أوجه الاستفادة من النباتات المتضاعفة ذاتيًا

مجالات الاستفادة من التضاعف الذاتى بصورة عامة

إن من أهم مجالات الاستفادة من التضاعف الذاتى فى تحسين النباتات - بصورة عامة - ما يلى:

١ - يستفاد من التضاعف فى إنتاج سلالات أصيلة ثنائية (٢ن) من النباتات الأحادية، كما أسلفنا.

٢ - يسمح التضاعف بزيادة التعبير عن التباينات الوراثية المتواجدة فعلاً، وهو يعطى المربى فرصة لتغيير الصفات النباتية من خلال التغيير الذى يطرأ على تكررات الهيئة الكروموسومية؛ ومن ثم على عدد جرعات الجينات الآليلية التى تسهم فى إظهار الصفات. وتتباين تلك التأثيرات بين المفيدة وغير المفيدة.

٣ - عندما لا يكون عدد الهيئات الكروموسومية بالنباتات المتضاعفة زوجيًا - كأن تكون النباتات ثلاثية أو خماسية التضاعف - فإنها تكون على درجة عالية من العقم، ويستفاد من تلك الخاصية فى إنتاج الثمار اللابذرية، كما فى حالة البطيخ الثلاثى. ونجد فى تلك الحالات أن العدد غير الزوجى للهيئات الكروموسومية يمنع الاقتران الكامل للوحدات الثنائية الكروموسومات bivalents، كما يجعل من غير المحتمل تكون جاميطات لا تحتوى على الهيئة الكروموسومية الكاملة (euploid gametes)؛ الأمر الذى يمنع إنتاج البذور.

وبينما تتشابه النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية مع النباتات الأحادية فى كونها على درجة عالية من العقم، إلاّ أنها تتميز عنها بأنها تحتل مركزًا مهمًا بين النباتات المزروعة؛ إذ ينشأ عن حالة التضاعف الثلاثى تأثيرات مورفولوجية وفسيولوجية مرغوبة. وتكون النباتات الثلاثية - غالبًا - قوية النمو، كما تكون ثمارها كبيرة الحجم، وخالية من البذور، وتوجد منها أصناف تجارية كثيرة تكثر خضريًا، ومن أمثلتها: الموز، ونحو ربع أصناف التفاح الأمريكية الهامة، وبعض أصناف الكمثرى والمشمش اليابانى، وبعض أصناف الكريزانثيمم التى تتميز بإنتاج مرتفع من البيرثيرم، وبعض أشجار الحور التى تتميز بسرعة النمو العالية، وعديد من نباتات الزينة؛ مثل العائق وبعض أصناف التيولب، والجلاديولس. وتزرع أصناف ثنائية مع أصناف التفاح والمشمش والكمثرى الثلاثية؛ لتكون مصدرًا لحبوب اللقاح فى الحقول

الإنتاجية. أما الموز .. فإن ثماره تعقد بكريًا، ولا توجد البذور إلا في الموز الثنائي المجموعة الكروموسومية، وهو لا يزرع تجاريًا.

٤ – يمكن الاستفادة من مستوى التضاعف الذاتي في التغلب على مشاكل العقم في الهجن النوعية، حيث يمكن بمضاعفة كروموسومات نوع ثنائي (٢ن = ٢س) تهجينه بسهولة مع نوع آخر رباعي (٢ن=٤س)، بغرض أن كروموسومات النوع الثنائي المضاعف متوافقة مع كروموسومات النوع الرباعي. ومن أمثلة ذلك تهجين النوع الثنائي *Agropyron cristatum* – بعد مضاعفة عدد كروموسوماته بالكولشيسين – مع النوع الرباعي التضاعف الطبيعي *A. desertorum* (عن Poehlman & Sleper ١٩٩٥).

