^2 ، وبالطرح من σp^2 نحصل على σg^2 ، وبذا يمكن ان نستخرج قيمة التوريث بالمعنى الواسع للصفة . اذن ، بهذه الطريقة يمكن ان ندرس هذه التغايرات لاية صفة قي الحقل بعد اجراء التزاوج بين صنفين او سلالتين وتدوين قيم الصفة على مجموعة كافية من نباتات الابوين وهجينهما لمعرفة قيمة التوريث بالمعنى الواسع لتلك الصفة قيد البحث .

تقدير التوريث بمقارنة اصناف :

هذه الطريقة لاتحتاج الى تضريب ، انما سوف نرى انه بزراعة عدة اصناف في الحقل من محصول ما بتجربة بعدة مكررات ، ولتكن بتصميم RCBD ، فيمكن استخراج قيمة التوريث بالمعنى الواسع لاية صفة لتلك الاصناف وكما يلي :

نقوم اولاً بجمع البيانات على عدد مناسب من نباتات الاصناف في كل وحدة تجريبية ثم نرتبها في جدول بعد استخراج قيم S.S ثم قيم M.S لمصادر التغاير فيكون لدينا الجدول التالي :

جدول ANOVA لاصناف مزروعة بتصميم RCBD

لاستخراج قيمة التوريث بالمعنى الواسع للصفة المدروسة :

S.O.V	M.S (σ^2)	Expected σ^2
Reps .(r)	MS_1	$\sigma e^2 + g\sigma r^2$
Genotypes (g)	MS_2	$\sigma e^2 + r\sigma g^2$
Error	MS_3	σe^2

ان قيمة التغاير البيئي (σe^2) بهذه الطريقة تمثله قيمة تغاير الخطأ التجريبي (MS_3) ، وبذا يمكن حساب σg^2 التغاير الوراثي بالاتي :

$$\sigma g^2 = \frac{MS_2 - MS_3}{r} = \frac{\sigma e^2 + r\sigma g^2 - \sigma e^2}{r} = \sigma g^2$$

$$\therefore h^2_{b.s}\% = \frac{\sigma g^2}{\sigma p^2} \times 100$$

اما σp^2 فانه يتم الحصول عليه من جمع σe^2 من الجدول مع σg^2 التي تم استخراجها بالمعادلة في اعلاه .

تنويه : تختلف الصفات في نسبة التوريث بدرجة واسعة وبحسب المحصول وعدد ازواج الجينات الحاكمة للصفة فقد وجد في الحنطة مثلاً ان نسبة التوريث بالمعنى الدقيق لحاصل النبات = 22% بينما لموعد التزهير 77% ولعدد حبوب السنبلة 28% ولعدد سنابل النبات 26% وهكذا .

تقديرالتوريث بالتضريب الرجعي :

هذه الطريقة هي الافضل في دقة حساب التوريث ودرجة فائدنه للمربي ، لانه بوساطتها يمكن استخراج قيمة التوريث بالمعنى الدقيق ($h^2_{n.s}\%$) لعدة صفات للمحصول . لو اخذنا رموز الابوين P_1 و P_2 وهجينها F_1 ، ثم ضربنا F_1 على كل من الابوين P_1 و P_2 سنحصل على تضريبين رجعيين هما BC1 وBC2 ، فاذا اخذنا الرموز E و D وH للتغاير البيئي والمضيف والمتغلب ، فان المعادلتين التاليتين معتمدتان لتقدير نسبة التوريث بالمعنى الدقيق :

$$\sigma F_1^2 = \frac{1}{2} D + \frac{1}{4} H + E \text{-1}$$

$$\sigma^2 BC_1 + \sigma^2 BC_2 = \frac{1}{2} D + \frac{1}{2} H + 2E \text{-2}$$

وبضرب طرفي المعادلة الاولى × 2 نحصل منها على :

$$2\sigma F_2^2 = D + \frac{1}{2} H + 2E\text{-}3$$

وبطرح المعادلة 2 من المعادلة 3 نحصل على قيمة

$$\frac{1}{2}D = 2\sigma^2 F_2 - (\sigma^2 BC_1 + \sigma^2 BC_2)$$

علماً ان قيمة $\frac{1}{2}D$ = تغاير الفعل الجيني المضيف $(\sigma^2 a)$ ، وباعتماد المعادلة التالية نحصل على التوريث بالمعنى الدقيق :

$$h^2_{n.s}\% = \left(\frac{\frac{1}{2}D}{\sigma^2 F_2}\right) \times 100$$

علما ان قيم كل من $\sigma^2 F_2$ و $\sigma^2 BC_1$ و $\sigma^2 BC_2$ نحصل عليها من زراعة بذور F_1 والتضريبين الرجعيين ونقيس الصفة على عدد مناسب من نباتاتها ، ثم نستخرج بالطريقة الاحصائية المعلومة قيم S.S لها ثم M.S التي هي σ^2 لكل منها ، هذا وبعد ان حصلنا على قيمة التوريث بالمعنى الدقيق فانه على الرغم من اهمية الاولى في التربية فانه يمكن استخراج قيمة التوريث بالمعنى الواسع من نفس البيانات وكما في المعادلة :

$$h^2_{b.s}\% = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{4}H}{\sigma^2 F_2} \times 100$$

وذلك بعد استخراج قيمة $\frac{1}{4}H$ من المعادلتين السابقتين بعد التعويض عن قيمة $\frac{1}{2}D$ ، اما $\sigma^2 F_2$ فانه يمثل في ذات الوقت مجموع التغاير σP^2 للصفة .

تقدير التوريث بالانتخاب المباشر :

هذه الطريقة بسيطة ومفيدة جداً ولاتحتاج الى تضريب وتعطينا في ذات الوقت قيمة التوريث بالمعنى الدقيق الذي هو المهم في برنامج الانتخاب والتحسين للمربي .لايضاح ذلك نقول : لو ان لدينا صنفاً محلياً من الذرة الشامية popcorn ، ولاحظنا اطوالاً مختلفة لطول العرنوص وقطر العرنوص ، ووزن الحبة ، وغير ذلك ، هذا الصنف يمكن تحسين حاصله بالانتخاب لاي مكون او اكثر من مكونات الحاصل ، مثل ان نختار عدد حبوب العرنوص بدلاً من قطر العرنوص ، وكذلك عدد عرانيص النبات ، فاذا اخذنا عدة صفات يكمل بعضها بعضاً للحصول على حاصل افضل للنبات ، فان نجاح برنامج الانتخاب هو افضل من الاعتماد على الانتخاب

لصفة واحدة وكما مر بنا في معادلة دليل الانتخاب (selection index) .نزرع بذور الصنف بمسافات واسعة (بطريقة HC وهي الافضل) وندون البيانات على الصفة المطلوبة . نأخذ حالياً صفة واحدة مثلاً وندون على مائة نبات عشوائياً عدد حبوب العرنوص ، ثم ننتخب نباتات ونلقحها ذاتياً ولتكن 500 نبات جيدة ، لاننا لانعلم كم سيعطي عرنوصها من عدد الحبوب الاعند الحصاد ، وعند الحصاد نأخذ اعلى النباتات في عدد حبوب العرنوص ثم نزرعها وندون على ذريتها 100 نبات مثلاً عدد حبوب العرنوص ، وهذه هي ذرية المنتخب ، فاذا اعطينا المجتمع الاصلي معدل الصفة فيه الرمز $\overline{XP}$ (population) وللمنتخب (selected) $\overline{Xs}$ وللذرية (offspring) $\overline{Xo}$ الناتجة من زراعة بذور المنتخب ، فيمكن تقدير التوريث بالمعنى الدقيق بالمعادلة البسيطة التالية :

$$h^2_{n.s}\% = \frac{\overline{Xo} - \overline{XP}}{\overline{Xs} - \overline{XP}} \times 100$$

كما يمكن معرفة كم مقدار التحصيل الوراثي genetic gain (Gs) نتيجة الانتخاب في كل دورة بالمعادلة التالية :

$$Gs = h^2_{n.s}\% \times \sigma \times k$$

و σ هي قيمة تغاير الصفة نستخرجها بعدما استخرجنا قيمة σ^2 لها من بيانات الحقل ، اذ نحصل عليها بالجذر التربيعي لقيمة σ^2 ، و k عامل ثابت يساوي 2.64 و 2.42 و 2.06 و 1.76 لشدة الانتخاب المستخدمة على مجموع النباتات المزروعه والتي هي 1% و 2% و 5% و 10% بالتتابع .

امثلة مختلفة :

مثال 1 : استخدم اثنان من الاباء لانتاج هجين بتضريبهما ، ثم تم تضريب F_1 رجعياً على كل من p_1 و p_2 ، كما لقحت افراد F_1 ذاتياً للحصول على F_2 . زرعت بذور كافة التراكيب المذكورة ، والحصول على مجتمعاتها النباتية ودونت بيانات عن صفة معينة ، وحللت احصائياً للحصول على التغايرات ، وكانت $\sigma^2 F_2 = 40$ و $\sigma^2 BC_1 = 30$ و $\sigma^2 BC_2 = 20$ ، جد قيمة نسبة التوريث بالمعنى الدقيق للصفة المدروسة ($h^2_{n.s}\%$) !

الحل :

نرتب المعادلات التي تعرفنا عليها كما يلي :

$$2\sigma^2 F_2 = D + \frac{1}{2}H + 2E = 80$$

$$\sigma^2 \mathrm{BC}_1 + \sigma^2 \mathrm{BC}_2 = \frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H + 2E = 50$$

بالطرح نحصل على :

$$\frac{1}{2}D = 30$$

$$\therefore h^2_{n.s}\% = \left(\frac{\frac{1}{2}D}{\sigma^2 F_2}\right) \times 100 = \frac{30}{40} \times 100 = 75\%$$

مثال 2 :

وجد في احد اصناف زهرة الشمس ان معدل حاصل النبات الواحد من البذور 50 غم فقط ، ولما تم قياس تغاير حاصل النبات على نباتات الصفة كانت $\sigma^2 = 425$ ، انتخبت النباتات الاعلى في حاصل البذور والتي كان معدل حاصلها 100 غم للنبات . زرعت بذور النباتات المنتخبة في الموسم اللاحق بنفس الكثافة النباتية وعوامل النمو السابقة ، فاعطت معدل حاصل بذور 80 غم للنبات ، فاذا كانت شدة الانتخاب المستخدمة هي 2% ، فكم كانت نسبة التوريث بالمعنى الدقيق ؟

الحل :

$$h^2_{n.s}\% = \frac{\overline{Xo} - \overline{XP}}{\overline{Xs} - \overline{XP}} \times 100 = \frac{80 - 50}{100 - 50} \times 100 = 60\%$$

$$\sigma^2 = 425 \therefore \sigma = 20.6$$

$$Gs = h^2_{n.s}\% \times \sigma \times k = 0.6 \times 20.6 \times 2.4 = 30 \text{غم للنبات}$$

وبذا سيكون الحاصل المتوقع للنباتات المنتخبة 80 غم = 30 غم + 50 غم وهو نفس المعدل الذي تم الحصول عليه ميدانياً .

بالنسبة لهذا المثال ، لو اردنا اعادة الانتخاب لدورة ثانية ، فان معدل المجتمع الذي سيعتمد $(\overline{XP})$ سيكون هو نفس معدل حاصل ذرية المنتخب (80غم) وليس معدل الصنف الاصلي (50غم) ، وهكذا للدورات الانتخابية اللاحقة طالما يوجد تغاير جيد في حاصل بذور نباتات المجتمع الذي نعمل عليه .

مثال 3 :

صنفان جيدان متغايران من الشعير ، تم التضريب بينهما والحصول على بذور F_1 بكمية كافية ، وزرعت للحصول على نباتات F_2 ، ودونت عليها البيانات التالية بعد تحليلها ، فكم قيمة التوريث بالمعنى الواسع :

الاصناف	عدد النباتات	σ^2
P_1	50	215
P_2	50	240
F_2	600	480
F_2 selected	625	260

ذكرنا سابقاً ان $\sigma P^2 = \sigma^2 F_2$ (التغاير الكلي) وبتطبيق المعادلة التالية نحصل على المطلوب :

$$h^2_{b.s}\% = \frac{\sigma^2 F_2 - \sqrt{\sigma\rho_1^2 \times \sigma\rho_2^2}}{\sigma^2 F_2}$$

$$h^2_{b.s}\% = \frac{480 - \sqrt{215 \times 240}}{480} = 53\%$$

الفصل السابع عشر

التداخل الوراثي × البيئي

قبل سنوات لم يكن هناك اهتمام كبير بمفهوم التداخل الوراثي × البيئي (G×E = genotype × environment interaction) وذلك لقلة المعلومات المتوفرة عن اهميته ، حتى عقد مؤتمر عالمي حول الموضوع في الولايات المتحدة ، وحضرته فئات مختلفة من الباحثين من دول العالم ، بعدها بدأ نشاط واسع الاهتمام حول اهمية هذا الموضوع لكل صنف من كل نوع وجنس من النباتات .
ان عوامل البيئة تحفز جينات معينة للفعل الجيني ، فيما تبقى اخرى ساكنة ، وبذا لدى زراعة صنف جديد ، يفضل زراعته في ثلاث او اربع بيئات متباينة لمعرفة درجة ثبات الصفات stability وربما تختفي صفات من نباتات الصنف فلا

تظهر ، وهي التي كانت تميزه عن غيره ، وتظهر اخرى لم تعرف عنه من قبل ، كما ان انتظام ارتفاع النبات والتزهير وغير ذلك من معاييرالنمو قد تختلف من بيئة لاخرى ، وبحسب قوة تعبير الفعل الجيني لصفات نباتات ذلك الصنف. ان ذلك ، يقودنا الى دراسة موضوع آخر ، الا وهو التطبع او التكيف (adaptation) وفيه نوعان :

1- **التطبع الضيق narrow adaptation :** ويقصد به تطبع الصنف لعوامل النمو في تلك البيئة ليعطي افضل تعبير للفعل الجيني فيه ، وهذا هو المطلوب للمربي والمنتج ، اذ انه اذا زرع في بيئة اخرى فانه يعطي اقل من ذلك الاداء ، لكننا نهتم بأداء الصنف في بيئة الهدف .

2- **التطبع الواسع wide adaptation :** وهو مقدرة الصنف على النمو والاداء في عدة بيئات ولكن بدرجة اقل اداء اواعطاء مما في حالة التطبع الضيق . هنالك اصناف تتبع لانواع نباتية معينة مثل الحنطة والشعير والشوفان والذرة الصفراء ، كل اصنافها وهجنها في دول العالم يمكن الاستفادة منها بشكل عام ،باستثناء بيئات معينة ذات موسم نمو طويل جداً او قصير جداً فهذه البيئات تحتاج لاصناف معينة . مثلاً اصناف فول الصويا ، يبدل الصنف في الولايات المتحدة كلما ابتعدت مدينة عن اخرى بحدود 150 كم او اقل او اكثر عندما تكون باتجاه معين يتغير فيها الاشعاع او درجات الحرارة ، ذلك ان الصويا هي من بين المحاصيل الضيقة التطبع وقد صنفت مجاميع نضجها الى اكثر من 12 مجموعة نضج مختلفة ، كل مجموعة تضم اصنافاً تناسب بيئة معينة ، من درجات الحرارة وشدة الاشعاع والرطوبة النسبية وغير ذلك ، كذلك وعلى الرغم من التطبع الواسع لاصناف الذرة الصفراء ، الا اننا نرى بعض اصنافها تنمو عند دول خط الاستواء لتنضج بحدود عشرة اشهر او اكثر ، ويحوي النبات اكثر من اربعين ورقة ، ومع هذه المساحة الورقية الواسعة وموسم النمو الطويل فان حاصلها قد لايتناسب مع ذلك . اما الحنطة والشعير ، فهما يمتلكان تغايرات وراثية ربما هي الاوسع من بين كافة اصناف الانواع والاجناس النباتية الاخرى ، وذلك كله يفيد التطبع بحسب البيئة ،اذا اخذنا مثلاً بعض الدول الاسكندنافية ، تزرع فيها الحنطة وتبقى شهرين يغطيها الثلج اكثر من عمق نصف متر ، حتى اذا جاء الربيع ، وذاب الثلج لاتحتاج الحنطة تلك الا حوالي شهر ونصف كي تنضج وتحصد . يمكن القول انه على مدى العالم ، لايوجد شهر الا وهناك دولة تزرع الحنطة او تحصدها وعلى مدى اثني عشر شهراً !! وهذا كله يعود الى تغايرات أصناف النوع كي تلائم تلك البيئات وكل ذلك يدرس فيه موضوع التحمل للشدود المختلفة الحية وغير الحية للصنف فضلاً عن الجفاف والملوحة وقلة الخصوبة وغير ذلك ، وكله في موضوع التداخل الوراثي × البيئي.

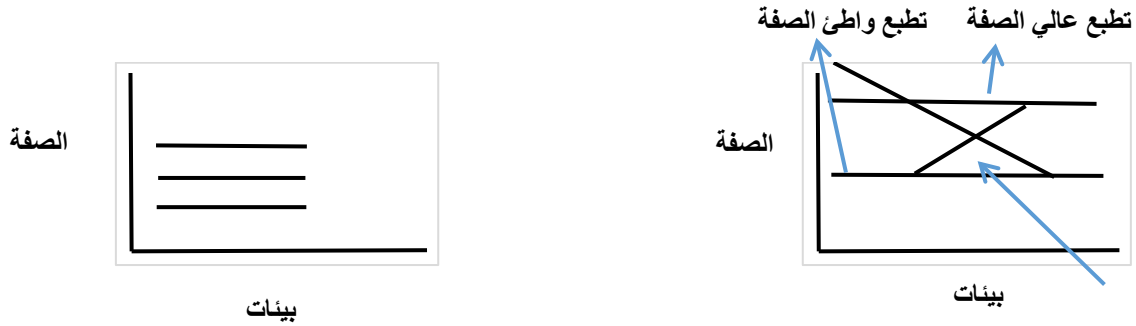
بيئة الاستنباط والهدف :

من المؤكد ان تؤثر بيئة الاستنباط في طبيعة التوليفة الجينية التي ظهرت في الصنف او الاصناف المنتخبة التي تميزت على غيرها من الاصناف اذا زرعت في بيئة اخرى . ان ذلك يعتمد على طبيعة درجة الثبات stability في الصنف التي تنتج من تداخل G×E ، فان كان الصنف ضيق التطبع فان معنوية G×E ستكون عالية ولايمكن أن ينجح في البيئة الجديدة. اما اذا كان تطبع الصنف واسعاً في معظم البيئات المماثلة لبيئة الهدف مع ظهور بعض الفروق في تحمل مرض جديد او حشرة جديدة في البيئة الجديدة، ولاسيما اذا انتقلنا من بيئة باردة او معتدلة الى بيئة حارة ، اذ الامراض والحشرات يزداد عددها كلما كانت درجات الحرارة اعلى في المنطقة . تسمى البيئة التي يستنبط ويطلق فيها الصنف بيئة الهدف target environment ، وبذا كما اسلفنا ان كان الصنف من نوع التطبع الضيق فهو سيبقى ملائماً لتلك البيئة او مثلها ، فيما اذا كان واسع التطبع فأنه سيناسب العديد من البيئات في العالم حتى ولو اختلفت في بعض معالم النمو من درجات حرارة او رطوبة نسبية و اشعاع. ان اختلاف بعض صفات الاصناف لدى زراعتها في بيئة مغايرة قد يعود الى وجود جينات كانت ساكنه silent genes في تلك البيئة ، ثم تحفزت في البيئة الجديدة اما مباشرة ببعض عوامل البيئة من حرارة او شدة اشعاع او بتأثر ظاهرة هامة اخرى هي ظاهرة فوق الوراثة epigenetics ، الامر الذي يؤدي احياناً الى ظهور جينات جديدة novel genes لم تكن موجودة اصلاً في الصنف لما كان يزرع في البيئة الهدف ، ويمكن القول انه في كلتا الحالتين (ظهور فعل جينات كانت ساكنة او ظهور فعل جينات جديدة) أن الامر يرتبط بعلم آخر يسمى بيئة الجين (gene ecology) وللاسف فان هذا العلم لم يتطور كثيراً ، اذ لما كنت ادرس للدكتوراه كان احد المختصين الامريكان له باع طويل في هذا المجال ، وعلى ما اتذكر كان عنده اثنان اوثلاثة طلبة دكتوراه ، وكانوا جميعاً في سيارة ، فصار لهم حادث ، وقضوا جميعاً ولم اقرأ يوماً منذ ان قص علينا الاستاذ يومها عن الحادث ان هناك علماً ينمو ويتطور اسمه gene ecology ، فبقي على ماهو عليه من افكار بسيطة ، لاتتفق او ترقى لما وصل اليه موضوع الوراثة التطبيقية في تحسين كافة المحاصيل من عدة فروع علمية متكاملة . عندما تتغير صفات الصنف فان ذلك كما قلنا يرتبط بعوامل البيئة فتؤثر في طبيعة الفعل الجيني وفوق الوراثة ، وتنشط بعض الترانسبوزون ، وتحدث ميثلة DNA ،فتختلف عدة امور متداخلة لموضوع حقاً هو متشابك الى اليوم . فضلاً عن الميثلة ، التي تمثل ارتباط جزيئة مثيل مع DNA ، فانه قد تحدث تحورات هستونية او استلة او ريبزة او فسفرة ... الخ ، وهذه لها المقدرة ان تنتقل الى الاجيال اللاحقة وكما ظهرت فجاة ، فقد تختفي فجاة ، ولاعجب !

الثبات :

لدى دراسة موضوع G×E فان الهدف منه معرفة مدى ثبات صفاته الرئيسية مثل الحاصل والتزهير والنضج والتجانس وغير ذلك ، يطلق على الثبات عدة تعابير ، من بينها stability و homeostasis و buffering وغيرها ، هنالك عدة معادلات خاصة بدراسة الثبات ، وهي حالة مهمة للصنف سواء استنبط حديثاً او المدخل حديثاً الى المنطقة ، وكما قلنا لابد من زراعته لبضعة مواسم وفي بضع بيئات بعدة مكررات للوقوف على مدى استقرار اوثبات صفاته الرئيسة ، وقد لاتكون مظهرية انما كيمياوية ،فمثلاً قد نكون جئنا بصنف مدخل لانتاج مركب معين يستخرج منه كي يستخدم عقاراً لبعض الحالات المرضية ، وبدلاً من ان تكون النسبة لذلك المركب 6% كما كانت في بيئة الهدف ، اصبحت النسبة بين 1%- 2% فقط من المادة الجافة ، وبذا فهو والحالة هذه لاينفع لعدم مطابقته المواصفات المثبتة عليه ، بتعبير آخر انه unstable !

ان موضوع التداخل الوراثي × البيئي اصبح من المواضيع العلمية الهامة جداً اليوم ، وقد اوضحت عدة ابحاث جوانب معمقة فيه لم تكن معلومة من قبل ، والامر اعقد بكثير مما كان يتصوره كثير من الباحثين . مثلا في دراسة تحمل الشدود اللاحية والحية (abiotic and biotic stresses) ، اظهر احد الابحاث ان محصول الجت الذي كان متحملاً نسبياً للملوحة والجفاف كانت فيه مجموعة من الجينات بحدود 19373 زوجاً من الجينات تشارك في تلك العملية ، وهذا امر خارج التوقعات تماماً ، حتى بالنسبة للباحثين انفسهم الذين اشتغلوا على هذا الموضوع بالذات (Lei وآخرون 2018) كذالك فان باحثاً آخر قد وضع معادلة لتقدير عدد النماذج الجينية المتداخلة عندما يتعرض النبات الى عدة شدود ، اذ ان المعادلة هي ان عدد التداخلات الجينية التي يتعرض لها النبات عند وجود عدة شدود تساوي $(n^2 - x)$ وذلك عندما تكون n = عدد مجاميع جينات الشد ، وان n-1 = x ، وبذا فانه بوجود اربع مجاميع جينية للشد سيكون النبات واقعاً تحت تاثير ثلاث عشرة مجموعة جينية متداخلة تؤثر في النبات ، واذا كانت تحت ست مجاميع جينية للشد (6 عوامل شد) فان عدد مجاميع التوليفات الجينية المتداخلة ستكون واحداً وثلاثين تداخلاً جينياً تؤثر .. وهكذا (Elsahookie 2014) تبين الاشكال البسيطة التالية حالات استجابة الاصناف المختلفة لعوامل الشد او البيئة .



ان الاشكال الثلاثة الى شمال القارئ كلها توضح تماثل استجابة الاصناف لعوامل البيئة ، اي عدم معنوية التداخل ، فيما نجد انها اختلفت استجابتها في الشكل الى الصفة كانت استجابتها المتباينة معنوية بمعنوية التداخل .

كيف نطبق الدراسة لمعرفة تطبع الاصناف :

لو حصلنا على صنف او اكثر من برنامج الانتخاب التكراري المتبادل واردنا ان نختبر حاصله وصفاته الاخرى وتطبعه للمنطقة او البيئة ، فلابد من ادخال صنف اخر معه او اكثر للمقارنة ،ومن الشائعة في تلك البيئة ، ونعطيها كلها نفس عوامل الخدمة المطلوبة للمحصول ولكن نزرعها بثلاث كثافات نباتية ، لمعرفة كم هذه الاصناف الجديدة تتحمل التظليل (shading) وهي صفة فعالة في زيادة حاصلات الهجن والاصناف المحسنة لما تكون فيها ، ثم ندون البيانات على الصفات التي نريدها على نباتات كافة الاصناف المزروعة بتصميم RCBD باربعة مكررات مثلاً ، ويمكن تحليل البيانات بتجربة عاملية بالاتي :

S.O.V	d.f	M.S	Expected M.S
Environments (e)	e-1	----	$\sigma e^2 + rg\sigma e^2 + r\sigma^2 ge$
Genotypes (g)	g-1	MS_1	$\sigma e^2 + re\sigma^2 g + r\sigma^2 ge$
G×E	(e-1)(g-1)	MS_2	$\sigma e^2 + r\sigma^2 ge$
Error	ge(r-1)	MS_3	σe^2

$$\sigma^2 p = \sigma^2 g + \sigma^2 e$$

$$\sigma^2 g = \frac{\mathrm{MS1} - \mathrm{MS2}}{re} \quad , \sigma^2 ge = \frac{\mathrm{MS2} - \mathrm{MS3}}{r}$$

يمكن ان نكمل بقية معلومات الجدول ANOVA واستخراج قيم F ومعرفة درجات الفروق المعنوية بعد مقارنتها مع قيمة F الجدولية ونقوم بالمقارناتالمطلوبة وتشخيص الصنف الافضل ثم الذي يليه ، ونعرف السبب الذي جعله يتفوق . نعود الان الى موضوعنا الرئيس في هذا الاختبار وهو ان نعرف حالة stability لنباتات تلك الاصناف ، اذ هناك في العالم اكثر من خمس عشرة معادلة رياضية مستخدمة لكننا اجرينا مقارنة لعدد من تلك المعادلات (المصدر) ، فكانت ابسط وادق معادلة هي :

$$\text{Stability \%} = \left(1 - \frac{\sigma}{\bar{x}}\right) \times 100$$

حيث يتم استخراج قيمة σ للصفة بجذر قيمة M.S لها واستخراج معدل الصفة $(\bar{x})$ ثم تطبق المعادلة لنحصل على نسبة الثبات . ان مما يذكر في هذه المعادلة انه يجب ان تكون قيمة الثبات 85% فاكثر حتى يقبل الصنف والا يرفض ، وهذا يعود الى تعبير DUS الذي هو من شروط تسجيل واعتماد الصنف . هنالك امر آخر ، يمكن به دمج قيمتي الثبات مع اداء الصنف ، فان ادخل الحاصل مع الثبات وحصل الصنف قيد البحث على اعلى درجة ، فهو الذي يؤخذ ومن دون اية مقارنة احصائية . اذا كان مثلا معدل الصنف $(\overline{xc})$ ومعدل الاصناف للحاصل المدروسة معه $(\mathrm{ci}\overline{X})$ فان المعادلة GR (genotypic resultant) او المحصلة الوراثية تكون الاتي :

$$\text{GR= stability \%} \times \frac{\overline{xc}}{\overline{X}\ \mathrm{ci}}$$

ارى هنا انه من الضروري الاشارة الى نقطة هامة لدى تحليل جدول ANOVA مثل الذي ناقشناه قبل قليل ، وهو انه لدينا طريقتان للتحليل وهما الانموذج الثابت fixed model والانموذج العشوائي random model ، ويقصد بالاول (الثابت) هو ان النتيجة التي نحصل عليها سوف تظهر لنا لو اعدنا الاختبار مرة اخرى او في بيئة اخرى ، وهذا ينطبق على كافة الصفات النوعية وكثير من الصفات الكمية ، اما الانموذج العشوائي ، فانه لايفترض ان نحصل على ذات النتيجة ، ولنأخذ مثالاً لبضعة اصناف حنطة ، فيها مستنبطة حديثاً ، وفيها ماهو شائع في المنطقة ، قمنا بزراعتها في اربع بيئات في العراق ، وثبت حاصل الصنفين المستنبطين وبالتفوق على صنفي المقارنة ، ولكن احد الاصناف انخفضت فيه نسبة البروتين من 13% الى 11% ، فحالة ثبات الحاصل كانت ضمن التوقع ، وهو افتراض الانموذج الثابت ،اما اختبار الانموذج العشوائي لتحليل البروتين ، فقد اوضح لنا ايضاً صحة استخدام الطريقة ، وان احد

الاصناف لم تثبت معه تلك الصفة ، فان كان الفرق كبيراً بحسب هدف استخدام المحصول يمكن ان يترك ، ويبقى معتمداً في بيئة الهدف ، وان كان الفرق قليلاً بحسب الهدف من استخدام حبوبه ، فيمكن ان تنشر زراعته في كافة المناطق ، بشكل عام ، ان الانموذج الشائع لدينا عموماً في الابحاث البايلوجية ، هو الانموذج الثابت ، مثل تأثير موعد الزراعة او الكثافة النباتية او معدلات وانواع السماد ، هذه كلها حالات لها تأثير ثابت ، ولكن لدى دراسة نسب الزيت في بذور السمسم او زهرة الشمس في المحافظات المختلفة فأننا سنجد فروقاً واضحة في تلك النسب ، فاعتماد الانموذج العشوائي يكون اولى بالاستخدام . نعود الان الى الفرق بين الانموذجين في التحليل ، اذ انه في الانموذج الثابت نقوم بقسمة تغاير المعاملات على تغاير الخطأ التجريبي لاستخراج قيمة F ، اما في العشوائي فنقسم تغاير المعاملات على تغاير التداخل (G×E) ، وبذا فان القيمة ستختلف وذا اردنا معرفة معنوية (G×E) نقسم تغايره على تغاير الخطأ التجريبي . هنالك عدة حالات من الافضل ان نضعها في ذاكرتنا انها افضل اذا حللت بحسب الانموذج العشوائي مثل عمق الماء الارضي في مناطق العراق ، و pH التربة وقيم Ec ومحتواها من العناصر ، او تلوثها بعناصر ثقيلة ، هذه الامور نتوقع ان تكون كلها مختلفة عشوائياً من دون وجود اتجاه معين للتماثل او الاختلاف ، فالاولى لها الانموذج العشوائي ، نعود الان الى ذكر ملاحظه قد تكون نافعة حول سؤال : لماذا يكون بعض الاصناف اكثر تطبعاً من الاخر لعوامل النمو في البيئات ؟ الجواب هو انه غالباً اصناف خلطية التلقيح وخضرية التكاثر تعتمد في تطبعها على شدة حالة herozyosity و heterogeneity اما في ذاتية التلقيح فانها تعتمد اساساً على heterogeity كذلك لايمكن ان ننكر وجود جينات رئيسة major genes واخرى minor genes ترتبط بمثل هذه الحالة ، مع احتمال وجود فعل من فوق الوراثة من ميثلة او استلة وغيرها .

الفصل الثامن عشر

التفتيش الحقلي ورتب البذور

ان الدولة التي تهتم حقاً بالجانب الزراعي والعلوم الزراعية والبحث العلمي الزراعي ، لابد لها من انظمة علمية تشرف على الحقول الخاصة بانتاج البذور الاساس foundation seeds والبذور المصدقة certified seeds . ان رتب البذور الخاصة بالجانب العلمي الوراثي هي بذور المربي breeder seeds

واحياناً تكثر ويطلق عليها بذور اساس او نواة basic seeds او Nucleous seed ولكن لا ارى قيمة علمية لهذه الرتبة انما نتجاوزها الى البذور المسجلة registered seeds التي تنتج من بذور المربي او الاساس ونتعامل مع رتبتين فقط هما الاساس والمصدقة وبقية الرتب مهما كانت المسميات تترك بحسب رأي المربي . عليه ، وقبل الدخول في موضوع التفتيش الحقلي وتصديق رتب البذور يجدر بنا ان نوجز معنى تلك الرتب .

بذور المربي : هي البذور او الاجزاء الخاصة بالتكاثر لمادة وراثية معينة استنبطها المربي باحدى طرائق التربية وتمتلك خاصية واحدة في الاقل نميزها عن الاصناف الاخرى ، ولها صفات دقيقة تتعلق بالنقاوة الوراثية العالية يدونها عليها المربي وتلتزم بها الجهات المسؤولة عن الاكثار .

شروط اكثار رتب البذور :

1- عدم تغير صفات البذور لما تكثر من رتبة لاخرى للصنف .
2- لايسمح بوجود بذور ادغال خبيثة (noxious weeds) خاصة تلك التي لايمكن ازالتها الياً.
3- يمنع تصديق بذور من اية رتبة فيها بذور مصابة بالامراض او الحشرات بنسبة تخالف الشروط ، ولاسيما الامراض الوبائية epidemic على ذلك المحصول.
4- يمنع زراعة بذور رتبة محصول في ارض سبق وان زرعت بصنف آخر من ذات النوع في السنتين الاخيرتين .
5- من الافضل وضع علامات بالوان بارزة على اكياس العبوات تميز بين رتب البذور في تلك المؤسسة او الدولة .
6- ان يحمل الصنف اسماً مناسباً يحدده المربي على الا يكون مستخدماً لاصناف من محاصيل اخرى .
7- ان تكون الارض والماكنة والعبوات كلها نظيفة من اية بذور او مسببات مرضية او حشرية .
8- التدقيق من قبل المعنين من عدم حدوث خلط في الحقل نتيجة حركة الانسان او الحيوان او الطيور او النمل !
9- تجنب اكثار الصنف في بيئة غير مناسبة ، حتى لاتظهر بعض الصفات الجديدة التي تسبب رفض الصنف او رتبة البذور بسبب فعل آليات فوق الوراثة .
10-لايسمح لاي جهة تبيع البذور الاعندها ترخيص رسمي بذلك ونعطي ضماناً للمشتري بنوعية تلك البذور .

رتب البذور :

بذور النواة :البذور المنتجة من بذور المربي وتمتلك كافة صفاتها الوراثية في النقاوة .

بذور الاساس : هي البذور المكثرة من بذور المربي او النواة وتمتلك ذات الصفات الوراثية لبذور المربي ، وتنتج تحت اشراف المربي او جهة متخصصة مرتبطة بالمربي .

البذور المسجلة : وهي حلقة اضافية لاقيمة ميدانية لها ، وتنتج اما من بذور المربي او النواة او الاساس ، وتحمل ذات الصفات الاصلية ، وتنتج باشراف مختصين.

البذور المصدقة : هي البذور المنتجة غالباً من زراعة بذور الاساس ، وتمتلك صفات وراثية ونقاوة اقل نسبياً من بذور الاساس التي انتجت منها .

عليه ، فانه عندما تهتم جهة زراعية بانتاج بذور اصناف من ذاتية التلقيح او اصناف او سلالات وهجن من خلطية التلقيح ، فانه من الضروري التأكيد على رتبتين فقط في التفتيش الحقلي وفي تصديق البذور ، وهما الاساس والمصدقة .

اولا: محاصيل ذاتية التلقيح (الحقول) :

مسافات العزل بين الحقول :

أ- يمنع الاعتماد على بذور من رتبتي الاساس والمصدقة تنتج في حقل صغير ، يصعب جداً ضمان عدم وصول حبوب لقاح مغايرة للصنف ، كان تكون 5 او 10 دونمات .

ب- اقل مساحة يمكن انتاج بذور الاساس او مصدقة هي 25 دونماً فاكثر ، وان تكون كمية البذار لاتزيد عن 10 كغم للدونم ، اي معدل 40 كغم للهكتار ،(للحنطة والشعير مثلاً) وذلك للحصول على حبوب ممتلئة تعطي بادرات نشطة يمكن التحقيق من ذلك بعد شهر او شهرين حتى الزراعة من قبل لجان التفتيش الحقلي بحسب عدد النباتات في المتر المربع الواحد ، اذ نعرف من ذلك الصنف كم حبة في الكيلو الواحد ، فنعرف كم حبة للمتر المربع وكم بادرة خرجت منها ، وهذا للمحاصيل الحبوب الصغيرة ويقاس على ذلك للمحاصيل الاخرى ، بتعبير اخر نستخدم نصف كمية البذار للمحصول .

ت- ان مسافة العزل لحقول رتب البذور عن حقل اي صنف اخر من نفس النوع يجب ان لاتقل 20 متراً (للحنطة والشعير والشوفان) .

ث- اذا لاحظت لجنة التفتيش الحقلي ان زهيرات الصنف تنفتح اكثر من المعتاد فتكون ظاهرة مثل ظهور المتوك لحد ما ، فيجب ان تكون المسافة 50 متراً عن حقل اي صنف من ذات النوع .

ج- اما عن الحدود القصوى المسموح بها لانتاج رتبتي البذور في ذاتية التلقيح مثل الحنطة والشعير والشوفان وامثالها فان ذلك يعتمد على ملاحظة السنابل (الرؤوس) ونسبتها الى عدد معين ، وكما في الجدول :

المتغير	الاساس	المصدقة
اصناف اخرى	سنبلة لكل ثلاثة الاف سنبلة	سنبلة كل الف
محصول اخر بذوره لاتعزل آليا	رأس ثمري لكل عشرة الاف سنبلة	رأس واحد لكل الفي رأس
نباتات ادغال لاتعزل بذوره الياً	بلا	بلا
نباتات مريضة	نبات واحد لكل مائة متر مربع	نبات واحد لكل مائتي متر مربع

حال البذور بعد تنقيتها :

تكون حدود القبول والرفض لبذور رتبتي البذور الاساس والمصدقة كما مبين في الجدول التالي وعلى اساس الوزن :

المتغير	الاساس	المصدقة
الحد الادنى لبذور الصنف	%98	%98
الحد الاقصى للمواد الخاملة	%2	%2
الحد الاقصى لبذور الادغال	%0.1	%0.1
بذور ادغال ممنوعة	بلا	بلا
الحد الاقصى لبذور اصناف اخرى	%0.05	%0.10
الحد الاقصى لبذور محاصيل اخرى	%0.1	%0.1
الحد الادنى للانبات	%88	%85
بذور مريضة	بلا	بلا
الحد الاقصى لبذور الصنف المكسورة	%2	%2

وزن عينة الاختبار 20 كغم لكل من الرتبتين تقوم بأخذها لجنة الفحص المختصة اي لاتستلمها من جهة المنتج للبذور جاهزة .

مفهوم الصنف :

ان مفهوم الصنف يؤخذ من المربي بحسب طريقة الاستنباط التي اتبعها واثبت خلالها ان ذلك الصنف فيه صفة او اكثر ايجابية غير متوفرة في اصناف اخرى . اذا كان الصنف مستنبطاً بالانتخاب من سنبلة واحدة او نبات واحد ، فان تماثل نباتاته وحبوبها يكون عالياً جداً ، وان كان بطريقة الانتخاب الكمي او التجميعي فان ذلك جاء من نباتات ليس بالضرورة ان تكون عالية التماثل . كذلك هناك نوع من الاصناف في ذاتية التلقيح مفيد جداً وهو متعدد الخطوط multi –line cultivar وهو ناتج من جمع عدة خطوط مختلفة وراثياً ومتشابهة مظهرياً لكنها ليست متماثلة مظهرياً ، وبذا تكون هذه الاصناف ذات تغايرات في النباتات وفي الحبوب ، وعلى المربي او المستنبط ان يدون كافة تلك الصفات ونسبها في الحقل او الحبوب ، وتلتزم اللجنة على ان اي خروج عن تلك الصفات يعد مرفوضاً.

الحصاد :

عندما تحصد نباتات رتبة بذور فان اول 200كغم تحصدها الحاصدة تهمل ، وذلك ضماناً لنقاوة الصنف حتى لو كانت الحاصدة منظفة سابقاً .

ثانيا: محاصيل خلطية التلقيح :

بالنسبة لانتاج بذور السلالات واكثار بذورها فان ذلك منوط بالمربي الذي استنبطها ، وبذا فانه عند اكثارها من قبل جهة اخرى فلابد ان يكون باشرافه او من ينوب عنه ممن يعرف الصفات الوراثية الدقيقة لنباتات وبذور تلك السلالة او السلالات . عليه ، لاجل فحص حقولها وبذورها فلابد من الاتي :

1- ان تكون نباتات اكثار السلالة بعيدة عن اي مصدر لاية مادة وراثية اخرى للذرة الصفراء بمسافة لاتقل عن 300 متر من اية جهة .
2- ان تكون السلالة ذات نباتات بذات المواصفات المدونه عليها من المربي ، فقد تكون بعضها فيها صبغة الانثوسيانين على السيقان او الحريرة او النورة الذكرية ، وقد تكون صفراء ، او كلا اللونين ، فلا بأس بذلك بشرط ان تكون مدونه اصلاً من مواصفات تلك السلالة لان هذه الصفة قد تعزل لما تكون بازواج جينات محدودة العدد ، وقد يكون فيها تلازم linkage بين الاوراق والسيقان والحريرة وقد لايكون ، وبذا يصعب على المربي استبعاد الصبغة او اية صفة مماثلة .
3- ان تكون نباتات السلالة متجانسة الارتفاع بمعدل $25\pm$ سم ، ذلك ان هذه الصفة تكون كمية احياناً فتتأثر بعوامل النمو المحيطة بالنبات .

4- لون الحريرة والنورة الذكرية لابد ان يطابق المواصفات المدونه على السلالة ، ولكن لابد ان يحدد المربي كم هي النسبة لكل لون في مجتمع السلالة عند وجودهما سوية .
5- التاكيد على عدم وجود مرض فطري او بكتيري او لفحة على نباتات السلالة بصورة وبائية واضحة ، اما اذا ظهرت نباتات فردية ، فلابأس .

بذور السلالة :

ان بذور السلالة هي برتبة واحدة تماماً مثل بذور الهجين ومهما كانت مساحة الحقل او الحقول ، تكون البذور ممثلة بمواصفات السلالة 100% ، ويسمح بنسبة 2% بذور مكسوره ومواد خاملة ، ولاتحوي اية بذور ادغال او محاصيل اخر او بذوراً مريضة .

انتاج بذور الهجن :

تنتج بذور الهجين مرة واحدة ، وبرتبة واحدة كما هو حال بذور السلالة ، وهي بذور مصدقة او اساس في ذات الوقت لانها بذات المواصفات الوراثية المحددة لانتاج بذور ذلك الهجين . استناداً لذلك ، ومهما كانت مواصفات الحقل المخصص لانتاج بذور الهجين فانه يجب مراعاتها بحسب النقاط المدونه في الجدول التالي :

جدول يبين حدود مسافات العزل بحسب مساحة الحقل وعدد الخطوط الاب الحارسة للحقل .