٥ – تتميز النباتات المتضاعفة بقدرة أكبر على تحمل الظروف البيئية القاسية، الأمر الذي أسهم في تطور المحاصيل المزروعة. كذلك تتميز النباتات المتضاعفة بقدرة أكبر على التعبير الجيني والتباين الإنزيمي، مع انخفاض في معدل التنفس وارتفاع في معدل البناء الضوئي، وتأخير في الإزهار مع استمراره لفترة طويلة، وانخفاض في معدل النمو، ولكن مع قدرة أكبر على تحمل النقص في العناصر الغذائية، ويزداد في مقاومة وتحمل الأمراض والجفاف والتقلبات الحرارية.

ولقد أظهرت دراسات مزارع الخلايا أن الخلايا الثنائية تلجأ إلى التضاعف في حالات الشدّ البيئي، كما تحاول الخلايا الرباعية المحافظة على وضعها تحت تلك الظروف.

٦ – يعتقد بأن النباتات المتضاعفة تكون أكثر توافقًا مع الظروف البيئة وتحملاً لها بسبب قدرتها الخاصة على إنتاج مركبات أيضية ثانوية، يزداد تركيزها كثيرًا في النباتات المتضاعفة مقارنة بنظيراتها الثنائية، الأمر الذي يجعلها مصدرًا متميزًا لتلك المركبات التي قد يمكن الاستفادة منها في الأغراض الطبية، أو كمكسبات للنكهة .. إلخ (عن Dhawan & Lavania ١٩٩٦).

ومن أمثلة تلك المركبات التي يزداد تركيزها كثيرًا في النباتات الرباعية – مقارنة بالثنائية – ما يلي:

أ – محتوى المطاط في الداندليون الروسي.

ب – محتوى الأتروبين والقلوانيات الأخرى فى أوراق الداتورة.

جـ – محتوى النيكوتين فى التبغ.

د – محتوى "الكمفور" Champhor فى أوراق الريحان.

هـ – محتوى حامض الأسكوربيك فى أوراق الكرنب وثمار الطماطم.

و – محتوى المواد الكاروتينية فى الذرة الصفراء.

ز – محتوى الألياف فى القطن والجوت.

ويبين جدول (١٢–٢) تأثير التضاعف على تركيز بعض المركبات الأيضية الثانوية – التى يمكن الاستفادة منها – فى عديد من الأنواع النباتية.

مجالات الاستفادة من التضاعف الذاتى فى مختلف الفئات النباتية مقسمة حسب استعمالها

إن من أهم المجالات التى استخدم فيها التضاعف الذاتى لتحسين مختلف الفئات النباتية – مقسمة حسب استعمالاتها – ما يلى:

أولاً: تحسين النباتات التى تزرع لأجل أجزائها الخضرية

تعد النباتات التى تزرع لأجل أجزائها الخضرية أكثر النباتات استجابة للتربية بالتضاعف؛ فمثلاً .. وجد فى بنجر السكر أن جذور النباتات الثلاثية المجموعة الكروموسومية أكبر حجمًا من جذور النباتات الثنائية، مع تساوى نسبة السكر فى كليهما، ويترتب على ذلك زيادة كمية السكر التى يمكن إنتاجها من وحدة المساحة.

وتعد العقبة الرئيسية أمام الاستفادة من هذه الحقيقة فى الإنتاج التجارى هى كيفية إنتاج البذور الثلاثية؛ إذ تطلب ذلك زراعة سلالات ثنائية وأخرى رباعية فى خطوط متبادلة، لكى تُلقح فيما بينها. ولكن السلالات الثنائية – وهى التى تعطى محصولاً عاليًا من البذور – لا تنتج سوى نسبة منخفضة من البذور الثلاثية، بينما السلالات الرباعية – وهى التى تعطى نسبة عالية من البذور الثلاثية – يكون إنتاجها من البذور منخفضًا للغاية.

جدول (١٢-٢): تأثير التضاعف على تركيز بعض المركبات الأيضية الثانوية النافعة (عن Dhawan & Lavania ١٩٩٦).