مسافة العزل (متر) عن الام (من غير الاب)	عدد خطوط الاب الحارسة للحقل عند مساحة	
	اقل من 30 دونم	اكثر من 30 دونم
اقل من 25	24	16
اكثر 25	18	14
اكثر من 50	16	12
اكثر من 100	10	6
اكثر من 125	8	4
اكثر من 150	6	2
اكثر من 175	4	1
اكثر من 200	صفر	صفر

ملاحظات عن الزراعة :

أ- يسمح بزراعة نباتات السلالة الاب باكثر من موعد لضمان الاخصاب عند عدم تطابق الموعدين .
ب- لابد من ازالة اي نبات مغاير من السلالتين الاب والام عما ذكر من صفاتهما وذلك قبيل التزهير او عند بدايته .
ت- يرفض الحقل اذا وجد فيه اكثر من نبات واحد لكل الف مغاير لنباتات السلالة وقد انتهى تزهيره ولم يقطع ونباتات السلالتين مزهرة في ذات الوقت .
ث- اذا تحقق وجود نبات واحد بالالف او اقل عند الحصاد ولم يقطع ، فان المساحة حول النبات 10 × 10 م لاتؤذ بذورها ، وان زاد عن ذلك يرفض الحقل ، اي اذا تكرر وجود نبات آخر مثله في الحقل بذات النسبة واحد لكل الف عدة مرات ، فان الحقل يرفض .
ج- المربي هو الذي يحدد نسبة خطوط الاب الى الام ، سواء كانت الام تزال نوراتها الذكرية يدوياً او هي عقيمة سايتوبلازمياً .
ح- بذور الهجين المحصودة والمنقاة يجب ان تكون نقية 100% من اية بذور اخرى من ذات المحصول او غيره .

انتاج بذور الاصناف مفتوحة التلقيح من الذرة الصفراء :

تضم هذه الاصناف نباتات منتخبة من اصناف مفتوحة التلقيح قد لقحت ذاتياً واختبرت ذريتها قبل انتخابها صنفاً او ناتجة من تنقية عكسية لصنف جيد فيه خلط ، او انها مركبة composite من عدة مواد وراثية تلقحت عشوائياً او انها تركيبية ناتجة من خلط وتزاوج عشوائي من عدة هجن واصناف متشابهة نسبياً في الارتفاع والتزهير والحاصل الجيد . ان الصنفين الاخيرين خصوصا (المركبة والنركيبية) تكون عادة نباتاتها غير متماثلة انما متشابهة ، وكذلك عرانيصها وعدد صفوفها والوان حبوبها ، فعند التفتيش الحقلي يؤخذ بنظر الاعتبار النسب التقديرية التي دونها المربي عن تغايرات تلك النباتات وكذلك عرانيصها وحبوبها من الوان واوزان وشكل حبوبها . يوجد عالمياً صنف ذرة صفراء مفتوح التلقيح متعدد الالوان اسمه Ranibow حبوبه كلها بالوان مختلفة جذابة ، وهذه لاتدون نسبها لانها عدة الوان (غالباً اكثر من خمسة) ولكن لونين او ثلاثة تدون نسب الوانها . ان بذور هذه الاصناف هي كذلك يمكن وضعها برتبة واحدة للبيع هي المصدقة ، ولا ينصح بزراعتها لاكثر من موسمين ، لان التغايرات الجديدة ستظهر ويتغير الصنف (المركب او التركيبي المتعدد الالوان) . اما الصنف المفتوح التلقيح بلون واحد للحبوب وكذلك المركب او التركيبي

بلون واحد ، فيمكن ان يزرع لموسمين فقط ، لان التدهور سيظهر عليه عند المزارع الذي لايمكنه ضمان مادته الوراثية من الحقول المجاورة فضلاً عن الخلط من الارض او الماكنة او التعبئة ، فضلاً عن اخطاء الانسان .

اصناف زهرة الشمس :

تشمل هذه المجموعة من الاصناف كذلك انتخاب مفتوحة التلقيح من صنف مفتوح التلقيح جيد الصفات ولكن فيه خلط وراثي ، فيمكن انتخاب نباتات وتلقيحها ذاتياً اوانتخاب عكسي Reverse selection ويتم زراعة الصنف ومراقبة النباتات من البادرات حتى النضج وازالة كل نبات مغاير لمواصفات الصنف المعروفة والجيدة ، كذلك يمكن انتاج اصناف مركبة او تركيبية كما في الذرة الصفراء ، وهنا تكون المشكلة اكبر في التغايرات ، ذلك ان الصفات في زهرة الشمس محكومة بعدة ازواج من الجينات وغير معلومة على وجه الدقة ولذا يطلق عليها comlex traits لذا نجد ان هناك لوناً واحداً لكافة هجن زهرة الشمس الزيتية في العالم ، وهو الاسود . اما المخطط بشدة والابيض والالوان الاخرى فكلها غير مستقرة وراثياً ، اي تنعزل لاحقاً وهذا مايحدث لاصناف مفتوحة التلقيح غير الزيتية . فيما يلي بعض الخواص المطلوبة لانتاج بذور اساس او مصدقة من بذور اصناف مفتوحة التلقيح من زهرة الشمس ، وكما في الجدول التالي :

جدول بالنسب القصوى المسموح بها حقلياً لانتاج بذور اساس او مصدقة لكافة الاصناف المفتوحة التلقيح من زهرة الشمس .

المتغير	حقل الاساس	حقل المصدقة
نباتات مغايرة للصنف	واحد لكل 200	واحد لكل 200
نباتات هجن	واحد لكل 250	واحد لكل 250
اصابات فطرية	واحد لكل 250	واحد لكل 250
نباتات محاصيل اخرى	بلا	بلا
تغاير ارتفاع نباتات الصنف	$\pm$ 35 سم	$\pm$ 35 سم

عندما تكون نسبة التزهير بحدود 25% فلابد من تفتيشها ثم زيارة اخرى لما تكون نسبة التزهير بين 60% - 75% . تزال خلال هاتين الزيارتين كافة النباتات المغايرة قبل تزهيرها او مع بدء تزهيرها حتى ولو كانت نباتات الصنف مزهرة ، اما لو ازهرت النباتات المغايرة ، ونباتات الصنف لم تزهر بعد فلا مشكلة تكون بعد قلع هذه النباتات المغايرة ، اما بعد النضج فيمكن اجراء زيارة ثالثة والوقوف على حالة تماثل النباتات للصنف ، وان وجدت نباتات مغايرة ناضجة او نباتات ضعيفة

من ذات الصنف فلابد من قطعها وعدم ادخالها مع النباتات الخاصة بالصنف . اما عندما تحصد النباتات الناضجة وتنظف بذورها فان مواصفات البذور يجب ان تكون كما في الجدول التالي :

جدول يبين مواصفات بذور الاصناف مفتوحة التلقيح من زهرة الشمس بعد تنظيفها.

المتغير	بذور الاساس	بذور مصدقة
بذور الصنف	98% في الاقل	98% في الاقل
مواد خاملة	2% حد اقصى	2% حد اقصى
بذور اصناف اخرى	0.02%	0.03%
بذور محاصيل اخرى	بلا	بلا
بذور ادغال	بلا	بلا
بذور عصارية	2/ كغم واحد	2 / كغم واحد
نسبة الانبات الدنيا	88%	85%

ملاحظة هامة : لايمنع اختلاف الوان بذور الصنف اذا كانت قد دونت من قبل المربي ، على ان تذكر النسب التقديرية .
عينة الفحص : 5 كغم يأخذها المختص بنفسه ولايستلمها من الجهة المنتجة للبذور .

بذور الذرة البيضاء :

تتبع نفس اسس تفتيش الحقل وتصديق بذور الاساس والمصدقة لنباتات ذاتية التلقيح مع الاخذ بنظر الاعتبار الاستثناءات التالية :

1- مسافة العزل في الحقل 50 متراً فاكثر عن اي مصدر للذرة البيضاء ، واذا رأت لجنة التفتيش ان المتوك وبعض المياسم كلاهما يخرج من الزهيرات فالمفروض ان تكون المسافة 100 متر فاكثر .
2- في حالة البذور الاساس والمصدقة تعود لاصناف علفية ، فان تغاير بعض النباتات في التفرع الخضري لايؤبه له ، طالما كان الحاصل الخضري للصنف جيداً واعتمد على ذلك الاساس .
3- يكون ارتفاع النباتات بمعدل معين $\pm$ 30سم سواء كان الصنف علفياً او حبوبياً ، ولكلا رتبتي البذور .

طريقة استنباط واعتماد المواد الوراثية :

يقوم المربي باستنباط الصنف او السلالة او الهجين باحدى طرائق التربية المعروفة ، وعليه ان يتوثق من كافة الصفات الانتاجية والتحمل او المقاومة للامراض والحشرات والشدود الحية واللاحية ان وجدت . بعد ان تكون كمية البذور عنده بعدة

كيلوغرامات (وبحسب المحصول) يقدم طلباً الى اللجنة المختصة في وزارة الزراعة العراقية ، ويحصل على استمارات خاصة بالصنف ، وتقدم كافة المعلومات المطلوبة ، ويقدم كمية كافية من البذور الهدف الى اللجنة الرئيسة في وزارة الزراعة وبحسب ما تطلب منه لتقوم باصدار امر يوجه الى لجنة خاصة تقوم بزراعة تلك المادة الوراثية والتحقق منها ، فان اقتنعت بجودتها وفائدتها اصدرت امراً بالتسجيل والاعتماد ، او ربما فقط بالتسجيل على ان يقوم باكمال بعض النقاط ، والا فمن حقها رفض طلب التسجيل والاعتماد ، فان سجل واطلق ، تعين بعدها جهة اخرى لاكثار البذور الاساس والمصدقة لاعتماد الاخيرة في الزراعة .

محصول القطن :

القطن هو غالباً ذاتي التلقيح ، لكنه مع حالة تفتح ازهاره باختلاف موعد نشر حبوب اللقاح او استقبال المياسم لها ، وانتشار نشاط النحل والحشرات الاخرى فان نسبة الخلط الوراثي قد تصل 50 % او اكثر . عليه ، فان شروط حقول انتاج بذور القطن هي :

1- ان يكون حقل القطن لانتاج اية رتبة من البذور لم يسبق ان زرع بأي صنف من القطن في السنتين الاخيرتين .
2- ان يبعد حقل انتاج بذور الاساس بمسافة 500 متر فاكثر عن اي حقل لاي صنف من اصناف القطن .
3- ان يبعد حقل انتاج البذور المصدقة للصنف اكثر من 400 متر عن حقل اي صنف من القطن .
4- تقوم الجهة المسؤولة عن رعاية حقل اية رتبة من القطن بازالة اية نباتات مغايرة للصنف وقبل تفتح الازهار .
5- من حق لجنة التفتيش الحقلي ان ترفض حقل القطن لاية رتبة اذا وجدت فيه نباتاً واحداً مغايراً للصنف لكل الفي نبات قطن ، وقد تفتح واطلق حبوب لقاحه .

معايير تصديق بذور رتبتي القطن

المتغير	الاساس	المصدقة
الحد الادنى لبذور الصنف	%96	%98
الحد الاعلى للمواد الخاملة	%2	%2
بذور ادغال	صفر	صفر
بذوراصناف اخرى	صفر	صفر
بذور محاصيل اخرى	صفر	صفر
الانبات المختبري الادنى	%78	%75

عينة فحص البذور :كغم واحد يكرر ثلاث مرات من مواقع مختلفة تقوم باخذه اللجنة المختصة بالفحص .

رتبة البذور في خضرية التكاثر :

ان الاصل المتداول لاكثار اصناف وهجن نباتات خضرية التكاثر هي السيقان او الجذور او الاقلام (العقل) او الاوراق .نأخذ لذلك مثالاً محصول البطاطا الاعتيادية ، والذي تختلف رتبه من جيل لاخر ، لا لسبب وراثي ، انما لاصابة النباتات بالفايرس الذي يعد المشكلة الاساس في افساد رتب هذا المحصول الهام في العالم ، وفيما يلي موجدز لرتب هذا المحصول كأنموذج مختلف عن بقية خضرية التكاثر ، لكنه ربما الاكثر الذي يعاني تدني رتبه من جيل لاخر.

1- الرتبة العليا super elite (SE) :

هي اعلى رتبة من درنات البطاطا ، وهذه الدرنات صغيرة جداً تقريباً بحجم بذور الحمص . يتم انتاج هذه الرتبة من زراعة مرستيم طرفي لبرعم من درنة خالية من الفايرس لذلك الصنف ، اذ تفحص سيرولوجيا من قبل مختص . يزرع المرستيم على وسط غذائي في انابيب زجاجية تحت ظروف نمو مختبرية من الضوء والحرارة والرطوبة مسيطر عليها تماماً . تتكون من زراعة هذا المرستيم نموات صغيرة ، هي نبيتات plantlets ، وهذه النبيتات هي التي تحمل الدرنات هوائياً وليس داخل التربة .

2- الرتبة المتميزة elite seed (ES) :

يتم الحصول على هذه الدرنات من زراعة درنات SE في تربة نظيفة خالية تماماً من الفايرس ، ويمكن ان يكون ذلك داخل بيوت بلاستيكية مسيطر عليها تماماً من الذبابة البيضاء white fly لانها هي الاصل في نقل الفايرس الى الجزء الخضري من النبات ثم الى الدرنة .لابد من وضع قماش ململ بطبقتين اوثلاث عند مدخل كل بيت بلاستيكي او زجاجي مخصص لانتاج هذه الرتبة . تتكون درنات بقطر 3-5 سم ، وهذه الرتبة والتي قبلها تكون ذات اسعار عالية جداًبسبب كلفة انتاجها ، وغالباً ما تتحكم بها شركات معينة هي التي تشرف وتسيطر على سوق هاتين الرتبتين .

3- الرتبة class A = A :

هذه الرتبة هي التي تباع غالباً للجهات المنتجة للبطاطا الاستهلاكية من مزارعين وشركات ، وهي تنتج من زراعة (ES) في حقول نظيفة ، وعادة حجم هذه الدرنات بمعدل حجم بيضة الدجاج ، وبزراعة هذه الرتبة يتم الحصول على الرتبة B التي هي مخصصة للاستهلاك ، واحياناً يقوم بعض المزارعين بزراعة الرتبة B ، وحاصلها اقل بكثير من حاصل الرتبة A ، لكنهم ينظرون

الى سعر الرتبة A وعمليات الخدمة الضعيفة لديهم ، فلايضحون بمالهم الذي لايمكنهم تطوير زراعتهم بسهولة لعدة اسباب .

ان افضل حاصل اطلعت عليه عالمياً من زراعة الرتبة A هو بحدود 170 طن للهكتار ، اي بحدود 42 طن للدونم العراقي ، بينما معدل انتاج المزارعين الجيدين عندنا في العراق هو بين 10 – 15 طن للدونم ، ولكن معظم المزارعين في العراق انتاجهم للاسف اقل من 10 طن للدونم . ان افضل محافظتين في العراق مناسبتين لانتاج الرتبة A من البطاطا هما محافظة نينوى ومحافظة الانبار ، بسبب خلوها عموماً من الذبابة البيضاء .

الفصل التاسع عشر

بعض المقاييس الهامة في تربية النبات

عندما يقوم مربي النبات باستنباط صنف او سلالة او هجين ، لابد له ان يقوم بقياسات حقلية لتلك النباتات لتثبيتها من جهة وليعرف مدى تغايرها من موسم لاخراومن موقع لاخر . ان من بين اكثر القياسات حاجة على النباتات هي المساحة الورقية وارتفاع النبات ووزن المادة الجافة ، وعمق الجذور ، ووزن الجذور ، وغير ذلك .

ارتفاع النبات :

يقاس ارتفاع النبات في الحنطة والشعير والشوفان من سطح التربة لغاية قاعدة ورقة العلم ، وهذه المسافة هي التي تحدد فعلاً ارتفاع النبات ، ذلك ان حامل السنبلة قد يستطيل بصورة مختلفة ، مع ذلك ، فان من حق مربي النبات بعد قياس ارتفاع الساق ، ان يقيس ارتفاع النبات الكلي ، وذلك من سطح التربة لغاية اعلى السنيبلات موجودة على السنبلة ولايدخل في ذلك طول السفا ، اما في زهرة الشمس ، فان قياس ارتفاع الساق هو من سطح التربة لغاية قاعدة القرص ، ولا نقوم بهذا القياس الا بعد اكتمال التزهير ، لانه باكتمال التزهير يتوقف ارتفاع النبات عموماً كما يتوقف اتساع المساحة الورقية . اما في الذرة الصفراء والبيضاء ، فان ارتفاع الساق هو من سطح التربة لغاية قاعدة ورقة العلم ، ويمكن قياس ارتفاع النبات الكلي بادخال النورة الذكرية وحاملها معه ، او قياسها لوحدها ، وتحديد عدد افرعها ، اما نباتات القطن فانها تحتاج لحساب عدد الافرع لانها مرتبطة بعدد الازهار وعدد الجوز ، فضلاً عن معدل ارتفاع النبات .

قطر الساق :

يحدد قطر الساق وتماسكه عموماً مرونة الساق elasticity ، وهي تعطيه مقدرة عالية على تحمل الرياح العاصفة ، فكلما كان الساق دقيقاً كان مرناً elastic وقل معه اضطجاع (lodging) النبات ، عليه يقاس قطر ساق النبات عند منتصف ارتفاع الساق باستخدام (الفيرنية) وهذا يصح على كافة النباتات القائمة ، ويمكن كذلك استخراج حجم الساق للنبات الواحد في نباتات الذرة الصفراء والبيضاء وزهرة الشمس ، باعتباره اسطوانه ، ويستخرج الحجم من حاصل ضرب مربع نصف القطر ×3.1416 × ارتفاع النبات.

عدد اوراق النبات :

يحسب عدد اوراق النبات كذلك عند اكتمال تزهير النبات وفي هذه المرحلة تكون عدة اوراق عند قاعدة النباتات اصبحت طفيلية ، فتراها مصفرة او جافة ،

وبذا فان عدد الاوراق الذي نحتاج ان نقيسه هو عدد الاوراق الفعالة functional leaves لانها هي المسؤولة عن صنع الغذاء اثناء مرحلة التزهير التي تمد البذور بالغذاء ، ومسؤولة عن حجم SCC للنبات ! هنالك اوراق صغيرة تكون حول قرص زهرة الشمس ، يمكن تقدير ثلاث او اربع منها لتساوي اعلى ورقة في النبات الواقعة تحت هذه الاوراق الصغيرة ، كما يمكن حساب عدد الاوراق الكلي صفة اضافية اخرى للنبات لتشمل الحية والميتة والصغيرة والكبيرة .

موعد التزهير :

تحسب المدة من رية الزراعة لغاية 50% -75% تزهير هي المدة اللازمة للتزهير لذلك الصنف ، وتحديد 75% تزهير هي افضل من 50% ، وكنت اوصي طلبتي بتدوين 90% - 95% تزهير للنباتات لانها هي الغالب سواء في التزهير او النضج الفسلجي او نضج الحصاد ، ذلك انها تشمل واقع غالب حال نباتات الحقل من البزوغ حتى جمع الحاصل .من الضروري لدى تقدير نسبة التزهير اخذ عدة خطوط من النباتات ونحسب كم نبات في الخط لم يزهر بعد ، ولما كان معدل عدد نباتات الخط معلوماً لدينا ، فان العدد الباقي هو النباتات المزهرة . اما المدة من التزهير الى النضج ، فتحسب من تاريخ تدوين 90% مثلاً تزهير لغاية 90% نضج فسلجي او حصاد من النباتات او الرؤوس ، وهذه المدد من الرية الاولى الى التزهير ، ثم من التزهير الى النضج الفسلجي تعطي صورة واضحة عن معدل النمو في نبات الصنف لبلوغ التزهير ، ثم سرعة التحول من التزهير الى النضج ، فاذا طالت المدة من التزهير الى النضج ، ومعدل النمو للصنف جيد فاننا نتوقع للصنف ان يعطينا حاصلاً عالياً .تختلف الاصناف بشكل محدود بحسب الجنس من مرحلة النضج الفسلجي الى الحصاد ، فمثلاً في الشعير تكون المدة بحدود اسبوعين فيما تكون في الحنطة بحدود ثلاثة الى اربعة اسابيع ، ولكن بين اصناف النوع الواحد يوجد تشابه كبير .