النوع النباتي	مستوى التضاعف	تأثير التضاعف الكروموسومي
Atropa belladona	4x	٦٨٪ زيادة في تركيز الـ tropane
Acorus calamus	3x	٥٠٪ زيادة في محتوى الزيوت الطيارة
	4x	٣٠٠٪ زيادة في محتوى الزيوت الطيارة
Camellia sinensis	4x	زيادة في تركيز البولى فينولات، والـ catechins، والـ extractines، والـ caffeine
Cannabis sativa	4x	زيادة معنوية في نشاط الـ marihuana
Capsicum spp.	4x	زيادة معنوية في تركيز حامض الأسكوربيك
Carum carvi	4x	زيادة معنوية في تركيز الزيوت الأساسية ٦٧٪ زيادة في محتوى الزيوت الطيارة
Catharanthus roseus	4x	زيادة المقاومة لعفن الجذور والرقبة زيادة تركيز الـ ajmalicine في الجذور
Cinchona succirubra	4x	١٠٠٪ زيادة في تركيز الـ quinine
Costus speciosus	3x & 4x	نقص في تركيز الـ diosgenin
Cymbopogon flexuosus	4x	زيادة جوهرية في محتوى الزيوت الأساسية
Datura innoxia	1x	نقص في محتوى الـ hyoscine، والـ atropine
D. strammonium	4x	٦٠-١٥٠٪ زيادة في محتوى الـ tropane الكلى
	2n + 1	١٣٦-٢٢٧٪ زيادة في محتوى المركبات الشبه قلوية في ٧ من الـ trisomics، و ٤٠٪ نقص في ٣ من الـ trisomics، مقارنة بالكنترول
Digitalis purpurea	4x	تركيز أقل أو مماثل لما في النباتات الثنائية من الجلوكوسيدات
D. lanata	4x	تركيز أقل أو مماثل لما في النباتات الثنائية من الجلوكوسيدات، ولكنها أعلى قليلا في تركيز الـ lanatosides (A، و B)

تابع جدول (١٢-٢):

النوع النباتى	مستوى التضاعف	تأثير التضاعف الكروموسومى
Hyoscyamus niger	8x	٣٥٪ زيادة فى تركيز الـ tropane
H. albus	4x	١٦,٢٪ زيادة فى تركيز الـ tropane
H. muticus	4x	٣٦٪ زيادة فى تركيز الـ tropane
Lavandula angustifolia	4x	زيادة معنوية فى محتوى الزيوت الأساسية
L. latifolia	4x	زيادة معنوية فى محتوى الزيوت الأساسية
Lobelia inflata	4x	٥٢-١٥٢٪ زيادة فى محتوى القلوانيات alkaloids
Mentha spicata	4x	نقص فى تركيز الزيوت الأساسية
M. arvensis	4x	٣٠٪ زيادة فى محتوى الزيوت الأساسية
Ocimum kilimandscharicum	4x	٥٠٪ زيادة فى محتوى الزيوت الأساسية
Papaver bracteatum	4x	زيادة تركيز الـ thebaine
	3x	زيادة محتوى الـ thebaine فى الموسم الأول فقط
P. somniferum	3x & 4x	زيادة جوهرية فى محتوى المورفين morphine
Solanum khasianum	4x	٣٥-٥٠٪ زيادة فى محتوى الـ solasodine وزيادة فى محصول الثمار
Trigonella foenum-gracium	4x	نقص فى محتوى البذور من الـ diosgenin
Vetiveria zizanioides	4x	٦٠٪ زيادة فى محتوى الجذور من الزيوت الأساسية

هذا .. ويتوقع - كذلك - استجابة محاصيل المراعى، والزهور، ونباتات الزينة للتضاعف الذاتى؛ لأنها لا تزرع لأجل ثمارها أو بذورها. كما أن الزهور العقيمة تحتفظ بنضارتها فترة أطول، وقد يعد أى تغير فى الشكل المظهرى لنباتات الزينة عند مضاعفتها أمرًا مرغوبًا فيه فى حد ذاته.

ثانيًا: تحسين النباتات التى تزرع لأجل بذورها

لم يكن للتربية بالتضاعف دور مهم فى تحسين النباتات التى تزرع لأجل بذورها،

بسبب العقم الذى يصاحب التضاعف، ويستثنى من ذلك محصول الشيلم؛ فقد وجد أن الشيلم الرباعى (٢ن = ٤س = ٢٨) يتميز بكبر الحبة، وارتفاع نسبة البروتين بها، وقدرته على النمو فى ظروف بيئية متباينة، بينما يتساوى فى المحصول مع الشيلم الثنائى. هذا .. إلا أنه يعيبه قلة عدد الخلفات، وارتفاع طول النبات، كما اعترضت المطاحن على حبوبه الكبيرة الحجم.

ثالثًا: تحسين المحاصيل التى تزرع لأجل ثمارها

أفاد التضاعف الذاتى فى تحسين المحاصيل التى تزرع لأجل ثمارها؛ لسببين هما:

١ – وجد أن ثمار بعض الفواكه الرباعية المجموعة الكروموسومية كبيرة الحجم مقارنة بالطرز الثنائية، كما فى العنب الذى تتميز أصنافه الرباعية بأن حباتها أكبر حجمًا وبذورها أقل عددًا، ولكن يعيبها عدم امتلاء العناقيد، وقلة المحصول.

٢ – تميزت الطرز الثلاثية المجموعة الكروموسومية بخاصية العقد البكرى؛ أى بقدرتها على إنتاج ثمار خالية من البذور. ويعد البطيخ اللابذرى من أهم الأمثلة على ذلك وهو الذى تُنتج بذوره الثلاثية (التى تعطى ثمارًا خالية من البذور)؛ بتهجين سلالات رباعية التضاعف – تستخدم كأمهات – مع سلالات ثنائية التضاعف – تستخدم كآباء – علمًا بأن التلقيح العكسى لا ينجح.

وتكون ثمار البطيخ الثلاثى خالية من البذور؛ لأن الغالبية العظمى من الجاميطات التى تنتجها هذه النباتات (٢ن = ٣س = ٣٣) تكون عقيمة، ولا يكون خصبًا منها إلا ما تحتوى على ١١، أو ٢٢ كروموسومًا، وهى تتكون (أى البويضات الخصبة) بنسبة $(\frac{1}{2})^{11} \times ٢ \times ١٠٠$ أى $(\frac{1}{2})^{10} \times ١٠٠$ أى أقل من ٠,٠٥٪، بينما تزيد نسبة الجاميطات العقيمة (وهى التى تحتوى على ١٢–٢١ كروموسومًا) عن ٩٩,٩٥٪؛ لذا .. فإن الثمار العاقدة تكون خالية – تقريبًا – من البذور. هذا .. إلا أنه تظهر بثمار البطيخ الثلاثى تكوينات صغيرة بيضاء تشبه بذور الخيار، كما تبدو بها – أحيانًا – بذور خالية من الأجنة تكون قشرتها صلبة وحجمها طبيعيًّا؛ ويعد ذلك من أكبر عيوب البطيخ الثلاثى.

يحتاج عقد ثمار البطيخ الثلاثى إلى توفر حبوب اللقاح من سلالة ثنائية؛ لذا .. تجب زراعة خط من سلالة ثنائية بين كل خمسة خطوط من السلالة الثلاثية. تعمل

حبوب لقاح السلالة الثنائية كمنبهات فقط لنمو مبايض أزهار السلالة الثلاثية التى تكون بويضاتها عقيمة بنسبة تزيد على ٩٩,٩٥٪.

وينتج فى اليابان عدد كبير من أصناف البطيخ الثلاثية؛ ومن أهم عيوبها ارتفاع ثمن التقاوى؛ لكثرة اليد العاملة اللازمة لإنتاج الهجن، وصعوبة إكثار السلالات الرباعية التضاعف، وظهور أشكال غير طبيعية من الثمار الثلاثية، مع ميلها إلى التفريغ، وظهور بذور صلبة فارغة بها.