تقدير المساحة الورقية :

بالنسبة لمحاصيل الحنطة والشعير والشوفان والذرة البيضاء فان قياس المساحة الورقية لساق النبات نعتمد على معادلة وضعت منذ اكثر من مائة عام ، ولازالت مستخدمة ، وهي قياس طول الورقة من قاعدة اتصالها حول الساق الى ابعد نقطة فيها خضراء كانت او جافة ، ثم يقاس العرض الاقصى للورقة ، وذلك بتحويل شريط القياس عند منتصف الورقة فنعرف اقصى عرض لها ، ثم يضرب الطول × العرض الاقصى ×0.75 لنحصل على المساحة الخاصة بتلك الورقة ، ثم نأخذ الاخرى والاخرى ، وهكذا حتى نجمع المساحة الورقية للساق الواحدة في كل من الحنطة والشعير والشوفان ، ولايصح علمياً ان نقول المساحة

الورقية للنبات لمثل هذه المحاصيل لانها غير منفصلة عن بعضها البعض .اما لقياس المساحة الورقية للذرة الصفراء ، فهناك عدة معادلات ، لكنها متقاربة في نتيجة التقدير ، ذلك انه توجد حالة نقول فيها قياس ارتفاع الساق ، فهو قياس ثابت لو قاسه شخص آخر لحصل على نفس القراءة طالما يتبع نفس المبدأ ، ولكن بالنسبة للمساحة الورقية فهي تقدير estimation وهو مختلف عن measurement اي قياس ، وهنالك تعبير ثالث ايجاد determination وربما هو يصح على الحالتين معا ، ولكن استخدام ذلك التعبيرين افضل لما في كل منهما من معنى علمي محدد. هنالك مجموعتان من اصناف الذرة الصفراء ، القصيرة المبكرة ، والمتوسطة النضج العالية نسبياً ،اما تلك المتأخرة والمرتفعة جداً التي تنمو في مناطق دول خط الاستواء فلا نحتاج للتطرق اليها لعدم زراعتها لدينا ، بل وحتى في كافة اقطار الوطن العربي . وضع (Elsahookie 1985) معادلتين لتقدير المساحة الورقية لنباتات المجموعتين ، المبكرة وفيها معدل 11 ± 1 ورقة واحدة ، والمتوسطة النضج التي فيها 14 ± 1 ورقة واحدة ، وذلك باخذ طول ورقة واحدة التي هي تحت ورقة العرنوص اعطيت الرمز (L^2 b) حيث المساحة الورقية لنبات الذرة الصفراء المبكرة ذات الاوراق 10-12 ورقة للنبات = $0.64 \times L^2 b$

والمساحة الورقية لنبات الذرة الصفراء ذات اوراق 13-15 ورقة فعالة = $L^2 b$ $\times 0.75$ ، ويمكن اعداد جدول باطوال الاوراق المتوقعة ولتكن مثلاً من 80 الى 110 سم ، وبحسب معرفة الباحث للصنف الذي يعمل عليه ، ويستخرج مربعاتها وبضربها × الثابت المذكور ، ثم يذهب ويقيس اي عدد يريده من الاوراق ، اي يقيس طول الورقة التي تقع تحت ورقة العرنوص ، وبالاستعانة ببيانات الجدول يحصل على كافة المساحات الورقية التي يحتاجها لقياساته ، ان ابسط من ذلك هو الاستعانة بالجدولين الذين تم اعدادهما من قبل (Elsahookie و Cheyad 2013) وكما يلي :

طول ورقة تحت ورقة العرنوص (سم) والمساحة الورقية (سم^2) للنبات التي تقابلها لاصناف الذرة الصفراء التي عدد اوراقها الفعالة $\pm$14 1

طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة
50.0	1875	62.0	2883	74.0	4107	86.0	5547	98.0	7203
50.5	1913	62.5	2930	74.5	4163	86.5	5612	98.5	7277
51.0	1950	63.0	2977	75.0	4219	87.0	5677	99.0	7351
51.5	1989	63.5	3024	75.5	4275	87.5	5742	99.5	7425
52.0	2028	64.0	3075	76.0	4332	88.0	5808	100.0	7500
52.5	2067	64.5	3120	76.5	4389	88.5	5874	100.5	7575
53.0	2106	65.0	3169	77.0	4447	89.0	5941	101.0	7651
53.5	2146	65.5	3218	77.5	4505	89.5	6008	101.5	7727
54.0	2187	66.0	3267	78.0	4563	90.0	6075	102.0	7803
54.5	2228	66.5	3317	78.5	4623	90.5	6143	102.5	7880
55.0	2268	67.0	3366	79.0	4681	91.0	6211	103.0	7957
55.5	2310	67.0	3417	79.5	4740	91.5	6279	103.5	8034
56.0	2352	68.0	3468	80.0	4800	92.0	6348	104.0	8112
56.5	2394	68.5	3519	80.5	4860	92.5	6417	104.5	8190
57.0	2437	69.0	3571	81.0	4921	93.0	6487	105.0	8269
57.5	2479	69.5	3623	81.5	4982	93.5	6557	105.5	8348
58.0	2523	70.0	3675	82.0	5043	94.0	6627	106.0	8427
58.5	2567	70.5	3728	82.5	5105	94.5	6698	106.5	8507
59.0	2611	71.0	3781	83.0	5167	95.0	6769	107.0	8587
59.5	2655	71.5	3834	83.5	5229	95.5	6840	107.5	8667
60.0	2700	72.0	3888	84.0	5292	96.0	6912	108.0	8748
60.5	2745	72.5	3942	84.5	5355	96.5	6984	108.5	8829
61.0	2791	73.0	3997	85.0	5519	97.0	7057	109.0	8911
61.5	2837	73.5	4052	85.5	5547	97.5	7130	109.5	8993
								110.0	9075

طول ورقة تحت ورقة العرنوص (سم) والمساحة الورقية (سم^2) للنبات التي تقابلها لاصناف الذرة الصفراء التي عدد اوراقها الفعالة $\pm$11 1

طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة	طول الورقة	مساحة الورقة
50.0	1625	62.0	2499	74.0	3560	86.0	4807	98.0	6243
50.5	1658	62.5	2539	74.5	3608	86.5	4863	98.5	6306
51.0	1691	63.0	2580	75.0	3656	87.0	4920	99.0	6371
51.5	1724	63.5	2621	75.5	3705	87.5	4977	99.5	6435
52.0	1758	64.0	2662	76.0	3754	88.0	5034	100.0	6500
52.5	1792	64.5	2704	76.5	3804	88.5	5091	100.5	6565
53.0	1826	65.0	2746	77.0	3854	89.0	5149	101.0	6631
53.5	1860	65.5	2789	77.5	3904	89.5	5207	101.5	6696
54.0	1895	66.0	2831	78.0	3955	90.0	5265	102.0	6762
54.5	1913	66.5	2874	78.5	4005	90.5	5324	102.5	6829
55.0	1966	67.0	2917	79.0	4057	91.0	5383	103.0	6896
55.5	2002	67.0	2962	79.5	4108	91.5	5442	103.5	6963
56.0	2038	68.0	3006	80.0	4160	92.0	5502	104.0	7030
56.5	2075	68.5	3050	80.5	4212	92.5	5562	104.5	7098
57.0	2112	69.0	3095	81.0	4265	93.0	5622	105.0	7166
57.5	2149	69.5	3140	81.5	4317	93.5	5682	105.5	7235
58.0	2186	70.0	3185	82.0	4371	94.0	5743	106.0	7303
58.5	2224	70.5	3231	82.5	4424	94.5	5805	106.5	7372
59.0	2263	71.0	3277	83.0	4479	95.0	5866	107.0	7442
59.5	2301	71.5	3323	83.5	4532	95.5	5928	107.5	7512
60.0	2340	72.0	3370	84.0	4586	96.0	5990	108.0	7582
60.5	2379	72.5	3417	84.5	4641	96.5	6023	108.5	7652
61.0	2419	73.0	3464	85.0	4696	97.0	6116	109.0	7725
61.5	2458	73.5	3511	85.5	4752	97.5	6179	109.5	7794

المساحة الورقية للذرة البيضاء :

ربما تكون آلية العمل لتقدير المساحة الورقية في الذرة البيضاء ابسط مما وجدناه في الذرة الصفراء ، اذ نقوم بقياس طول الورقة الرابعة بدءاً من الاعلى الى الاسفل ، اذ يقاس الطول والعرض الاقصى لتلك الورقة وتضرب × 6.18 فنحصل على المساحة الورقية الكلية للنبات ، ثم بالنظر الى الجدول الجاهز كما هو منقول هنا ، ننظر مقابل مساحة الورقة الواحدة للنبات والتي هي الرابعة من

الاعلى (طولها × عرضها الاقصى × 0.75) (Elsahookie و Cheyad 2014) وباستخراج مساحتها ننظر كم يقابلها من المساحة الورقية الكلية للنبات من الجدول مباشرة .

متوسط المساحة الورقية الكلي ومتوسط المساحة الورقية للورقة الرابعة (سم^2 للنبات) للذرة البيضاء

ت	المساحة الورقية		ت	المساحة الورقية		ت	المساحة الورقية		ت	المساحة الورقية		ت	المساحة الورقية	
	الكلية	للورقة4		الكلية	للورقة4		الكلية	للورقة4		الكلية	للورقة4		الكلية	للورقة4
1	4110.7	425.3	25	4387.5	532.5	49	2925.8	330.7	73	3698.2	414.0			
2	3072.0	492.0	26	5103.8	618.7	50	3790.5	414.0	74	3041.3	357.0			
3	3089.3	355.5	27	3875.2	420.0	51	4068.7	438.0	75	5601.7	651.7			
4	3969.7	450.0	28	3083.3	420.0	52	4306.5	562.5	76	3888.8	486.0			
5	4349.3	533.5	29	3859.5	510.0	53	5522.3	610.5	77	3873.0	519.8			
6	4768.5	615.0	30	3979.5	452.3	54	3854.2	533.3	78	4225.5	513.0			
7	4128.2	553.5	31	3258.7	420.0	55	3432.8	492.7	79	3628.5	519.7			
8	2989.5	367.5	32	3972.8	396.0	56	3318.7	432.0	80	4310.3	570.0			
9	3305.5	450.0	33	3722.5	438.0	57	5046.0	627.0	81	2465.2	309.8			
10	4374.7	492.7	34	4406.5	570.0	58	3939.8	486.0	82	3598.5	420.0			
11	4566.7	510.0	35	3552.0	367.5	59	2967.7	357.0	83	4977.0	570.0			
12	4374.7	486.0	36	3996.7	468.0	60	4908.8	555.0	84	4924.5	594.0			
13	3828.0	438.0	37	4059.8	540.0	61	5575.5	635.3	85	4830.0	585.7			
14	2252.2	360.0	38	3203.2	459.0	62	5689.7	684.7	86	4248.8	492.7			
15	4791.0	555.0	39	4393.5	479.3	63	3620.3	402.0	87	3263.2	432.0			
16	5457.0	684.0	40	5516.3	684.7	64	4491.5	577.5	88	2907.0	262.5			
17	4469.3	570.0	41	3405.8	432.0	65	3870.7	393.7	89	3916.5	510.0			
18	4558.5	570.0	42	3918.7	502.5	66	4950.8	570.0	90	2824.5	230.3			
19	4416.7	513.0	43	2453.2	270.0	67	4816.5	547.5	91	5204.7	702.0			
20	3763.8	492.7	44	4466.3	510.0	68	3736.5	432.0	92	3183.8	378.0			
21	4578.0	547.5	45	3990.0	479.3	69	3117.7	438.0	93	3176.2	354.0			
22	3871.5	513.0	46	3315.7	450.0	70	5665.5	618.7	94	4323.0	660.0			
23	3744.7	450.0	47	3206.3	378.0	71	4811.3	562.5	م.ط	4035.2	485.1			
24	4514.2	585.0	48	3985.5	479.3	72	4317.0	502.5	ق.r	0.888***				

المساحة الورقية لزهرة الشمس :

توجد ابحاث محدودة فيها معادلات لتقدير المساحة الورقية لنباتات زهرة الشمس ، كان من بين تلك الابحاث مانشره (Elsahookie و Eldabas 1982) ، ثم كانت المعادلة التي نشرها بعد ذلك (Haradan Elsahookie 2014) ، حيث تم استخراج المعادلة الاولى المنشورة في البحث المذكور عام 1982 ، وتم اعداد جدولين بالمساحة الورقية لاثنين من اصناف زهرة الشمس ، احدهما زيتي عدد اوراقة اقل ، والثاني لازيتي ، وعدد اوراقة اكثر ، وبذا فان الثابت المستخدم في المعادلتين سيختلف ، وتختلف بذلك طريقة تقدير المساحة الورقية . في كلا الصنفين نقوم بحساب عدد لفات الاوراق بدءاً باعلى النبات ، وكل لفة

تتكون من ثلاث اوراق ، وبذا وجد انه في الصنف الزيتي تكون اللفة السادسة هي الافضل لتقدير المساحة الورقية ، وفي الصنف اللازيتي ، اللفة الخامسة .

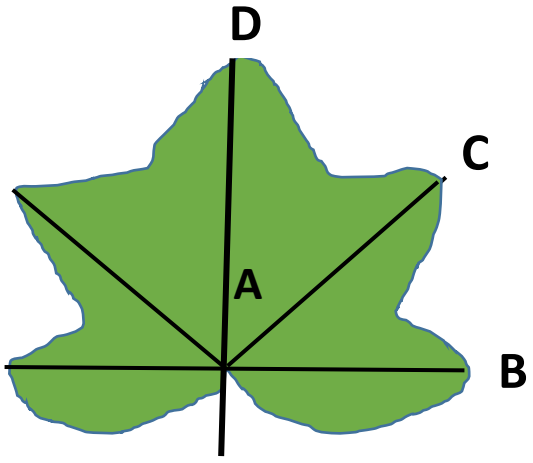
Plant leaf area of oil sunflower = $4.31 \times \text{Ɛ}wi^2$ w5

Plant leaf area of non- oil sunflower = $4.04 \times \text{Ɛ}wi^2$ w6

اذ ان W5 و W6 هي الاوراق الثلاث في اللفة الخامسة والسادسة فيما يكون Wi^2 هو مربع عرض اوراق اللفة المدروسة وبجمع مربعات عرض الاوراق الثلاث من اللفة ($\text{Ɛ}wi^2$) نحصل على مجموع مساحة يضرب بالثابت كما مبين في المعادلتين المذكورتين ، فنحصل على كامل المساحة الورقية للنبات ، وذلك من خلال قياس العرض الاقصى لثلاث اوراق في اللفة الخاصة بالصنف وبدءاً من الاعلى .

المساحة الورقية للقطن :

ان عدد اوراق نبات القطن كبير جداً بالنسبة لاوراق الحبوبيات الكبيرة مثل الذرة الصفراء والبيضاء او زهرة الشمس او التبغ ، وبذا لابأس بتقدير المساحة الورقية للنبات الواحد بقياس ابعاد 10-15 ورقة واخذ معدل مساحتها وضربها في عدد اوراق النبات الفعالة اي تستبعد الصغيرة جداً والصفراء والميتة وضع (Johnson 1967) معادلته لتقدير المساحة الورقية للقطن باعتماد بعد واحد فيها وتربيعه ثم ضربه × ثابت (1.33) ، وذلك بحسب الشكل التالي للورقة ، اذ انه استخدم بضعة ابعاد ، وظهر ان البعد الذي يعطي افضل تقدير للمساحة الورقية الواحدة كان هو البعد (AC) مقارنة مع البعدين (AB) و (AD) وقد قمت بالتحقيق منه على ورقة بيانية ومقارنته مع مساحة ورقة القطن الحقيقية ، فكان فعلا هو الافضل ، وبذا فان مساحة الورقة الواحدة في القطن تساوي = $(AC)^2 \times 1.33$ ، تستخرج لعدة اوراق عشوائياً تمثل نباتات المعاملة ، ثم يضرب معدل مساحة الورقة × مجموع عدد اوراق النبات الواحد للحصول على المساحة الورقية لنبات تلك المعاملة او الصنف.



المساحة الورقية للتبغ :

قام عدة باحثين بتقدير المساحة الورقية بمعادلات خاصة لذلك المحصول وكما مر بنا في هذا الفصل من الكتاب . اما عن تقدير المساحة الورقية لنبات التبغ ، فقد قام باحثون (Elsahookie و Ibraheem و Yunan 1993) بأخذ عدة عينات على نباتات تبغ مزروعة في الحقل ، وقيست المساحة الورقية الفعلية على ورق بياني ، وكان مجموع الاوراق قيد التقدير 450 ورقة مختلفة الابعاد ، قيست اطوال الاوراق وربعت وضربت × ثابت وقورنت القيم الناتجة مع المساحات الفعلية للاوراق التي رسمت وحسبت على ورق بياني وتم التحقيق من عدم وجود فرق معنوي بين الحالتين ، والمعادلة هي :

$$\text{Tobacco plant leaf area} = 0.4 \sum L^2 i$$

حيث ان L هو طول الورقة يربع ثم يجمع لاوراق النبات كلها ، اي يضرب مجموع مربعات اطوال كافة اوراق النبات × الثابت (0.4) لنحصل على المساحة الورقية الكلية للنبات الواحد ، وهكذا لبقية النباتات في المعادلة .

الفصل العشرون

تربية النبات والوراثة الجزيئية

انتشرت نباتات المحاصيل المعدلة الوراثية (GMC) genetically modified crops بصورة واسعة في عدة دول في العالم . تزرع هذه المحاصيل بمساحات تتجاوز 200 مليون هكتار . من بين اهم تلك المحاصيل الذرة الصفراء والقطن والصويا التي تحمل جينات المقاومة اما للمبيدات ، وخصوصاً مبيد glyphosate الواسع الانتشار في العالم ، او لمقاومة حشرة دودة القطن والمسمى Bt cotton . تتقدم دول كل من الولايات المتحدة والارجنتين والصين في المساحات الاكبر التي تزرع تلك المحاصيل . ان طرائق التربية التقليدية قد تواجه بعض الصعوبة في استنباط صنف او سلالة من دون وجود بعض الصفات غير المرغوبة التي تأتي مع جينوم ذلك المحصول ، كما انها تحتاج مدة اطول . اما في حالة اعتماد طرائق النقل الوراثي فانها قد تنجز العمل خلال عام او عامين ، ذلك انها تنقل زوج الجينات المطلوب الى النبات الهدف . ظهرت ولازالت تظهر معارضة شديدة في شعوب عدة دول ضد زراعة مثل هذه المحاصيل ، وذلك لتلاعب الانسان بجينات المحصول بشكل لايمكن التنبؤ باضراره للانسان والحيوان والبيئة مستقبلاً ،على حد زعمهم . عليه فقد شرعت تلك الدول عدة قوانين تتعلق بمنع او تقييد زراعة بعض تلك المحاصيل على اراضيها ، أوادخالها من دول اخرى . من بين افضل الطرائق المعتمدة في اختبار التعديل الوراثي للمحصول هي طريقة rt– PCR (real time polymerase chain reaction –) اذ ان هذه الطريقة لها المقدرة على تحديد فيما اذا قد ادخل DNA غريب الى ثمار او بذور ذلك المحصول ، وذلك بأعتماد الفحص عن بروتين 35S وكذلك terminntiong genes القادمة من بكتريا Agrobacterium ، على ان 35 S قد يدخل البذور عند التلوث بالفايرس ، فيؤثر ذلك في دقة الاختبار.

تضاعف الجينوم ploidy and polyploidy :

كان الكثير من مربي النبات سابقاً يعتقدون ان تضاعف جينوم المحصول قد يؤدي الى استنباط اصناف جديدة ذات انتاجية افضل او نوعية افضل ، غير انه ماتم اثباته

في السنوات الاخيرة هو ان التضاعف يفيد في زيادة تطبع المحصول لعدة بيئات فيها عوامل شد معينة ، وهذا ايضاً يفيد في بعض البيئات لتحمل الجفاف او الملوحة او الحرارة العالية ... الخ . تتم مضاعفة جينوم النبات باحدى الطرائق التي سبق وان ذكرت آنفاً . ربما من بين اهم فائدة لتضاعف الجينوم هي في تطوير سلالات haploid يحصل عليها من زراعة حبوب اللقاح او المتوك ، اذ تزرع نسيجياً ثم انتاج نبيتات plantlets من الزراعة النسيجية ، ثم تنقل الى البيت الزجاجي المكيف وتضاعف فنحصل على double hapoid DH سلالات عالية التماثل الجيني highly homozygous ، وهذه الطريقة هي التي جعلت وتجعل كافة الهجن الاجنبية الداخلة الينا عالية التماثل في الحقل ، سواء في الارتفاع او التزهير او النضج او حتى حاصل النبات . هنالك حالات قد لايحدث فيها تضاعف الجينوم كاملاً مثل الذي ذكرناه ، والذي يطلق عليه تضاعف كامل او حقيقي (euploidy) اما التضاعفات الاخرى فهي الناقصة uneuploidy ، وكلاهما يحدث في الذرية التي فيها كرموسومات من ذات الجينوم ، اما في حالة وجود كروموسومات من جينوم مع اخرى من جينوم آخر ، كما هو الحال في تزاوج الشيلم مع حنطة الخبز او المعكرونه ، ثم تضاعف الذرية ، فذلك يسمى التضاعف المختلف (alloploldy) . نعود الى حالات عدم التضاعف التام ، نذكر بعضها .

Nullisomic : هذا التضاعف ينقصه اثنان من الكروموسومات (2X-2) .

Monosomic: وهو تضاعف ينقصه كرموسوم واحد (2X-1) .

Trisomic : تضاعف فيه الكرموسوم واحد تضاعف ثلاث مرات (2X +1) .

ان هذا الاخير يحصل في الانسان كذلك وهو المنغولية mongollsm) وتترتب عليه تشوهات خلقية في العيون والشفتين وشكل الرأس وطبيعة الدماغ ، فيكون الشخص اقل ذكاء واقل عمراً من غيره .

Tetrasomic : 2X+2 تضاعف في كرموسومان تضاعفا اربع مرات .

Triploid : 3X تضاعف جينوم الفرد ثلاث مرات ، وبذا فان كرمومو‌سومات هذا الفرد لايمكن ان يحدث فيها synapsis اثناء الانقسام الخلوي ، فتكون هذه الافراد عقيمة غالباً . هنالك ايضاً تضاعفات tetraploid ، و hexaploid و octaploid وهي الرباعية والسداسية والثمانية ، وكثير من المحاصيل موجودة هكذا في الطبيعة. حنطة المعكرونه هي رباعية ، وحنطة الخبز سداسية ، وعندنا محصول من انتاج الانسان وهو القمح الشيليمي منه اصناف ثمانية وسداسية ، وكذلك فان الشليك strawberry هو نبات ثماني الجينوم بطبيعته . يعزى تحمل نباتات الحنطة والشعير والقطن لشدود الملوحة والجفاف الى كونها نباتات ذات جينوم مختلف alloploidy .

القمح الشيلمي Triticale :

استنبط ومنذ عشرات السنين محصول القمح الشيليمي وذلك من تضريب الشيلم (rye) = 2X مع حنطة الخبز (6X) وكذلك مع حنة المعكرونه (4X) .نتج من التضريبين الاول ذرية تحمل (4X) ومن الثاني (3X) ولكي يستقر النبات في صفاته ولاينعزل ، تمت مضاعفة لبذريتين لتصبحا (8X) و (6X) وكلاهما خصب ، ولازالت عدة اصناف تزرع منه في العالم ، خاصة في الترب الحدية الفقيرة الخصوبة ، وبذا فان كلا النوعين من التضريبين هما (alloploidy) . اما في مجال الخضر ، فمن بين امثلة ذلك انه تم الحصول على هجين من الرقي (3×) فهو عقيم ، وكان ذلك بهدف تسهيل تناول لب الرقي دون المضايقة من وجود بذوره مع اللب في الفم ، غير ان ذلك الهجين لم ينتشر في السوق الامريكية والاوربية ، وقد تم الحصول عليه من تضريب صنفين من الرقي احدهما (2×) والثاني (4×) .اما فيما يخص الفاكهة ، فكان من بين اوائل المنتجات الجديدة هو انتاج برتقال ابو السرة (navel orange) وهو كذلك عقيم البذور ، كذلك انتاج عنب عديم البذور وعقيم (3×) والمسمى Thompson seedless .ان هذا البرتقال المذكور والعنب يتم اكثارهما خضرياً ، ولايزالان ينتجان بصوره جيدة في الاسواق العالمية المختلفة . هذا ومع كون ان تكاثر البرتقال هو بالتطعيم والعنب بالاقلام ، ولكن مع ذلك تظهر بعض الثمار فيها بعض البذور ، ويعزى ذلك الى حدوث انحراف في استنتساخ المادة الوراثية من خلال mRNA فتظهر بعض الازهار خصبة ، فتعطي ثمارها بعض البذور .