بعض الأمثلة لحالات نجحت فيها التربية بالتضاعف الذاتى

إن من أهم الحالات الناجحة للتربية بالتضاعف الذاتى، ما يلى:

١ – بنجر السكر الثلاثى التضاعف:

تكون جذور النباتات الثلاثية أكثر طولاً وأعلى محتوى من السكر.

٢ – الشوفان *Secale cereale*:

يتميز الشوفان الرباعى بزيادة حجم الحبوب وارتفاع محتواها من البروتين، وقدرتها العالية على الإنبات فى الظروف البيئية القاسية.

٣ – البطيخ اللابذرى:

يتميز البطيخ اللابذرى (الثلاثى التضاعف) بالجودة العالية ويكثر الطلب عليه فى كل من الولايات المتحدة، واليابان، وأوروبا الغربية.

٤ – نباتات العلف والمراعى:

أعطت السلالات الرباعية التضاعف السويدية من البرسيم الأحمر red clover محصولاً أعلى عن محصول نظيراتها من السلالات الثنائية.

٥ – الزهور ونباتات الزينة:

لاقت الزهور ونباتات الزينة المتضاعفة قبولاً كبيرًا إذا إنها تكون عادة أكبر حجمًا، وتعيش أزهارها لفترة أطول، وتبقى النباتات مزهرة لفترة طويلة نسبيًا، كما أن مجرد ظهور أشكال جديدة من تلك النباتات يعد أمرًا مرغوبًا فيه (عن Agrawal ١٩٩٨). ومن أهم نباتات الزينة التى حُصل فيها على أصناف جديدة عن طريق مضاعفة عدد الكروموسومات بالكولشيسين أنف العجل snapdragon، والقطيفة marigold، والزينية

zinnia، والعائق delphinum، والـ impatiens، والزنبق (السوسن) lily، وزنبق النهار day lily (Hancock ١٩٩٧).

طرق إحداث التضاعف الذاتى فى النباتات

أمكن إنتاج نباتات متضاعفة من الذرة، بتعريضها لدرجات حرارة مرتفعة، كما عرف فى الذرة – أيضًا – جين يجعل النبات قادرًا على إنتاج جاميطات متضاعفة، وهو الجين as (asynaptic) الذى يمنع التقارن الكروموسومى فى أثناء الانقسام الاختزالى.

هذا .. إلا أن مضاعفة الكروموسومات تجرى – عادة – بإحدى طريقتين، هما:

١ – إنتاج نباتات متضاعفة من نسيج الكالوس Callus Tissue:

يلزم لإنتاج نباتات متضاعفة بهذه الطريقة قطع فرع نباتى، ثم معاملة السطح المقطوع بمنظم النمو إندول حامض الخليك (IAA) فى اللانولين. وتؤدى هذه المعاملة فى بعض النباتات إلى تكون كتلة من نسيج الكالوس على السطح المقطوع، قد تنمو منها أفرع جديدة. تكون بعض هذه الأفرع رباعية التضاعف، وتنتج – لدى إكثارها خضريًا – نباتات كاملة رباعية. وقد اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى الطماطم والتبغ.

٢ – إنتاج نباتات متضاعفة بالمعاملة بالمركبات الكيميائية:

استخدم عديد من المركبات الكيميائية فى مضاعفة كروموسومات الأنواع النباتية، وكان من أمثلتها الإيثر، والكلوروفورم، وأكسيد النتروز nitrous oxide، وكلورال هيدريت Chloral hydrate، وأسينافثين acenapthene، وإيثيل كلوريد الزئبق ethyl-mercury-chloride. إلا أن أكثر المركبات استعمالاً وأهمها فى مضاعفة الكروموسومات كان الكولشيسين colchicine، وهو ما سنتناوله بشئ من التفصيل. وقد أعقب اكتشافه – وهو مركب طبيعى – تخليق طرز أخرى صناعية منه؛ مثل الكولشيم Colchium، والكالسيميد Calcemid.

الشروط التى يجب توفرها فى النباتات التى تربى بالتضاعف

يفضل توفر الشروط التالية فى المحاصيل التى تربى بالتضاعف:

١ – أن يكون عدد الكروموسومات فيها قليلاً.