ان حالة monosomic قد اعتمدت ولازالت تعتمد في الدراسات الوراثية ، وذلك لامكانية تشخيص جينات معينة على الكرموسوم المفقود ، وذلك باختفاء بعض الصفات . اذا كان الفرد ثنائي المجموعة (diploid) مثل Aa فان الامشاج الناتجة منه تكون A وa ، غير انه لو ضوعف جينوم هذا النبات واصبح (AAaa) فانه سيعطي امشاجاً من نوع واحد فقط هو Aa ، اما لو كانت التوليفة الجينية هي Aaaa فانه سيعطي نوعين من الامشاج هما aa وAa وهذا لوراثة الجنين ، اما السويداء في هذا التركيب فانها ستكون اما Aaa او aaa وذلك بحسب طبيعة توزيع الجينات عند الانقسام الاختزالي .

هنالك اصطلاح يستخدم في دراسة وراثة النبات وكذلك في تربيته وهو karyotype ، وهو يتضمن دراسة الاحياء في الدراسات الخلوية ، وخاصة للافراد الناتجة من زراعة حبوب اللقاح او المتوك والتي تمت فيها مضاعفة الجينوم بأية طريقة .

تربية النبات والوراثة الجزيئية :

يمكن القول او اولى بدايات علم الوراثة الجزيئية Molecular Genetics قد بدأت مع اكتشاف الباحثة Barbara McClintoc عام 1956 لعناصر صغيرة جداً موجودة في الخلية الحية سميت بالعناصر المنتقلة Transpasable Elements وأن هذه الاجزاء الصغيرة يبلغ عددها في خلية الانسان بحدود 3 ملايين قطعة ، وبذا فانها تعادل في وزنها الجزيئي حوالي نصف جينوم المادة الوراثية في خلية جسم الانسان ، حتى عرف عنها انها ذات علاقة كبيرة في اصلاح الضرر الواقع على DNA الخلية نتيجة تاثير بعض حالات الشد الحيوي واللاحيوي . ازداد وتوسع البحث العلمي حول هذه العناصر منذ عام 1980 ، ونشرت عشرات الالاف من الابحاث حولها وظهرت عدة مجلات علمية تنشر مثل هذه الابحاث مثل Genome و Euphytica و Plant Mol.Biology وMaydica و Plant Cell Report و Theor. and Applied Genetics و Plant cell و PNAS وغيرها .

ان الفرق الاساس في التعامل مع المحصول باعتماد . طرائق التربية التقليدية او الوراثية الجزيئية هو انه في الاولى يتعامل الباحث مع كامل الجينوم في النبات فتظهر صفات احيانا غير مرغوبة وهي مرتبطة بصفات جيدة فيصعب التخلص منها ، بينما يتعامل الباحث في طرائق الوراثة الجزيئية مع بعض مواقع الجينات الكمية quantitative trait loci (QTL) معينة يضيفها الى ذلك النبات من دون تاثير في صفات اخرى ، بل اليوم يتعامل الباحث مع نيوكليتايدات معينة ، يضيف او يحذف ومن خلال تكنيك اصبح مشهوراً اليوم باسم CRISPR وهو من تكنيك Gene Editing ، وقد نشر عنه الى اليوم لحد علمي اكثر من عشرة الاف بحث ، والعمل مستمر به على عدة محاصيل خضر وحقل وفاكهة . لذا فان العمل بطرائق التربية التقليدية يستغرق عدة سنوات لاستنباط سلالة او هجين ، فيما يمكن فعل ذلك في موسمين تقريباً بالطريقة الجزيئية المذكورة . من الجدير بالذكر ان هذه الطريقة لايمكن بها التلاعب بجينات عدة صفات حالياً مثل الطرائق التقليدية ، وبذا لازالت طرائق التربية التقليدية هي التي تحتل الصدارة في استنباط السلالات والهجن المختلفة ولو لبعض المراحل من خطة عمل البرنامج .

تحتاج الوراثة الجزيئية الى معدات علمية خاصة عالية الدقة وكيمياويات مختلفة مثل المسبار (probe) ، والذي هو تتابع معلوم من DNA يستخدم لتشخيص الجين او البروتين بعد تهجينه مع DNA النبات المجهول كذلك تحتاج الى بادئات (primers) عديدة والذي احدها عبارة عن خيط واحد من DNA او RNA معلومة النيوكليتايدات فيه ، ويفيد في ربط واستنساخ قطع DNA المطلوبه بوجود انزيم polymerase لربط قطع DNA مع بعظها ، وغيرها كثير .

اهم طرائق الاختبار في الوراثة الجزيئية

1- RFLP Restricted Fragment Length Polymorphism
2- RAPD Randomly Amplified Polymorphic DNA
3- PCR Polymerase Chain Reaction
4- AFLP Amplified Fragment Length Polymorphism
5- SNP Single Nucleotide Polymorphism

يعد هذا التكنيك هو الاحدث والابسط من بين الطرائق التي ذكرت في اعلاه ، وهو تكنيك له قدره عالية في تحديد طبيعة تقطيع او تتابع DNA كرموسوم النبات الهدف .

6- CRISPR / Cas9

هواحدث طريقة شائعة عالمياً اليوم في موضوع التحرير الجيني gene editing ، وهو اصلاً يعتمد على استخدام RNA لتحديد جين معين او SNP او ادخال او حذف في خلايا النبات او الحيوان . يحتاج هذا النظام الى اثنين من المكونات هما Cas9 وهو endonuclease و guide RNA (sgRNA) وهو الذي يقود Cas9 الى الموقع المطلوب في جينوم الخلية ويعطي طبيعة التتابع للنيوكيتايد في ذلك الموقع . يقوم Cas9 بفك خيطي DNA ويشقهما عن بعضهما بوساطة guide RNA . ان المصطلح CRISPR هو اختصار للكلمات clustered regularly interspaced short palindromic repeats وتعني كلمة palindromic طبيعة تتابع قطعة DNA او RNA باتجاه معين ، مثل ان تكون $\overline{3}$ باتجاه $\overline{5}$ او $\overline{5}$ باتجاه $\overline{3}$ وعلى كامل خيط DNA او RNA .

بعض المفاهيم في الوارثة الجزيئية

تقدر الابعاد على الكرموسوم في علم الوراثة التقليدية بوحدات موركن وسنتي موركن ، وذلك تخليداً لاسم باحث على الوراثة Morgan . اما بالنسبة للابعاد الدقيقة بين موقع وآخر فيستخدم المايكرون (μ) والذي يساوي 10^{-6} متر ، وكذلك يستخدم المليمايكرون (m μ) والذي يساوي 10 وحدات Angstrom ، اي ان كل A^0 = عشر نانومتر . ان من بين اكثر الاحياء دراسة وراثية هي بكتريا القولون E.coli ويبلغ طول الكرموسوم فيها 1.7 مايكرون وقطره 0.65 مايكرون ، وقد شخصت في هذه البكتريا حوالي 3500 زوج من الجينات . اما في الانسان ، فان معدل طول الكرموسوم هو 5 مايكرون وقطره مايكرون واحد فقط . ان الطفرة التي تحدث في افراد الكائنات الحية هي نتيجة تغير عدد القواعد النايتروجينية او الكودونات او تسلسلها للجين ، اما اذا تغير زوج واحد فاكثر من

القواعد النايتروجينية ، فان الطفرة تسمى point mutation اذ انها تكون اقل وضوحاً في صفات الكائن الحي مقارنة مع الطفرة الاعتيادية . بالنسبة لحجم الجين في بعض النباتات ، فانه في الحنطة بحدود 200 – 210 bp ، بينما يبلغ العدد من bp في جينات حشرة الدروسوفيلا bp5000 وفي جينات الانسان حوالي bp 10,000 ، وهذا يوضح لنا المقدرة العالية لجينات الانسان في التعبير مقارنة مع مثيلاتها في افراد المملكة النباتية وكذلك الحيوانية . ان ذلك يعني ان DNA خلية الحنطة هو اكبر بكثير من DNA البقرة او الفيل او الجمل ، والاخير فيها DNA اكثر مما في خلية الانسان .

تستخدم وحدات bp (base pair) لتحديد المسافة بين جين وآخر على الكرموسوم ، وان كانت المسافة ابعد ، مثلما قد يحدث بين قطعة فيها تلازم (linkage) واخرى مثلها يستخدم لها وحدات kbp (كيلو) وهو الف ، وللمسافات الابعد تستخدم وحدات Mbp (والميكا مليون) (Mega bp) . تستخدم انزيمات لتقطيع او تحديد وحدات DNA ، من بين اشهرها مايسمى restriction enzyme ، واذا تم تشخيص او تحديد جينات DNA ذلك الكائن فيقال عنه انه تم الحصول على خارطة restriction map ، التي توضح فيها مواقع الجينات المختلفة ، وتوجد عدة انزيمات اليوم تستخدم لمثل هذا الغرض . اما الخارطة الوراثية genetic map فهي خارطة تحدد فيها مواقع الجينات لكرموسومات خلية الكائن بما في ذلك مواقع الطفرات بشكل خاص ، وهي تحدد بالطرائق الوراثية التقليدية ومن دون ذكر عدد bp لاي منها كما هو الحال في الخارطة السابقة restriction map . اما لاجل تحديد ابوية الذرية او الهجين ، فان طريقة RFLP (تقرأ riflip) هي الافضل المعتمدة كثيراً في هذا المجال ، وربما يوجد اليوم افضل منها ، علماً ان هذه الطريقة دقيقة جداً وتحدد تماماً من هو الاب والام لذلك الفرد ، واصبحت معتمدة في دول العالم عند النزاع بين الزوج والزوجة على ابوية طفل معين ، اذ قد اعتمدت في القضاء . ان هذه الطريقةولكونها دقيقة اطلق على نتيجتها بصمة الابهام finger print اي انها ذات ابعاد دقيقة تصف الامر بدقة عالية ، وهي تعتمد في التحليل على DNA restriction analysis .

ذكرنا ان اصغر كائن حي درس وراثياً بصورة مفصلة هو بكتريا E.coli ، غير ان المايكوبلازما Mycoplasma هي اصغر منها وتمتلك جيونماً يعادل ضعف جيونم اكبر فايرس معروف وهو فايرس الانفلونزا influenza . بالنسبة لانواع RNA فانها ثلاثة ، mRNA و tRNA و rRNA يحمل الاول المعلومة الوراثية ويعطيها تماماً بالاستنساخ ، ثم ينقلها tRNA الى الشبكة الاندوبلازمية endoplasmic reticulum ويقوم rRNA بترجمتها لانتاج DNA مرة اخرى بحسب مانقله mRNA ، وهذه الامور لازالت غير دقيقة المعرفة في آلية او

كيفية حدوثها ، نتيجة لذلك تكون لدينا عملية استنساخ transcription بوساطة mRNA و processing بوساطة tRNA وترجمة translation بوساطة rRNA . من المعلوم لدينا ان غالبية DNA هو ثنائي الخيط ، ويوجد في بعض الاحيان ثلاثي الخيط ورباعي الخيط ، بينما يتكون RNA من خيط واحد دائماً ، اذ يقال عن DNA عموما انه double strand بينما RNA هو single strand .وجدت قطع معادة او متكررة في خلايا الكائنات الحية الراقية eukaryotes ، وربما يصل عدد هذه القطع المتكررة من DNA الى 50 الف قطعة في الخلية النباتية الواحدة ، وتسمى هذه القطع بالتكرارات المقلوبة inverted repents ، وسميت كذلك لان تسلسل قواعدها عكس ماهو معروف في ذلك الكائن ، ولم يعرف على وجه الدقة وظيفة هذه القطع ، ولكن عرف عنها ان بعضها يمكن ان يلتصق مع طرف كروموسوم لاصلاح النقص الذي طرأ عليه وبوجود انزيم polymerase . تعد هذه الظاهرة من بين احدى الخصائص الهامة في الكائنات الحية في المحافظة على ثبات (stability) الجينوم من جيل لاخر . قد تكون هذه الظاهرة ذات علاقة مع منع او حدوث السرطان في الانسان اذ انه تم تحديد عدة جينات مسؤولة عن السرطان في الانسان وتسمى كذلك tumergenic اذ ان tumor كلمة غالباً ما تطلق على الورم الرسطاني . يحدث الورم السرطان نتيجة اضطراب في عملية الانقسام الاعتيادي للخلايا ، فتبدأ بالانقسام السريع من دون توقف ، وقد وضعت لذلك عدة نظريات وشخصت بعض الجينات والبروتينات انها ذات علاقة بتلك العملية . يطلق على الجينات المسرطنة oncogenes وعلى المضادة للتسرطن tumor suppressors . ان وجود عدد معين من جينات التسرطن في الانسان مع تعرض لحالات من الشد النفسي او غذاء معين او عوامل كيمياوية او فيزياوية يساعد على ظهور السرطان ، اي انه نتيجة تداخل وراثـي × بيـئي ×genotype environment interaction ، واخر مرحلة لمرض السرطان تسمى metastasis فاذا صارت عند المريض يصعب جداً التخلص من اثار المرض او اسكاته .

كان ايضاً من بين الظواهر الملفتة للانتباه هو اكتشاف وجود قطع صغيرة جداً في الخلايا الحية تسمى بالعناصر المنتقلة transposable elements ، ويقدر عددها في خلية الانسان بحدود 3 ملايين قطعة ، ولها دور معروف اليوم بظاهرة اخرى تسمى فوق الوراثة epigenetics ، والقطع تسمى كذلك transposones ومنها فعال وغير فعال في احداث التغيير المظهري للفرد ومن دون تغيير تتابعات او عدد نيوكليتايد فيه . ان اهم اجناس البكتريا التي استخدمت واشتهرت في النقل الجيني هي Agrobacterium tumefaciens ، وهي من بكتريا تعيش اصلاً في التربة . تدخل فيها قطعة DNA المراد نقلها الى خلية النبات ،

وما ان دخلت البكتريا النبات حتى تندمج قطعة DNA هذه مع DNA النبات داخل نواته ، حيث فيه الكروموسومات . تمتلك هذه البكتريا جينوماً دائري الشكل ويطلق عادة على كل DNA دائري الشكل مصطلح plasmid .اما بالنسبة للنباتات ، فان اكثرها دراسة على المستوى الجزيئي اليوم هو نبات اذن الفأر Arabidopsis thaliana ، وذلك بسبب صغر حجم الجينوم فيه ، اذ يبلغ 100 Mbp فقط اذا ما قورن بمثيله في الطماطم (950 Mbp) وفي الذرة الصفراء 5000Mbp بينما الانسان 3300 Mbp . تسمى عملية ادخال قطعة DNA المطلوب نقلها الى النبات (transfection) وقد تكون هذه القطعة من نوع آخر او جنس اخر من الاحياء .

بعض خواص جينومات بعض الاحياء :

من بين عضيات الخلية التي تحوي DNA هي المايتوكندريا (mtDNA) ويبلغ حجمه في خميرة الخبز (S.cerevisae) بطول 84 kb ، وكل خلية منها تحوي معدل 22 مايتوكوندريا ، ويشكل mt DNA معدل 18% من مجموع DNA الخلية الواحدة . ان كل عضية من عضيات الخلية تكون مسؤولة عن صنع بروتينها الخاص . اما عن حجم جينوم mtDNA فهو بمعدل kb100 ، غير ان معظمه من النوع غير المشفر non – coding . وجد ان بعض جينومات الكلوروبلاست (ctDNA) يمكن ان يشفر لمائة بروتين او RNA مختلف . لقد وجد ان كافة جينومات الكلوروبلاست في نبات التبغ والذرة الصفراء والذرة البيضاء والحنطة كلها دائرية الشكل . اما في بقية النباتات الاخرى فانه غالباً يكون مستقيماً (linear).

بعض خواص المادة الوراثية لبعض الاحياء

الكائن	DNA الكروموسوم	ابعاده	طول الجزيئي
E. coli	اسطواني	μ 0.65×1.7	4.2×10^{3} kb
Homo sapiens	كروي أ- المايتوكوندريا	μ 0.5 ×3	16 Kb
	ب- النواة (كروي)	6 μ	6×10^{6} Kb

تكون كتلة RNA بشكل عام معدل 10 % من مجموع DNA الخلية وتتكون مادة DNA من اجسام نووية (nucleosomes) ، كل قطعة منها بطول 200 kb مرتبة مع بعضها البعض متصلة مثل خرز المسبحة (beads - like) . تضم هذه الاجسام اليافاً بقطر 30 nm ، ولدى معاملة DNA الخلية بانزيم nuclease تنفك هذه النيوكليسومات الى حالة فردية لكل منها ، ويمكن مشاهدة ذلك بصورة واضحة تحت

المجهر . تحوي النيوكليسومات في تركيبها بجانب المادة النووية ، على الهستونات histones والتي هي وحدات بروتينية تربط وحدات DNA مع بعضها البعض (اجسام وحدات النيوكليسومات) .

فيما يلي بعض التعابير الشائعة في الوراثة الجزيئية :

T-DNA : هو قطعة DNA المنقولة من نبات لنبات آخر .

C- DNA : هو DNA المكلون cloned وذلك بعد هضم اجزاء النبات بانزيمات خاصة .

ct- DNA : هو DNA كلوروبلاست الخلية .

mt –DNA : هو DNA مايتوكوندريا الخلية .

Retrovirus : الفايرس ذو المقدرة على استقبال قطعة DNA المراد نقلها الى نبات

اخر ، اي انه ناقل مثل بكتريا A.tumefaciens المستخدمة

لذات الغرض .

RNAi : RNA interference و miRNA (microRNA) هي قطع صغيرة جداً موجودة في سايتوبلازم الخلية ولها دورها في عمليات فوق الوراثة في النبات والحيوان والانسان .

Shotgan experiment : تطلق على عملية كلونه كامل جينوم الكائن الحي .

توجد اعداد كبيرة من الجينات غير المشفرة non-coding في النبات والحيوان يطلق عليها الجينات الكاذبة pseudogenes او الجينات الساكنة silent genes ، ولايعرف اصل هذه الجينات من حيث سلم التطور في الكائنات الحية ، وكذلك لايعرف دورها تماماً . يكون DNA النباتات البدائية من حقيقية النواة eukaryotes معظمه من نوع غير المكرر nonrepetitive وهو يختلف عما موجود في DNA غير حقيقية النواة prokaryotes الذي هو من نوع المتكرر repetitive .يمكن القول انه بشكل عام ، يتكون DNA في معظم النباتات من حوالي 80% repetitive ، بينما في خلايا الحيوان بمعدل 50% repetitive ، وربما يشير ذلك ان مقدرة DNA الحيوان على الثبات عبر الاجيال اعلى مما هو عليه DNA النبات. فضلا عن ذلك فان الحيوان يمكنه ان ينتقل من البيئة غير المناسبة له الى بيئة اخرى أنسب فيحافظ بذلك على اكمال دورة حياته من جيل لاخر ، غير ان النباتات ثابتة في الارض لايمكنها ان تغادر البيئة غير المناسبة ، وبذا فان وجود هذه النسبة

العالية من DNA فيها من النوع المتكرر قد يساعدها على التطبع البيئي افضل مما هو الحال في افراد المملكة الحيوانية.

تسمى قطع DNA المدخلة الى DNA نبات آخر (exons) . فيما تسمى القطع المزاحة منه (introns) علما ان كل جين لابد ان يبدأ بقطعة exon وينتهي بقطعة exon ، وبذا فان بعض المراجع في الوراثة الجزيئية تعطي مفاهيم مختلفة عن التعبيرين .يمكن حدوث اضطراب interruption في جميع انواع الجينات في النواة والكلوروبلاست والمايتوكوندريا وكافة العضيات بما فيها الجينات السابحة في السايتوبلازم .ان هذا الاضطراب قد يكون مختلفاً بين جين واخر في ذات الفرد وبحسب عوامل الشد المسلطة عليه ، واحياناً بسبب عدم ترجمة كامل خيط RNA لذلك الجين ، يحدث احياناً اندماج exon مختلف من DNA معين مع جزيئة RNA فيؤدي ذلك الى مايسمى mosaic gene ،علماً ان جينات مايتوكندريا النباتات تعد من النوع الاخير (mosaic gene) ، ويعزى ذلك الى انه خلال سنين التطور الطويلة ، انتقلت جينات من النواة الى الكوروبلاست او المايتوكندريا ، وبالعكس ، ولكن ان صح هذا لدى علماء التطور ، فلماذا لم تكن جينات النواة في النباتات هي كذلك من نوعmosaic genes ؟

بعض صفات جينوم بعض الكائنات الحية

الاسم اللاتيني	Bp للجينوم	طول الجين	ازواج الجينات
E.coli	4.2×10^{6}	1.2 Kb	3000
S.cerevisiae	1.3×10^{7}	1.4 Kb	6100
D.melanogaster	1.4×10^{8}	11.3 Kb	8750
H.sapiens	3.0×10^{9}	16.3 Kb	125000

من الجدير بالذكر هو ان عدد ازواج الجينات في الكائنات هوتقديري بحسب مامتوفر من تقانات علمية لذلك . عليه اذا ظهرت حالياً او مستقبلا معدات اخرى ادق ، فسوف تختلف اعداد ازواج الجينات المذكورة . ان الطريقة التي قدرت فيها الازواج الجينية حالياً وسابقاً هي باعتماد كتلة DNA الخلية بقسمتها على كتلة الجين المقدرة بحسب الاوزان الجزيئية ، وهي نسبية .

توجد في معظم الكائنات الحية جينات تسمى المميتة lethal genes ويقدر عددها في الانسان بحدود مائة الف زوج ! وطبعا هذا مجموعها الموجود عند افراد البشر ولاتجتمع كلها في شخص واحد ، بل ولن تجتمع في انسان واحد . تقدر كتلة ctDNA في النباتات الراقية بحدود kb140 وفي النباتات الاوطأ بحدود kb200 ومن نفس مجموعة نباتات حقيقة النواة ، يمكن القول ان عمر الكائن الحي يرتبط بطبيعة نشاط برنامج تجديد خلاياه الجسمية ، وهي مرتبطة وراثياً بعملية اصلاح

DNA المتضرر عندما تؤثر فيه بعض عوامل الشد الحادة التاثير السلبي ، فمثلاً لو حصل وانقطع طرف كروموسوم اثناء انقسام الخلايا ، فان بعض الاحياء لها القابلية على ان تلتصق قطعة من العناصر المنتقلة transposable elements بذلك الكرموسوم الفاقد فيعود كاملا كما كان وذلك بحسب نشاط انزيم polymerase . ربما تكون هذه الحالة اكثر وضوحاً في الانسان والحيوان اكثر مما في النباتات . يسمى الانزيم الذي يربط قطعة DNA المفقودة من كرموسوم متضرر telomerase ، ذلك ان فقد الكروموسوم يكون عادة عند طرفه المسمى telomere . ان البرنامج الوراثي عندما يحدث ، اي اثناء عمليات انقسام الخلايا واستنساخ المادة الوراثية ، قد تحدث اخطاء وراثية اثناء عملية الاستنساخ ، وهناك جينات خاصة تساعد في عملية تصحيح الخطأ ، على الاقل لبعض الحالات ، وكلما كان هذا البرنامج الوراثي نشطاً في تصحيح الاخطاء ، كلما توقعنا ان يكون عمر الفرد اطول ، وهذه هي الاكثر قبولاً حالياً . يعتقد البعض ان جينات المايتوكندريا هي المسؤولة بالدرجة الاساس عن عمر الكائن الحي ، فان ضعفت جينات المايتوكندريا ضعفت معها عملية تصحيح الضرر الواقع على DNA الكائن الحي .لذا نجد بعض افراد عوائل معينة تنتهي حياتهم غالباً في سن اربعين الى خمسين عاماً ، فيما نجد افراد عوائل اخرى يعيشون لغاية تسعين او مائة عام وربما اطول من ذلك ، علماً ان التغذية والرياضة والرعاية الصحية ، والراحة النفسيا لها تاثيرها المتداخل مع عامل الجانب الوراثي .

لقد شخص الى اليوم عشر جينات في الاقل من نوع كبح ظهور السرطان tumor suppressors ، فان هي وجدت في الانسان ، فانه قلما يصاب بالسرطان ، ذلك انها تعمل ضد عمليات التسرطن المختلفة في جسم الانسان اي انها تعمل ضد جينات التسرطن (oncogenes) ، مع ذلك وكلما ذكرنا قبل قليل ، فان بعض العوامل الكيمياوية والفيزياوية والنفسية التي يتعرض لها الانسان لها دورها السلبي في ظهور السرطان عند الافراد الذين يحملون بعض تلك الجينات المسرطنة ، ولكن امثالهم الذين يعيشون حياة افضل قد لاتظر عليهم تلك الاصابة بذلك المرض .بتعبير آخر هو ان اصل مرض السرطان وجود جينات مسرطنة بعدد معين منها ، فان رافق ذلك عوامل شد سيئة التاثير فقد يظهر على ذلك الفرد المرض . من بين امثلة الجينات المسرطنة في الانسان ما شخص عن سرطان الثدي عند النساء ، ويطلق عليها BRCA ، وتقرأ بيركا ، ومنها بيركا 1 وبيركا 2 ، ووجود اي منهما عند المرأة يمنع ظهور سرطان الثدي عندها ، لان هذين الجينين هما من نوع tumor suppressor ، واصطلاح BRCA هو لكلمتين Breast cancer . اما بالنسبة للجينات المسرطنة oncogenes بهذا المرض عند المرأة ، فقلما يوجد عشرة ازواج منها ، وكلما كان العدد اكبر كانت المرأة او البنت مرشحة اكثر للسرطان في صدرها . ان العوائل التي فيها الام والخالة والعمة قد عانوا من سرطان الثدي ، فان

بناتهن عليهن بالفحص عن ازواج الجينات المسرطنة التي عندهن في خلاياهن ، فان كانت مثلا سبعة ازواج او اكثر ، فعادة تضطر البنت ان تزيل ثدييها قبل ظهور هذا المرض الذي يؤدي الى الموت البطيء . نجد هنا ان التخلص من فعل الجين المسرطن في نسيج عضو معين ، يتم به حماية بقية الجسم من ضرر ذلك المرض ، لان فعل تلك الجينات يكون متركزاً على ذلك النسيج فقط . اذا اصيب انسان بمرض وراثي وتمت معالجته ، واختفت اعراض المرض تماماً مثل حالة مرض السكري diabetes .الذي يعالج بحقن الانسولين تحت الجلد ، فان ذلك لايمنع انتقال جينات او بعض جينات ذلك المرض الى ذرية ذلك المريض ، وبذا فليس من الضروري ان يصاب لان ذلك يعتمد على عدد الجينات السيئية التي انتقلت اليه وعدد الجينات المضادة لها ، فضلا عن عوامل الشد التي تعرضنا لها آنفاً . ان المريض الذي تظهر عليه اعراض المرض ويشفى منه يطلق عليه phenocopy اي انه يحمل اسباب المرض ، ولكن لاتظهر عليه اعراضه ،فهذا وكما قلنا يبقى ينقل بعض جيناته في الاقل الى الذرية الناتجة منه . بالنسبة للنباتات مثلاً، لو عاملنا بعض النباتات الخصبة بمادة (SQ1) فاصبحت عقيمة فانها كذلك phenocopy ، فاذا تلقحت من نبات آخر وزرعت ستعود تلك النباتات خصبة كما كانت .

ملاحـــق وتعاريف

جدول 1. عدد الكرموسومات الفردية في الخلية الجنسية (n) لبعض النباتات وعدد الجينوم (x) في خلية (2n) .

ت	Latin name	Chrom.no (n)	X no .(2n)
1	*Arachis hypogaea*	20	4
2	*Avena sativa*	21	6
3	*Avena fatua*	21	6
4	*Avena strigosa*	7	2
5	*Beta vulgaris*	9	2
6	*Cicer arietinum*	7	2
7	*Cynodon dactylon*	7	2
8	*Glycine max*	20	4
9	*Gossypium hirstum*	26	4
10	*Gossypium barbedense*	26	4
11	*Gossypium arboreum*	13	2
12	*Helianthus annuus*	17	2
13	*Hordeum vulgare*	7	2
14	*Hordeum nodosum*	21	6
15	*Lens esculentum*	7	2

16	*Medicago sativa*	16	4
17	*Medicago hispida*	7	2
18	*Nicotiana tabacum*	24	4
19	*Nicotiana silvestris*	12	2
20	*Oryza sativa*	12	2
21	*Saccharum officinarum*	40	8
22	*Sesamum indicum*	26	2
23	*Sorghum bicolor*	10	2
24	*Sorghum halepense*	20	4
25	*Triticum alexandrinum*	8	2
26	*Triticum incarnatum*	7	2
27	*Trifolium aestivum*	21	6
28	*Trifolium durum*	14	4
29	*Vicia faba*	6	2
30	*Zea mays*	10	2

جدول 2. عدد الكرموسومات الفردية في خلية (2n) لبعض الحيوانات والنباتات .

ت	Latin name	الاسم العربي	Chrom.no in 2n
1	Homo sapiens	الانسان	40
2	Bos torus	البقرة	60
3	Canis familiaris	الكلب	78
4	Felis domesticums	القط	38
5	Equus calibus	الحصان	64
6	Equus asinus	الحمار	62
7	Mus musculus	الفأرة	40
8	Oryctylagus cuniculus	الارنب	44
9	Macaca mulata	القرد	42
10	Columbia livia	الحمامة	80
11	Gallus domesticus	الدجاجة	78
12	Rana pipiens	الضفدع	26
13	Formica sunguinea	النمل الاحمر	48
14	Musca domestica	الذباب	12
15	Drosophila melanogaster	ذبابة الفاكهة	8
16	Culex pipiens	البعوض	6
17	Blatta germanica	الصرصر الانثى	24

18	Blatta gemanica	الصرصر الذكر	23
19	Apis millifera	النحل الانثى	32
20	Apis millifera	النحل الذكر	16
21	Saccharomyces cerevisiae	خميرة الخبز	18
22	Cucerbita pepo	القرع	40
23	Allium cepa	البصل	16
24	Aspergillus nidulans	العفن	16
25	Neurospora crassa	عفن الخبز	14
26	Penicilliusm sp.	عفن البنسلين	8
27	Mangifera indica	المانكو	40
28	Theobroma cacao	الكاكاو	20
29	Cucumis melo	البطيخ	24
30	Fragaria sp.	الشليك	56
31	Citrus spp.	الحمضيات	18
33	Phoenix dactylefera	نخلة التمر	36

مصـــطلحات

Allele: يستخدم تعبيراً عن مرادف الجين وهو نظير الجين ، وذلك مثل الاليلين A وa لموقع الجين Aa .

Anti-sense DNA: الخيط الثاني عند انشطار DNA الذي يشفر للبروتين في الخلية .

Alloploid : حالة تضاعف جينوم مختلف مثل جينوم القمح AABBDD اذ تحوي الخلية هنا في قمح الخبز ثلاثة جينومات مختلفة الاصل .

Amphiploid : متضاعف متماثل الجينوم ، وهو عكس alloploid . ربما يعد افضل مثال لذلك هو مضاعفة نبات haploid الى diploid .

Anthesis : تطلق على ظهور ازهار النبات ، وهي فيها عدة مراحل من بوادئ primodia الاعضاء الذكرية والانثوية لغاية تفتحها .

Apomixis : طريقة من طرائق التكاثر الخضري في النباتات .تتلقح البويضة من حبة لقاح النبات وتتكون بذرة فعالة من دون اخصاب ، اي ان جينات الاب لاتدخل في الذرية الناتجة ، اذ ان حبة اللقاح تحفز البيضة على التشكل ويتكون الجنين

والبذرة العاملة ولكن من دون عملية اخصاب . تشيع هذه الظاهرة في ما يقرب من ثلاثمائة نوع من النباتات ، لكنها غير مستثمرة تجارياً الى اليوم .

Asexual : تطلق على حالة التكاثر اللاجنسي في النباتات ، مثل تكاثر النباتات بالاقلام او الدرنات او الاوراق او الجذور او بطريقة apomixis .

Asynapsis : حالة عدم حدوث اصطفات الكرموسومات خلال انقسام الخلية الجنسية ، وهذا يعيق انتاج ذرية فعالة .

Autogamy : ومعناه تلقيح الذاتي لنفس الزهرة (self- pollination).

Backcrossing : تضريب اب على ام عدة مرات من جيل لاخر ، كي يجمع ذلك مجموعة كافية من الجينات المسؤولة عن الصفة المطلوبة (تضريب رجعي) ، وافضل حالاته في الاستخدام هو لدى الرغبة في نقل صفة المقاومة لمرض معين او حشرة بزوج واحد من الجينات من اب واهب ، ثم يعاد التضريب مع الام الناقصة للمقاومة عدة مرات حتى الحصول على معظم جيناتها لصفة حاصلها الجيد ، يسمى الاب بالاب الواهب ، وتسمى الام بالاب التكراري .

bHLP = اصلها كلمات basic helix – loop helix وهو محفز بروتيني لبعض عوامل الاستنساخ .

Biotype : افراد من مجتمع نباتي لها ذات الجينات تعيش في بيئة معينة .

Bivalent : هي زوج الكروموسومات المتناظره في خلية في طور الانقسام الاختزالي.

Breeder seed : البذور الاولى للمادة الوراثية التي استنبطها المربي ، وهو الوحيد الذي يمتلكها ، وهي ذات نقاوة عالية ومنها تنتج حلقات رتب البذور لذلك الصنف ، واولها رتبة الاساس .

Breeding : علم وفن تغيير هندسة النبات الوراثية بما يخدم الهدف الذي يطمح له المربي ، ويضم عدة طرائق تختلف باختلاف طريقة تكاثر النبات ، ذاتي او خلطي او خضري .

Bulk breeding : احدى طرائق تربية نباتات ذاتية التلقيح وذلك بعد اجراء التضريب ، ثم اكثارها لغاية الجيل السادس وفي تلك المرحلة يجمع المربي النباتات المتماثلة التي يريدها ويخلط بذورها ويزرعها صنفاً جديداً .

Certified seeds : هي البذور الناتجة من اكثار بذور الاساس او المسجلة ، وتسمى بالبذور المصدقة ، وهي التي تباع تجارياً للمزارعين .

Centromere : هي موقع اتصال الوشيعة الكرموسومية بوسط الكرموسوم في الخلية خلال مرحلة الانقسام الاختزالي او الاعتيادي .

Chiasma : وهي جمع لكلمة chiasmata وتعني حالة تبادل الكروماتيدات الكرموسومية في الخلايا الداخلة في الانقسام الاختزالي وتعطي اشكالاً مختلفة بحسب نوع وجنس النبات .

Chimera : حالة امتلاك الفرد تركيبين مختلفين وراثياً من الانسجة وينتج ذلك من طفرة او انقسام اعتيادي غير طبيعي يحدث فيه عبور ، وفي احيان نادرة من بيضة تلقحت من حبتي لقاح او حيمنين مختلفين في ذات الوقت .

Chromatid : هو خيط الكرموسوم الواحد عندما ينشق الى اثنين عند الانقسام الاختزالي ، ويكون واضحاً في مرحلة العبور .

Chramatin : المادة الوراثية في الكروموسوم والتي ترافقها مادة الهستون وكلاهما معاً يشكلان كتلة الكرموسوم ، وسميت كذلك لتعني انها تصطبغ لدى تعرضها لصبغات خاصة عند فحص عدد او شكل الكرموسومات .

Cleistogamy : تطلق على حالة التلقيح الذاتي والاخصاب في ازهار ذاتية التلقيح وقبل ان تتفتح الازهار .

Clone : صنو وجمعها صنوان ، وهي الافراد المتماثلة وراثياً لذات النبات الذي انحدرت منه بالتكاثر الخضري ، وافضل مثال لدينا النخيل وفسائلها ، وقصب السكر وعدة نباتات نجيلية .

Combining ability : تطلق على نباتات السلالات في خلطية التلقيح عادة في قدرتها على الاداء لدى تضريبها بأب معين ، ومنها نوعان : قابلية الاتحاد العامة General والتي هي معدل الصفة لكل لقائح سلالة معينة ضربت بعدة سلالات اما الخاصة Specific فتعني معدل الصفة لتلقيحات بعض السلالات مع سلالة معينة بالمقارنة مع المعدل العام للصفة المأخوذة من كافة التلقيحات او التضريبات لتلك السلالة.

Cultivar : مجموعة من النباتات متماثلة فيما بينها ولها مميزات وراثية مظهرية وجينية تختلف عن الاصناف ، اي ان الصنف لابد ان يختلف عن الاصناف الاخرى من نفس النوع ، وان يكون الصنف ستخدم في الزراعة للانتاج التجاري ، اي ليس مثل السلالة او الخط النقي التي يقتصر استخدامها لاستنباط هجن او اصناف . تطلق كلمة صنف على اي من هذه المجاميع المتماثلة الصفات سواء من خلطية التلقيح مثل صنف مفتوح التلقيح وتركيبي ، ومن ذاتية التلقيح كذلك .

Crossing over : يرمز له (c.o) ومعناه العبور او التعابر لبعض قطع كروماتيدي الكرموسومات عند حدوث اصطفاف لتلك الكروماتيدات خلال الانقسام الاختزالي . ان هذه العملية هي التي تؤدي الى اختلاف الذرية غير المتماثلة الجينات heterozygous في الجيل الثاني .

Cross : هو بذور اي تضريب ناتج من ابوين او اكثر .

Cross pollination : تلقيح ازهار نبات بحبوب لقاح من ذات الصنف او من صنف آخر من ذات النوع .

Cytology : علم دراسة صفات الخلية .

Cytoplasmic inheritance : الوراثة السايتوبلازمية التي تعتمد على دور جينات السايتوبلازم في نقل الصفات ، وهي غير الوراثة المندلية التي تعتمد على جينات النواة ، وهي كذلك غير الوراثة الجزيئية التي تعتمد على طبيعة DNA الخلية.

Cytoplasmic male sterility (cms) : العقم الذكري السايتوبلازمي ، اي ان العقم في ذلك النبات لايعود سببه الى جينات النواة انما الى جينات السايتوبلازم . هذه الحالة مفيدة جداً في استنباط هجن الذرة الصفراء والبيضاء وزهرة الشمس وذلك باستنباط سلالات عقيمة ذكرياً سايتوبلازمياً وبتضريبها مع سلالات خصبة وراثياً تنتج بذور الهجين .

Detasseling : عملية ازالة النورة الذكرية من نباتات سلالة الام الخصبة عندما يراد التضريب عليها بحبوب لقاح سلالة اب للحصول على بذور الهجين . يمكن ان تقوم مكائن خاصة بالعمل ولاسيما في الحقول الواسعة جداً ، وفي الدول التي لاتزرع مساحات واسعة جداً تستخدم الايدي العاملة لذلك .

Diallel crossing : عملية تضريب السسلالات فيما بينها ، وتشمل طريقتين ، الاولى نصف تبادلي half –diallel وفيها يتم تضريب السلالات باتجاه واحد ، والثانية تبادلي تام full-diallel وفيها يتم تضريب السلالة باتجاهين ، اي مرة تكون (ام) واخرى تكون فيها (اب) مثل أ و ب ، فاذا كان التضريب مثل الاول نحصل على أ ×ب و ان كان بالطريقة الثانية نحصل على أ ×ب و ب×أ

Dioecy : حالة النبات لنوع معين فيها نباتات ذكرية واخرى انثوية (ثنائية المسكن) ومن الامثلة الشائعة النخيل واللوز الحلبي (الاخضر) .

Diploid : اي كائن حي يحوي كرموسومات زوجية من كل نوع منها ، فالانسان diploid ومعظم النباتات diploid (ثنائية المجموعة الكرموسومية) والحنطة كذلك diploid مع انها تحمل جينوم بتوليفة AABBDD وفي كل خلية من النبات توجد ست مجاميع كرموسومية (6X) في كل خلية (2n) .

Double cross : هجين ناتج من تضريب اربع سلالات ، مثل تضريب A×B ويضرب على C×D فينتج الهجين (ABCD) الرباعي الاباء .

Drift : ومنه genetic drift اي التطاير الوراثي بوجود جينات مختلفة التكرار في المجتمع ، ويحدث هذا غالباً نتيجة صغر حجم المجتمع فلا يكون التوزيع الجيني فيه عند التزواج عشوائياً .

DML : اختصار لكلمات Demeter- like protein ، ويقوم هذا البروتين بالعمل ضد الاسكات الجيني ، وفيها DML_1 و DML_2 وهكذا .

DME : اختصار لكلمات differentially methylated epiloci ويعني مواقع جينية لها علاقة بالشد اللاحيوي في النبات .

Emasculation : عملية ازالة المتوك قبل تفتحها من الازهار الخنثية عند الرغبة في تضريبها بحبوب لقاح من مصدر آخر ، ويطلق عليها (الخصي) .

Embryo sac : كيس الجنين ، وهو الكيس الذي ينشأ من الخلية الامية الانثوية (megaspore mother cell) ويحوي هذا الكيس النواة (نواة البيضة) ونواتين نقيريتين واخريين قطبيينين مع ثلاث نوى لاقطبية ليكون مجموعها ثمان نوى .

Endomitosis : تضاعف كروموسومات خلايا الفرد دون انقسامها فينتج عن ذلك تضاعف الجينوم المسمى (endopolyploidy) .

Endosperm : هو نسيج حبة النجيليات يحوي (3n) وينشأ من اتحاد نواة ذكرية (n) مع النواتين القطبيتين (2n) في الكيس الجنيني ليعطي هذا الاتحاد خلايا السويداء (3n) ، والتي هي مخزن الكاربوهيدرات في الحبة ، والتي تمد البادرة النامية بالغذاء في ايامها الاولى .

Epigenetic : التغيرات التي تحدث في مظهر الفرد من دون تغيير تركيبه الوراثي سواء من تتابع النيوكليتايدات او من تغيير عددها ، وغالباً تنتقل هذه الصفات الى الذرية اللاحقة ، وتحدث الحالة لدى تعرض الكائن الحي لتأثير شدود بيئية فعالة ، اصبحت المعلومات عن هذا الموضوع تسمى (علم فوق الوراثة) .

Epiphytotic : تشكل وانتشارمرض خطر على افراد مجتمع حي بصورة مفاجئة .

Episome : اجسام بلازمية يمكن لها ان تتكاثر في DNA البكتريا.

Epistasis : تغلب تأثير جين على ين آخر ليس مرادفاً له ، وبذا فهو ناتج من تداخل بين الجينات inter – allelic interaction .

Estrogen : هرمون الانوثة في الانسان والحيوان ، وهو عكس هرمون الذكورة testosterone .

Eugenic : علم نقل الصفات النوعية الجيدة في الكائنات الحية وهي عكس dysgenic .

Eukaryotes : الكائنات الحية من حقيقية النواة المحاطة نواتها بغلاف يفصلها عن السايوبلازم ، وهي عكس غير حقيقية النواة prokaryotes كما في البكتريا .

Exocytosis : اطلاق بروتينات داخل الخلية وانتقالها عبر اغشية الشبكة الاندوبلازمية الى اوعية الخزن وغشاء بلازما الخلية .

Exon : قطعة DNA التي تدخل الى خلية النبات بعد ازاحة قطعة intron منها ، بهدف نقل صفة جيدة .

Exonuclease : الانزيم الذي يقطع النيوكليتايدات من polynucleotides وقد يتخصص على طرف $\overline{3}$ او $\overline{5}$ من RNA او DNA .

Etrachromosomal : تطلق على كافة جينات عضيات الخلية من دون النواة ، والتي تقع تحت تسمية cytoplasmic inheritance .

Extranuclear genes : هي الجينات الواقعة غالباً على عضيات المايتوكوندريا والكلوروبلاست ، وهي لحد ماتشبه التعبير السابق .

Family : مجموعة من النباتات منحدرة من اصل واحد تشترك فيما بينها بنسبة عالية من الجينات (عائلة) . اذا مثلاً لقحنا أ×ب وزرعنا لغاية الجيل الثالث والرابع ومابعد فانها تسمى عوائل .

Fertilization : يطلق الاخصاب على اتحاد حبة لقاح مع بيضة من ذات الصنف او النوع ، عادة بالاخصاب نحصل على الجنين (2n) ، وفي الحبوبيات نحصل على السويداء (3n) ليكون بذلك الاخصاب ، اخصاب لانتاج الجنين وآخر لانتاج السويداء.

Fingerprint(of DNA): طبيعة اختلاف قطع DNA المتعددة الشكل polymorphic من جينوم فرد لجينوم فرد آخر مختلف .

Gene : وحدات تتابعات النيوكليتايدات على الكروموسوم او عضيات الخلية المسؤولة عن نقل الصفات من جيل لاخر .يحوي الجين في حالة diploid اثنين من الاليلات لكل موقع على الكروموسوم وفي tetraploid اربعة اليلات على كرموسومين ، وهكذا. يتكون الجين في النبات من 40 – 240 bp وفي الثدييات لغاية bp5000 .

Gene frequency : نسبة اليل معين الى مجموع الاليلات من ذات الجين في مجتمع معين .

Genome : تطلق احياناً على كافة جينات او كروموسومات التي تورث من أب واحد في الذرية ، وقد اعطينا في الكتاب عدة تعاريف لها .

Genome library : اجسام في سايتوبلازم الخلية تتكون من اغشية منضودة على بعضها البعض قرب الشبكة الاندوبلازمية ومسؤولة عن تحليل البروتينات ونقلها لاجزاء الخلية .

Haploid : خلية او فرد يمتلك نسخة واحدة من العدد الاصلي للكروموسومات في حالة diploid ، اكثر الامثلة شيوعاً لذلك هي حبوب اللقاح او الحيامن او البيوض .

Hemizygous : حالة الخلية او الفرد الذي يملك نسخة واحدة من الجين تقابلها نسخة من نوع آخر ، افضل مثال لذلك هو كروموسوم الجنس xy ، فان x و y غير متماثلين.

Heritability : نسبة مايورث من الصفات من الاباء الى الابناء ، او من الافراد المنتخبة الى ذريتها الناتجة منها ، وهو تعبير يستخدم للصفات الكمية فقط ، وبذا فهي تقيس مقدار التغيير الوراثي في المجتمع من جيل لاخر ، وهذا التغيير او التغاير هو نتيجة فعل جيني مضيف additive .

Heterokaryon : حالة امتلاك الخلية او الفرد اكثر من نواة داخل السايتوبلازم نتيجة دمجها صناعياً .

Heterosis :غالباً تستخدم بمعنى قوة الهجين في اغلب الابحاث .

Heterozygous: حالة امتلاك الفرد في خلاياه مواقع جينية فيها اليلات مختلفة ، متغلب مع متنحي ، واعلى النباتات في هذه الصفة هي الهجن .

Heterogenous: مجتمع يحوي نباتات غير متماثلة ، مثل صنف حنطة محلي تجد فيه عدة سنابل مختلفة الشكل والحجم .

Hexaploid : فرد يحوي ست مجاميع كروموسومية (6X) ، مثال ذلك حنطة الخبز في حالة diploid (AABBDD) .

Histones : بروتينات مسؤولة عن ربط وحدات DNA (النيوكليسومات) في كروموسومات الخلايا .

Holandric gene : جين الجنس الذكري الذي يحمل على كرموسوم Y القادم من الاب الى الابن .

Homozygous : حالة كون الافراد تحمل جينات متماثلة على مواقعها مثل AA وbb وDD ، وهكذا السلالات في خلطية التلقيح واصناف نباتات ذاتية التلقيح .

Homunculus : الصورة الاولية لجنين الانسان بحسب تصور الوراثيين والبايولوجيين القدامى .

Hybrid: الافراد الناتجة من تزاوج ابوين او اكثر متباعدين وراثياً في الجينات او عدد او تتابع النيوكليتايدات .

Identical twin : التوائم المتماثلة الناتجة من انقسام اعتيادي لبيضة مخصبة ، وهي تختلف عن التوائم الامية fraternal twin الناتجة من بيضتين مختلفتين مخصبتين من ذات الاب .

Inbred : الافراد الناتجة بالتلقيح الذاتي في خلطية التلقيح ولستة اجيال فاكثر ، تكون عالية التماثل الوراثي .

Inbreeding : عملية التزاوج بين افراد من ذات الصنف .

Incompatibility : عدم توافق حبة اللقاح مع بويضة ذات النبات فلايحصل اخصاب ، وتشيع هذه الظاهرة في بعض نباتات خلطية التلقيح .

Indeterminate : نباتات لايتوقف نموها مع انتهاء الموسم اذا كانت عوامل النمو تسمح بذلك ، مثل القطن وفول الصويا ، بينما في محدودة النمو determinate ينتهي ساق النبات بسنبلة او رأس ويتوقف النمو كما في الحنطة والشعير .

Inheritance : توارث الصفات النوعية من الاباء الى الابناء او من جيل لاخر .

Insertion : ادخال تقطيع تتابع معين من bp في DNA الفرد المنقول اليه .

Intron : تتابع من DNA مزاح من الكروموسوم لتحل محله قطعة من تقطيع DNA المطلوب (exon).

Inverted repeat : نسختان من نفس تتابع DNA باتجاهين متعاكسين في نفس الجزيئة ، وكل جزيئتين منهما تشكلان palindrome اي احدها مرتبة من $\overline{3}$ الى $\overline{5}$ واخرى بالعكس !

Isogenic lines : سلالات متماثلة تماماً باستثناء موقع جيني واحد .

Karyotype : حالة وجود كامل المجموعة الكروموسومية في خلايا الفرد وذلك يحدث خلال الانقسام الاعتيادي .

Kb(kilo base) : هي اختصار لألف زوج من القواعد النايتروجينية .

Line breeding : طريقة تربية خطوط line نقية في ذاتية التلقيح تكون نباتاتها متماثلة مظهرياً ووراثياً للخط الواحد ، وهي في هذه الحالة تسمى pure line .

Linkage : تلازم صفة مع اخرى في وراثتها ، وذلك لوقوع جيناتهما على مسافة قريبة جداً من بعضهما فلا تتبادل بالعبور c.o .

LTR : اختصار للكلمات long terminal repeat ويمثل تتابعاً يتكرر مباشرة في كلا طرفي DNA الناتج من RNA فايرس معين .

Lysosomes : اجسام صغيرة في الخلية محاطة باغشية تحوي على انزيمات تحلل بعض المركبات (hydrolytic enzymes) .

M_1,M_2,Mn : رمز للطفرة في جيلها الاول والثاني وهكذا ، والبذور او النبات قبل معاملة التطفير يعطي الرمز Mo .

Map distance : المسافة بين المواقع الجينية بوحدات سنتيموركن ، وباكتمالها للفرد ، تكون الخارطة الجينية قد اكتملت .

Marker DNA : قطعة DNA معلومة تستخدم لتعيير electrophoretic gel .

Male sterility : العقم الذكري للنبات بسبب عدم فعالية حبوب لقاحه او لعدم تكونها بالمره .

Mass selection : طريقة تربية في ذاتية التلقيح تنتخب فيها النباتات الجيدة المتماثلة وتخلط بذورها لانتاج صنف محسن .

Maternal inheritance : وراثة صفات الام في ذريتها مع وجود جينات الاب .

Mating system : نظام التزاوج الذي يخطط له في برنامج التحسين مثل تزاوج المتشابه مع المتشابه او مع غير المتشابه .

Mb : mega base pair ، مليون زوج من القواعد النايتروجينية .

Megaspore : احدى اربع خلايا (hoploid) تنت من الانقسام الاختزالي للبويضه الام (2n) في البيض.

Meiosis : انقسام الخلايا اختزالياً ، اي ان الخلية بعد انقسامها تعطي نصف عدد كروموسومات الخلية الاصلية ، وهذا مايحدث لدى انتاج حبوب اللقاح .

Melanin :الصبغة السمراء في جلد الانسان .

Metabolism : كافة العمليات الكيموحيوية التي تحدث في خلايا الكائن الحي التي تنتج او تهدم الطاقة وهي نوعان : catabolism وفيها تهدم الطاقة لانتاج عمل ، و Anabolism التي تمثل الغذاء وتحوله الى بناء انسجة الجسم ، وتسمى كذلك constructive metabolism فيما تسمى الاولى destructive metabolism .

Metastasis : مقدرة خلايا الورم السرطاني (tumor) للانتشار من موقع الاصابة الى مواقع او نسيج اخر في الجسم لتكوين مستعمرات اخرى ، وهي مرحلة يصعب معها التصدي للمرض .

Metaxenia : التأثير المباشر لحبة اللقاح على غلاف السويداء ، او القشرة الخارجية للبذرة ، مثل حالة تلون شعرة تيلة القطن البيضاء باللون البني اذا تلقحت من نبات يحمل تلك الصبغة في تيلته .

Micron : وحدة قياس ابعاد تمثل واحداً بالمليون من المتر .

Microsomes : اجسام صغيرة جداً في الشبكة الاندوبلازمية مرتبطة مع الرايبوسومات .

Microspore : احدى اربع خلايا (haploid) تنتج من الانقسام الاختزالي لحبة لقاح امية (2n) في المتوك .

Mitosis : عملية الانقسام الاعتيادي للخلايا الجسمية (somatic cells) اذ تنقسم كل خلية (2n) لتعطي خليتين مماثلتين (2n) ايضاً .

Mitochondria : اجسام في سايتوبلازم الخلية تحوي وحدات DNA وتحدث فيها عمليات انتاج الطاقة ، ومسؤولة عن وراثة بعض الصفات من بينها العقم الذكري السايتوبلازمي في النبات .

Modified bases : قواعد نايتروجينية من غير قواعد A وC و T وG و U تحدث نتيجة تغيرات في الاحماض النووية .

Modifying genes : جينات تقوم بتحوير الصفات بتأثيرها على فعل جينات اخرى فتظهر الصفة مختلفة .

Monoecy : حالة نباتات احادية المسكن يكون فيها النبات الواحد حاملاً الاعضاء الذكرية والانثوية منفصلة على النبات مثل حالة الذرة الصفراء والخروع .

Monocistronic mRNA : وحدات وراثية تشفر لبروتين واحد فقط .

Monohybrid : هجين ناتج من تضريب ابوين او سلالتين نقيتين تختلفان في زوج واحد من الجينات .

Monomer : مركب بجزيئة واحدة ذات وزن جزيئي واطئ .

Monosomic : فرد diploid ينقصه كرموسوم واحد (2n-1) والاعتيادي (2n) هو disomic ، واذا احتوى على ثلاثة كرموسومات يسمى trisomic (2n+1) ، والاخير اذا حدث في الانسان يسبب له حالة mongolism التي اكتشفها الباحث Dawn عام 1866 والمسماة حالياً باسمه (Dawn's syndrome) ويحوي الفرد فيها 47 كروموسوماً في خلاياه ، وذلك لكون كروموسوم 21 يتضاعف عنده ثلاث مرات ،ويميز الطفل بتشوهات الوجه وضعف النمو وضعف عقليته ، وغالباً تعد قيمة IQ عند هؤلاء بحدود 50 وحدة فقط من مجموع 160 .

Monozygotic twin : توأم متماثل ناتج من انقسام بيضه مخصبة واحدة الى اثنتين ، ويسمى كذلك identical twin وهو يختلف عن التوأم الناتج من بيضتين مختلفتين (fraternal twin) والذي هو dizogotic twin .

Multicopy plasmid : بلازميدة تتكون باكثر من نسخة لكل كرموسوم .

Multiple alleles : اليلات متسلسلة على ذات الموقع الجيني مثل A1 و A2 و A3 .. تشترك في التأثير في صفة واحدة .

Mutagens : مؤثرات كيمياوية او فيزياوية لها المقدرة على احداث الطفرات في الكائن الحي مثل استخدام التشعيع irradiation او الصعق الكهربائي electric shock او الكيمياويات مثل EMS والكولشسين .

Mutation : تغير في عدد او تتابع نيوكليتايدات في الجينات ، فتظهر الصفة مختلفة يقال عنها طفرة .

Muton : اصغر وحدة من DNA يمكن لها ان تسبب طفرة .

Mycoplasma : اصغر الكائنات الحية ، ولها جينوم يعادل ضعف جينوم اكبر فايرس مثل الانفلونزا .

Nonautonomous transposons : ترانسبوزونات غير قادرة على الانتقال ذاتياً من موقع الى آخر في الجينوم الا بوجود عوامل مساعدة لذلك .

Nondisjunction : فشل كروماتيدي الكروموسوم للانتقال الى قطبي الخلية اثناء الانقسام الاختزالي او الاعتيادي .

Nonsense codon : اي كودون من الكودونات الثلاثية (triplets) مثل UAG وUAA و UGA وغيرها التي لها المقدرة على ايقاف تخليق البروتين .

Nonsense muton : اي تغيرفي مادة DNA يتسبب عنه تكوين كودون ايقاف يحل محل كودون يشفر لحامض اميني معين .

Northern blotting : تكنيك لنقل RNA في المختبر من مادة الهلام (agarose gel) الى مرشح (filter) خاص ليهجن الى DNA تكميلي .

Nucleolar organizer : نقطة على الكرموسوم تحمل جينات تشفر الى rRNA .

Nucleic acid : جزيئات تتكون من فوسفات وسكر بنتوز وقاعدة نايتروجينية (عضوية) . يتكون كل من DNA وRNA من وحدات من هذه الاحماض النووية .

Nucleolus : جسم قرب نواة الخلية مسؤول عن خزن ribosomal-RNA كما اثبت حديثاً انه يحفظ شكل الخلية بحركته فيها .

Nucleoprotein : مركب بروتيني مرتبط بحامض نووي ويكون مادة الكروموسوم في خلايا الكائنات الحية الراقية .

Nucleotide : هي وحدة monomer الاساسية لجزيئة DNA والمتكونه من الفوسفات والسكر الخماسي والقاعدة النايتروجينية .

Nullisomic : خلية او فرد diploid ينقصه زوج من الكروموسومات المتماثلة (2n-2) .

Null mutation : طفرة تمنع وظيفة جين معين ، وعادة بسبب حذفه فيزياوياً .

Ochre codon : الكودون الثلاثي (UAA) الذي هو احد ثلاثة كودونات الايقاف (termination) لتخليق البروتين .

Ochre mutation : طفرة في DNA الذي ينتج عنها كودون (UAA) على موقع كان يحتله كودون آخر .

Ochre suppressor : جين يشفر للطافر tRNA وله المقدرة للاستجابة ضد كودون (UAA) والسماح بالاستمرار في تخليق البروتين ، وبذا فان Ochre suppressor يمنع فعل كودونات (amber) .

Oncogenes : جينات لها فعلها في انقسام الخلايا في الكائنات الحية الراقية ، وتجعلها تنقسم مثل انقسام الخلايا السرطانية .

One gene- one enzyme : نظرية تنص على امكانية ايقاف الفعل الجيني بفعل انزيم مضاد لفعل الجين . مثال ذلك تحوير الجنس في زهرة الشمس الى انثوي فقط بفعل الجبرلين ، وكذلك بفعل نترات الفضة في زيادة الازهار الانثوية في القرعيات ، وفي الانسان استخدام الانسولين لمصابي السكري حالة مشابهة نسبياً .

Ontogeny : كافة مراحل تشكل الفرد من البيضة او حبة اللقاح او الحيمن لغاية اكتمال بلوغ الفرد .

Opal codon : هو احد كودونات ايقاف تخليق البروتين (UAG) من بين ثلاثة كودونات خاصة بذلك .

ORF : open reading frame وهي سلسلة من النيوكليتايدات الثلاثية (triplets) التي تشفر للاحماض الامينية بدون كودونات ايقاف ، وبالتالي تترجم الى بروتينات .

Operon : وحدة جين بكتيري للتعبير والتنظيم ، وتشمل جينات وعوامل السيطرة في DNA تشخص بنواتج الجين .

Opines : مشتقات من الارجينين تعيش عليها البكتريا المنقولة الى الكائن الحي .

Orphans : جينات فردية معزولة في مواقع معينة وذات علاقة مع عناقيد الجينات (gene clusters) .

Organelles : العضيات (اجسام) الموجودة في سايتوبلازم الخلية من غير النواة .

Outcross : اي نبات تلقح من نبات صنف اخر .

Palindrome : تتابع من DNA يحوي قطعتين مكررتين مقلوبتين ومتجاورتين وقراة احدهما من اليمين الى اليسار تماثل تماماً قراءة الاخرى من اليسار الى اليمين.

Panmixia : التلقيح العشوائي الحر الذي يحدث طبيعياً عندما يخلط المربي عدة بذور من مواد وراثية من خلطية التلقيح ويزرعها ويتركها تتلقح خلطياً فيما بينها دون تدخل.

Paramutation : عدم تاثر صفة جين معين بوجود أليل يناظره ، مثل حالة الانثوسيانين في الذرة الصفراء .

Parthenocarpy : تكون ثمار في الخضر عادة من دون اخصاب ، وذلك من تشكل خلية جنسية ، وغالباً الثمرة من دون بذور .

PCR : polymerase chain reaction : تكنيك يستخدم فيه تحطيم DNA واعادة ربطه باستخدام primer وذلك لتضعيف عدد نسخ DNA الهدف الى مايقرب من مليون ضعف او اكثر ! .

Pedigree : تسلسل نسب فرد او عائلة منحدرة من اباء واجداد .

Peptide : مركب من سلسلة من الاحماض الامينية ، ويمكن القول انها ناتجة من cistron .

Phenocopy : حالة الفرد التي يحمل فيها صفة وراثية معينة وعومل بمركب ما واختفت منه تلك الصفة التي يحمل جيناتها ، فان كانت الصفة مرضية مثلاً فانه سيعيش سليماً منها ، لكنها قد تنتقل الى ذريته . مثال ذلك تحوير الجنس في النباتات باستخدام بعض الكيمياويات .

Phenotype : الوصف المظهري للفرد بكل صفاته ، وهي تقابل الصفات الداخلية (الوراثية) للافراد التي يطلق عليها genotype .

Phenylketonuria : اضطراب وظيفي وراثي يحدث للانسان ويسببه جين متنحي ويسبب هذا المرض التخلف العقلي ، ويمكن علاجه اذا تم تشخيصه في مراحله المبكره.

Phosphatase : انزيم يزيل مجموعة الفوسفات من المركب ، وهو يعمل عكس عمل انزيم kinase .

Plasmid : قطعة DNA دائرية الشكل ذات مقدرة على التكرار ذاتياً ، ومن غير DNA الكرموسوم .

Ploidy : تضاعف نسخ كرموسومات الجينوم في خلية الفرد . تحوي خلية فرد haploid نسخة واحدة من الجينوم ، ويحوي فرد او خلية diploid نسختين ، وهكذا.

Polycross : مجموعة من الافراد في خلطية التلقيح تزرع وتترك للتلقيح الخلطي العشواي في حقل معزول .

Polygcnes : تسمى كذلك multiple genes ، وهي مجموعة جينات في الكائن الحي مسؤولة عن وراثة الصفات الكمية ، وتكون عادة ذات تأثيرات ضعيفة ، اي اقل من تأثير جين واحد مستقل للصفة .

Polymer : مركب يحوي عدة جزيئات من monomer .

Polymerase : انزيم يساعد في ربط جزيئات من مركبات polymers .

Polymorphism : جينات متسلسلة تقع على موقع واحد في الذرية وتعطي عدة صفات ، مثل A_1 وA_2 و A_3 ...الخ فاذا التقى A_1 A_3 اعطى صفة اعلى من A_1 A_1 او A_3 A_3 وهكذا .

Polynucleotide : بوليمر من DNA يحوي اربع نيوكليتايدات لتكون وحدة واحدة من monomer .

Polypeptide : مركب يضم اثنين او اكثر من الاحماض الامينية فاذا كان المركب بحامضين سمي dipeptide واذا كان بثلاثة سمي tripleptide ، وهكذا .

Polyploid : خلية او كائن له اكثر من مجموعتين من الجينوم في خلاياه ، 3X = triploid و4X = tetraploid و 6X = hexaploid و Octaploid = 8X .

Polysome : هو mRNA المرتبط بعدة رايبوسومات مسؤولة عن الترجمة ، ويمسى كذلك polyribosome .

Population : مجموعة من الافراد المتزاوجة داخلياً طبيعياً ، سواء كانت ذاتية او خلطية التلقيح ، او خضرية التكاثر .

Prepotency : مقدرة الفرد او جيناته على نقل صفات الفرد الى ذريته .

Primer : تقطيع او تتابع قصير (غالباً RNA) الذي يزدوج مع خيط DNA ويولد طرف OH - $\overline{3}$ بحيث يبدأ DNA polymerase بتخليق سلسة نيوكليتايدات DNA.

Progeny selection : طريقة انتخاب الافراد على اساس حاصل ذريتها بدلاً من اعتماد الصفات المظهرية .

Progeny test : اختبار ذرية معينة بتضريبها مع اب معين ، او تزرع وتقيم ذريتها ، فان كانت جيدة نعود الى البذور الاصلية لها لاكثارها .

Prometer : نقطة على DNA تقوم بربط RNA polymerase لبدء عملية الاستنساخ .

Protandry : نضج المتوك قبل المياسم في النبات .

Protogeny : نضج المياسم قبل المتوك في النبات .

Pseudogenes : جينات مستقرة لكنها غير فعالة في اظهار الصفة او تعبيرها الجيني ، وتعد هذه الجينات النهاية المسدودة او الميتة (dead end) لفعل بعض الجينات خلال سنين التطور .

Pure line : الخط الوراثي النقي الذي يتم الحصول عليه من الانتخاب والتلقيح الذاتي الطبيعي في نباتات ذاتية التلقيح . يمكن لخط نقي واحد ان تكثر بذوره ليكون صنفاً ، او تخلط عدة خطوط وراثية نقية متماثلة في الارتفاع والنضج والحاصل لتعطي صنفاً ذا قاعدة وراثية واسعة ويسمى multi –line .

Qualitative character : الصفة النوعية التي يكون ظهورها بين افراد المجتمع غير متدرج ، وذلك مثل لون الزهرة اما حمراء او بيضاء ، او طول النبات اما قصير او طويل ، وهذه تحكمها زوج او زوجان من الجينات .

Quantitative character : الصفة الكمية للافراد في المجتمع التي تكون فيه متدرجة من فرد لاخر ، مثل طول السنبلة طويل ومتوسط وقصير وقصير جداً ، وافضل من ذلك حاصل النبات الواحد ، عال جداً ، وعال ، وفوق متوسط ومتوسط وقليل وقليل جداً ، وهكذا . يحكم مثل هذه الصفات مجموعة كبيرة من الجينات بصورة مباشرة كما هو الحال في تباين ارتفاع النبات ، واحياناً ليست لها جينات خاصة بها ، مثل حاصل النبات .

Reading frame : احدى ثلاث طرائق لقراءة تتابع نيوكليتايدات سلسلة من triplets.

Recombinonts : افراد الذرية الناتجة من انعزالات تضريب بين آباء مختلفة وراثياً ، اذ ستحوي هذه الذريات توليفات جينية غير موجودة في اي من الابوين المتزاوجين.

Recombinant repair : طريقة سد فجوة في احد خيطي DNA باستبداله بخيط مماثل (homologous) من DNA آخر .

Regulator gene : جين يسيطر وينظم فعالية جين او جينات اخرى . يدخل مثلا الاوبرون في انتاج اللاكتوز في بكتريا E.coli وله جين منظم واوبيريتر وجينات هيكلية structural genes .

Repetition frequency : عدد نسخ التتابعات الموجودة في جينوم haploid حيث يكون عددها في DNA من نوع غير متكرر nonrepetitive هو واحد ، فيما يكون عددها اثنين او اكثر في DNA من نوع متكرر repetitive .

Reciprocal crossing : تضريب متبادل بين الاباء ، فمثلاً لو عندنا سلالات مرقمة من 1 الى 5 ، فأن تضريب 1×2 او 2×1 او 3×4 او 4×3 ، وهكذا يسمى تضريب متبادل (full dialle) .

Replication : معناها تكرار او مكرر ، وجزيئياً تمثل عملية مضاعفة او تكرار DNA بوجود مادة وسط template ،

Replicon : وحدة من الجينوم فيها DNA متكرر ، وتمتلك المقدرة على بدء التكرار مرة اخرى .

Replisome : مركب متعدد البروتين في البكتريا يمتلك المقدرة على تخليق DNA ، ويحوي انزيمات وDNA polymerase .

Reporter gene : وحدة تشفيرية مرتبطة مع promoter ولها المقدرة على انجاز وظيفة promoter .

Repression : مقدرة البكتريا على منع تخليق انزيمات معينة عندما تكون نواتجها موجودة ، تطلق الحالة كذلك على عملية منع الترجمة والاستنساخ بالارتباط مع repressor protein في موقع معين من DNA او mRNA .

Roguing : عملية ازالة النباتات المغايرة offtypes من مجتمع الصنف المزروع في الحقل ، والفعل منها هو rogue .

Seed : هي البذرة او اية اجزاء نباتية يمكن زراعتها للحصول على الذرية المطلوبة . بالنسبة للبذور هي البويضة الناضجة مع محتوياتها .

Segregation : انعزال ذرية نباتات الجيل الاول التي اذا زرعت (F_2 seed) في الحقل ، وذلك لحدوث توليفات جينية جديدة نتيجة حدوث العبور C.O ، ولايمكن العودة لانتاج نفس السلالة التي استخدمت في ذلك الهجين بسبب انعزال الاف الجينات.

Selection : اية عملية يقوم بها المربي لانتخاب نباتات تعجبه في مجتمع نباتي في الحقل ، وكلما تكررت اجيال الانتخاب كلما ازداد تكرار جينات الصفة المنتخب لها في المجتمع المنتخب .

Self – fertilization : هي نفسها self – pollination ، وهي ان تتلقح الزهرة الخنثية في النبات من حبوب لقاحها في ذاتية التلقيح ،، ويمكن ان يحدث بنسبة واطئة (5% مثلاً) في خلطية التلقيح .

Self – incompatibility : عدم مقدرة حبة اللقاح على النمو واخصاب المبيض لسبب وراثي ، افضل مثال في اصناف زهرة الشمس غير المحسنة .

Sibbing : عملية التزاوج بين الافراد الاخوة ، وهم المنحدرون من ذرية ذات التضريب ، والهدف منه زيادة تكرار جينات جيدة موجودة بين تلك الافراد ، وهو نوع من التربية الداخلية inbreeding .

Species : مجموعة من الافراد تشترك بخواص جينومية فيما بينها تعود لجنس معين ، ولايمكنها التزاوج مع نوع آخر من ذات الجنس ، مثلاً حنطة الخبز وحنطة

المعكرونه كلاهما يعود للجنس Triticum ولكن نوع حنطة الخبز aestivum لايمكنه ان يتزاوج طبيعياً مع نوع حنطة المعكرونه durum .

Sperms : هي الحيامن او الامشاج في الافراد المملكة الحيوانية وتطلق احياناً على نوى الكيس الجنيني او حبوب اللقاح في النباتات .

Spike : هي الرأس الثمري في الحبوبيات الصغيرة ، كالحنطة والشعير وتتكون من حامل تترتب عليه صفوف السنبيلات spikelets ، وتتكون الاخيرة من زهيرة فاكثر بحسب النوع والجنس .

Squares : براعم القطن الزهرية قبيل تفتحها ، فاذا تفتحت اعطت زهرة flower واذا تخصبت اعطت جوزة boll .

Synapsis : عملية اصطفاف الكروموسومات المتماثلة في الخلايا اثناء عملية الانقسام الاختزالي ، وخلالها يحدث تبادل المواد الوراثية بين الكروماتيدات بعملية العبور C.O .

Synthetic : هنالك اصناف cultivars في ذاتية التلقيح وخضرية التكاثر ، واصناف مفتوحة التلقيح open – pollinated في خلطية التلقيح ، اما هذا فيطلق عليه الصنف التركيبي وهو ناتج من خلط بذور عدة هجن جيدة متماثلة المظهر والنضج والحاصل ، وتركها للتلقيح العشوائي لجيل واحد فقط ، يمكن اجراء انتخاب عليه والحصول على سلالات او اصناف جديدة .

Top crossing : عندما يحصل المربي على سلالات جديدة ، فانه لاجل تقييمها من حيث الاداء لاحقاً في هجنها المقبلة ، يقوم بتلقيحها بسلالة او هجين ، ويزرع الذرية ، والافضل هو الذي تؤخذ بذوره الاصلية ، والعملية تسمى : تضريب قمي ، وهي غالباً تستخدم على سلالات خلطية التلقيح لما تكون في الجيل الثالث ، والتي تعطي حاصلا عالياً في تضريبها القمي يستمر المربي بتلقيحها ذاتياً مع الانتخاب حتى الجيل السادس.

Triploid : فرد ثلاثي المجموعة الكروموسومية (3X) ، فاذا زاوجنا مثلا نبات diploid (2X) مع آخر رباعي المجموع (tetraploid) (4X) ، فان الجيل الاول الناتج من التضريب يكون غالباً (3X) ، وهو غالباً عقيم . من امثلة ذلك ماذكرناه عن تضريب الشيلم مع حنطة المعكرونه ، ثم مضاعفة ذرية التضريب للحصول على صنف تريتيكيلي خصب .

Trisomic :فرد ثلاثي لكروموسوم واحد فقط (وهو ثنائي المجموعة الكرموسومية).

Xenia : حالة ظهور لون حبة الاب اذا ضرب اب اصفر الحبة من الذرة الصفراء مثلا على ام بيضاء الحبة ، فان الحبوب الناتجة مباشرة على نبات الام ستكون صفراء بسبب تغلب صفات الاب ، وبذا فهي حالة خارج الوراثة المندلية ، وتأتي ضمن عدة حالات في موضوع علمي واسع هو : فوق الوراثة Epigenetics والتي تدخل فيها تأثيرات العناصر المنتقلة transposons وقد تنتقل الصفة المتغيرة الى الجيل اللاحق او لاتنتقل ، وذلك بحسب طبيعة العوامل الوراثية المرتبطة بها في تلك الحالة .

المصادر

1- **Barber,** W., W. Zhang, H. Win, K. Varala, J. Dorweiler, M. Hudson and S. Moose. 2002. Repeat associated small RNAs vary among parents and following hybridization in maize. PNAS, 109(26):10443 – 10449.

2- **Behera,** P. 2017. Epigenetic changes in breast cancer: current aspects in India. J. Bioengineer Biomedical Sci., 7:223 – 245.

3- **Benayoun,** B., E. Pollina, and A. Brunet. 2015. Epigenetic regulation of ageing: linking environmental inputs to genomic stability. Nat. Rev. Mol. Cell Biol., 16:593 – 610.

4- **Bhaumik,** S., E. Smith, and A. Shilatifard. 2007. Covalent modifications of histones during development and disease pathogenesis. Nat. Struct. Mol. Biol., 14:1008 – 1016.

5- **Birchler,** J., H. Yao, S. Chadalyandi, D. Vaiman and R. Veitia. 2010. Heterosis. Plant Cell, 22:2105 – 2112.

6- **Brannen,** C., and M. Bartolomei. 1999. Mechanisms of genomic imprinting. Curr. Opin. Genet. Dev., 9:164 – 170.

7- **Bressman,** R., and K. Zhu. 2014. Epigenetic connects the genome to its environment. Plant Breeding Rev., 37:69 – 141.

8- **Chen,** K., S. Kumudini, M. tollenaar, and T. Vyn. 2015. Plant biomass and nitrogen partitioning changes between silking and maturity in newer versus old maize hybrids. Field Crops Res., 183:315 – 328.

9- **Chen,** K., J. Zhang, Z. Guo, Q. Ma, Z. Xu, and Y. Zhou. 2016. 5- hydroxymethylcytosine is linked to gene body hypermethylation in kidney cancer. Cell Res., 26: 103 – 118.

10- **Chen,** K., J. Camberato, and T. Vyn. 2017. Maize grain yield and kernel component relationship to morphophysiological traits in commercial hybrids separated by four decades. Crop Sc., 57: 1 – 17.

11- **Delgado-Morales,** R., R. Agis-Balboa, M. Esteller, and M. Berdasco. 2017. Epigenetic mechanisms during ageing and neurogenesis as novel therapeutic avenues in human brain disorders. Clinical Epigenetics, 9:67 – 73.

12- **Dong,** X., M. Zhang, J. Chen, L. Ping, N. Zhang, X. Wang and J. Lai. 2016. Dynamic and antagonistic allele-specific epigenetic modifications controlling the expression of imprinted genes in maize endosperm. Molecular Plant, 10: 442 – 455.

13- **Elsahookie,** M. M. 2005. Xenia or hybrid vigour in maize subspecies crosses. TIJAS, 36(6): 57 – 62.

14- **Elsahookie,** M. M. 2013. Epigenetics in Plants and Animals. Univ. of Baghdad, Coll. of Agric., pp. 121 (in Arabic).

15- **Elsahookie,** M. M. 2014. Number of genes interactive models in plants grown under stress variables. TJAS, 45(1): 99 – 104.

16- **Farias,** N., N. Ho, S. Butler, L. Delaney, J. Morrison, and S. Shahzad. 2015. The effects of folic acid on global DNA

methylation and colonsphere formation in colon cancer cell lines. J. Nutr. Biochem., 26: 818 – 826.

17- **Grimanelli,** D., E. Perotti, J. Ramrez, and O. Leblanc. 2005. Timing of the maternal-to-zygotic transition during early seed development in maize. Plant Cell, 17: 1061 – 1072.

18- **Groszmann,** M., I. Greaves, Z. Albertyn, G. Scofield, W. Peacock, and E. Dennis. 2011. Changes in 24-nt si RNA levels in Arabidopsis hybrids suggest an epigenetic contribution to hybrid vigour. PNAS, 108(6): 2617 – 2622.

19 - **Groszmann,** M., I. Greaves, R. Fujimoto, W. Peacock, and E. Dennis. 2013. The role of epigenetics in hybrid vigour. Trends Genet., 29: 684 – 690.

20- **Gutierez-Marcos,** J., and H. Dickinson. 2012. Epigenetic reprogramming in plant reproductive lineages. Plant Cell Physiol., 53(95): 817 – 823.

21- **Ha,** M., J. Lu, L. Tian, V. Ramachandran, K. Kasschau, E. Chapman, J. Carington, X. Chen, X-J, and Z. Chen. 2009. Small RNAs serve as a genetic buffer against genomic shock in Arabidopsis interspecific hybrids and allopolyploids. PNAS, 106(42): 17835 – 17840.

22- **Hanna,** C. and G. Kelsey. 2017. Genomic imprinting beyond DNA Methylayion: a role for maternal histones. Genome Biol., 18: 177 – 180.

23- **Inoue,** A., L. Jiang, T. Suzuki, and Y. Zhang. 2017. Maternal H3K27me3 controls DNA methylation-independent imprinting. Nature, 547(7664): 419 – 424.

24- **Jones,** P. A. 2012. Functions of DNA methylation: islands, start sites, gene bodies and beyond. Nat. Rev. Genet., 13: 484 – 492.

25- **Kumar,** S. and A. Singh. 2016. Epigenetic regulation of abiotic stress tolerance in plants.Adv. Plants Agric. Res., 5:5,00179. Doi:10.15406/apar.2016.05.00179.

26- **Kumar,** S. 2017. Epigenetic of plant responses to environmental stress. Doi:10.20944/preprints.

27- **Lauss,** K. R. Wardinaar, R. Oka, M. Van Hulten, V. Guryev, J. Keurentjes, M. Stam, and F. Johannes. 2018. Parental DNA methylation states are associated with heterosis in epigenetic hybrids. Plant Physiol., 176: 1627 – 1645.

28- **Law,** J., and S. Jacobsen. 2010. Establishing, maintaining and modifying DNA methylation patterns in plants and animals. Nat. Rev. Genet., 11: 204 – 220.

29- **Liu,** H., L. Ma, X. Yang, L. Zhang, X. Zeng, S. Xie, H. Peng, S. Gao, H. Lin, G. Pan, Y. Wu, and Y. Shen. 2017. Integrative analysis of DNA methylation, mRNAs, and amall RNAs during maize embryo dedifferentiation. BMC Plant Biol., 17: 105 – 116.

30- **Nodine,** M., and D. Bartel. 2012. Maternal and paternal genomes contribute equally to the transcriptome of early plant embryos. Nature, 482: 94 – 97.

31- **Radoev,** M., H. Becker, and W. Ecke. 2008. Genetic analysis of heterosis for yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.) by quantitative trait locus mapping. Genetics, 179: 1547 – 1558.

32- **Rigal,** M., C. Becker, T. Pelissier, R. Pogprelcnik, J. Devos, Y. Ikeda, D. Weigel, and O. Mathieu. 2016. Epigenome confrontation triggers immediate reprogramming of DNA methylation and transposon silencing in Arabidopsis thaliana F_1 hybrids. PNAS, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1600672113.

33- **Rossi,** V., S. Locatelli, S. Voroto, G. Don, R. Pirona, D. Henderson, H. Hartings, and M. Motta. 2007. Maize histone deacetylase hda 101 is involved in plant development, gene transcription, and sequence-specific modulation of histone modification of genes and repeats. Plant Cell, 19: 1145 – 1162.

34- **Sabilli,** P., and B. Larkins. 2009. The development of endosperm in grasses. Plant Physiol., 149: 14 – 26.

35- **Seong,** K., D. Li, H. Shimizu, R. Nakamura, and S. Ishii. 2011. Inheritance of stress-induced, ATF-2 epigenetic change. Cell, 145: 1049 – 1061.

36- **Slotkin,** R., M. Vaughn, F. Borges, M. Tanurdzic, J. Becker, J. Feijo, and R. Martienssen. 2004. Epigenetic reprogramming and small RNA silencing of transposable elements in pollen. Cell, 136: 461 – 472.

37- **Tollenaar,** M., and E. Lee. 2011. Strategies for enhancing grain yield in maize. Plant Breeding Rev. 34: 37 – 82.

38- **Wan,** J., V. Oliver, G. Wang, H. Zhu, D. Zack, and S. Merbs. 2015. Characterization of tissue-specific differential DNA methylation suggests distinct modes of positive and negative gene expression regulation. BMC Genome, 16: 49 – 58.

39- **Waters,** A., I. Makarevitch, S. Eichten, R. Swanson-Wagner, C. Yeh, W. Xu, P. Schnable, M. Vaughn, M. Gehring, and N. Springer. 2011. Parent-of-origin effects on gene expression and DNA methylation in the maize endosperm. Plant Cell, 23: 4221 – 4233.

40- **Xin,** M., R. Yang, G. Li, H. Chen, J. Laurie, C. Ma, D. Wang. Y. Yao, B. Larkins, Q. Sun, R. Yadigari, X. Wang, and Z. Ni. 2013. Dynamic expression of imprinted genes associates whith maternally controlled nutrient allocation during maize endosperm development. The Plant Cell, 25(9): 3213 – 3227.

41- **Yadegari,** R., and G. Drews. 2004. Female gametophyte development. Plant Cell, 16: S133 – S144.

42- **Yousif,** M., and M. M. Elsahookie. 2007. Effect of xenia on traits of kernel and ear of maize subspecies crosses. TIJAS, 38(1): 113 – 124.

43- **Zeamach,** A., M. Kim, P. Silva, J. Rodrigues, and B. Dotson. 2010. Local DNA hypomethlation activates genes in rice endosperm. PNAS, 107: 18729 – 18734.

44- **Zeraati,** M., D. Langley, P. SChofieid, A. Moye, R. Rouet, W. Hughes, T. Bryan, M. Dinger, and D. Christ. 2018. I-motif DNA structures are formed in the nuclei of human cells. Nature Chemistry, doi: 10.1038/S41557-018-0046-3.

45- **Zhang,** M., H. Zhao, S. Xie, J. Chen, Y. Xu, K. Wang, H. Zhao, H. Guan, X. Hu, Y. Jiao, W. Song, and J. Lai. 2011. Extensive, clustered parental imprinting of protein-coding and noncoding RNAs in developing maize endosperm. PNAS, 108(50): 20042 – 20047.

46- **Zilberman,** D., M. Gehring, R. Tran, T. Ballinger, and S. Henikoff. 2007. Genome-wide analysis of *Arabidopsis thaliana* DNA methylation uncovers an interdependence between methylation and transcription. Nat. Genet., 39: 61 – 69.

47- **Zheng,** X., L. Chen, H. Xia, H. Wei, Q. Lou, M. Li, and L. Luo. 2017. Transgenerational epimutations induced by multi-generation drought imposition mediate rice plants adaptation to drought condition. Sci. Rep., 7: 39843.

48- **Zhu,** J. K. 2009. Active DNA demethylation mediated by DNA glycosylase. Annu. Rev. genet., 43:143 – 166.

49- **Elsahookie** , M. M. 2007 .Genetic control or flowering mechanism .TIJAS, 38(2); 1-11 .

50 - **Elsahookie** , M.M. , M.J . AL-Khafaji and A.A.dawood. 2018 .Genomics and epigenomics in maize hybrid kernel . the Iraq J. of Agric . Sci , 49 (6) : 960-967 .

51- **Elsahookie** , M.M. , A .Younis , and M. AL-Khafajy. 2013 .Genetic variation of some oat traitc related to water salinity stress. TIJAS , 44(6):655-669.

52- **Woods**, K. (edit.) 2018 .Genetics ,Genomics , and Breeding of plants. Syrawood pull .House , N.Y,USA ,PP.230 .

53- **Woods**, K. (edit.) 2016 .Current Developments in Plant Genetics and Breeding. Syrawood Publ.House , N.Y,USA ,PP.256 .

53- **H.A.AL-khazaali** , M.M.Elsahookie , and F.Y,Baktash . 2016 .Flowering syndrome – hybrid performance relationship in maize,1.Field traits and growth rates.TIJAS, 47(4) : 900 -909 .

54- **H.A.AL-khazaali** , M.M.Elsahookie , and F.Y,Baktash . 2016 .Flowering syndrome – hybrid performance relationship in maize,2.Yield and yield components .TIJAS, 47(4) : 910 -920.

55- **Yousif** ,M.D. , and M.M. Elsahookie .2007 .Effect of xenia on traits of kernel and ear of maize sub – species crosses .TIJAS , 38 (1) : 113 – 124 .

56- **Elsahookie** , M.M, 2007. A new approach to predict the possible number of D.C hybrids via multi – full diallel crossing . TIJAS, 38 (1) : 125 – 127.

57- **Lei** , Y., Y. Xu , C.Hettenhausen ,C. Lu , G.Shen, C.Zhang , J. Li ,J. Song ,H. Lin , and J.W.2018. Comparative analysis of alfalfa leaf teans erigtomes reveals genotype – specific salt tolerance mechanisms , BMC. Plant Biology , 18 (38) : 2424 .

58- **Elsahookie,** M. M. 2014. Number of genes interactive models in plant groun under stress variables. TIJAS, 45(1): 99 – 104.

59- **Elsahookie,** M. M. 1985, A shortcut method for estimating plant leaf area in maize .J. Agron .and Crop Sci .154 : 157 - 160.

60- **Elsahookie,** M. M. and S.H. Cheyad .2013.Tables to estimate maize leaf area by measuring one leaf length , TIJAS, 44 (2):164-167.

61- **Johnson** , R.E.1967.Comparison of methods for estimating cotton leaf area , Agron . J., 59:493-494.

62- **Elsahookie ,**M.M., K. Ibraheem , and L.Yunan .1993. A formula to estimate leaf area in tobacco. TIJAS ,24 (1) :264 - 268.

63- **Elsahookie,** M. M. and E.E. Eldabas. 1982.One leaf dimension to estimate leaf area in sunflower .J. of Agron . and Crop Sci ., 151;199 -204.

64- **Hardan** , H.M, and M.M.Esahookie.2014 .leaf area estimation in sunflower and eapitulam diameter seed yield regression ,TIJAS ,45(5):439-447.

مع تحيات د. سلام حسين عويد الهلالي

https://scholar.google.com/citations?user=t1aAacgAAAAJ&hl=en

salamalhelali@yahoo.com

فيس بك... كروب... رسائل وأطاريح في علوم الحياة

https://www.facebook.com/groups/Biothesis/

Republic of Iraq

Baghdad

Genomics and Plant Breeding

By
Prof. Dr. M.M.Elsahookie
Scientist of Genomics and Plant Breeding
College of Agricultural Engineering Sciences/University of Baghdad

A.A.Dawood
Chief Agric.Eng.
Ministry of Agriculture

2020