الفصل الرابع

الصفات البسيطة وكيفية التعامل معها

تعريف الصفات البسيطة

إن الصفات البسيطة simple cheracters (أو monogenic characters) هى التى يتحكم فيها عامل وراثى واحد، يكون ذا تأثير واضح ومحدد على الشكل المظهرى للفرد، وهى الصفات التى تنعزل فى الجيل الثانى بنسبة ٣ سائد: ١ متنح (فى حالة السيادة التامة)، وتنعزل فى التلقيح الاختبارى test cross (أى فى التلقيح بين الجيل الأول، والأب المتنحى فى الصفة)، بنسبة ١ سائد: ١ متنحٍ.

ويميل الكثيرون إلى اعتبار الصفات التى يتحكم فيها جينين أو ثلاثة جينات رئيسية يمكن تمييز تأثيراتها عند انعزالها فى الأفراد الحاملة لها بأنها صفات بسيطة كذلك، وهى تكنى باسم oligogenic characters.

تكون الصفات البسيطة نوعية دائمًا، حتى لو أمكن قياسها كميًّا، وذلك لأنها تتميز - غالبًا - بوجود حدود فاصلة فى الشكل المظهرى بين الأفراد المختلفة وراثيًّا عن بعضها؛ فمثلاً قد يوجد تفاوت فى أطوال نباتات البسلة نتيجة لتأثرها بالظروف البيئية، ولكن يمكن - دائمًا - التميز بين أطول النباتات القصيرة، التى يكون تركيبها الوراثى dd، وأقصر النباتات الطويلة التى يكون تركيبها الوراثى DD أو Dd .. ويعطى كل جين من الجينات التى تتحكم فى الصفات البسيطة رمزًا خاصًا به.

قواعد إعطاء الرموز للجينات

نوجز - فيما يلى - أهم التوصيات الدولية الخاصة بقواعد إعطاء الرموز للجينات (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦، و Greenleaf ١٩٨٦، و Bosland & Votava ٢٠٠٠):

١ - يجب أن يكون اسم الجين دالاً على الصفات المميزة للطفرة، مع استخدام أقل عدد من الكلمات الإنجليزية أو اللاتينية فى الاسم.

٢ – يرمز للجين بحرف أو حروف رومانية مائلة italics، بحيث يكون الحرف الأول فى الرمز مطابقًا للحرف الأول فى اسم الجين. وقد يضاف حرف أو حرفان آخران للجينات المتشابهة فى حرفها الأول لتُمَيز عن بعضها بعضًا.

٣ – يكون الحرف الأول من الرمز كبيرًا (capital letter) إذا كانت الطفرة سائدة، وصغيرًا (lowercase letter) إن كانت متنحية، أما بقية الحروف فى الرمز .. فتكون صغيرة فى كلتا الحالتين. ويرمز للآليل الذى يتحكم فى الصفة الطبيعية (البرية) بعلامة +. أو يعطى الرمز العادى متبوعًا بعلامة + صغيرة فى مستوى أعلى إلى اليمين (superscrist)؛ وعليه .. يكون الآليل الطبيعى للجين السائد A هو A^+ وللجين المتنحى y هو y^+.

٤ – لا يعطى أى جين جديد رمزًا خاصًا به إلا بعد أن يتأيد ذلك بانعزالات إحصائية للجين.

٥ – إما أن تعطى الطفرات المختلفة وراثيًا – والتى تكون متشابهة فى تأثيرها المظهرى (mimics) – أسماء مختلفة، ورموزًا مختلفة، وإما أن تعطى رمزًا عامًا واحدًا ويليه شرطة (وربما لا توضع الشرطة) ثم تعطى رقمًا عدديًا أو حرفًا رومانيًا على نفس المستوى (مثلا pm-2). ويعطى الرقم ١ للجين الأول فى سلسلة من هذه الجينات، ولكنه قد يذكر، وربما لا يذكر، فمثلاً يعطى الرمزان I، و I-2 للجين الذى يتحكم فى المقاومة للسلالة رقم (١) من الفطر المسبب لمرض الذبول الفيوزارى فى الطماطم، والجين الذى يتحكم فى السلالة رقم (٢) من نفس الفطر على التوالى.

ويوصى دائمًا بإجراء اختبار الآليلية Test of Allelism قبل إعطاء رمز لأى جين فى سلسلة من الجينات من هذا القبيل؛ وذلك لأن الجينات التى تؤثر فى الصفة نفسها، والمتحصل عليها من أنواع نباتية مختلفة قد لا تكون آليلية، ويمكن فى هذه الحالة – تمييزها برمز صغير يوضع فى مستوى أعلى إلى اليمين (Superscript) يدل على اسم النوع. ويستثنى من اختبار الآليلية الجينات التى تم التعرف عليها فى أنواع species أخرى يصعب تهجينها مع النوع المعنى. ويلزم فى تلك الحالات تمييز مصادر تلك الجينات الجديدة بوضوح.

٦ – تعطى الآليلات المتعددة Multiple Alleles لنفس الجين رمزًا عامًّا واحدًا، ويليه رقم عددى، أو حرف رومانى، يكون فى مستوى أعلى إلى اليمين (superscript). ويجب دائمًا إجراء اختبار الآليلية للتأكد من كون الجينات آليلية، أم أنها جينات مختلفة.

هذا .. وتستخدم الحروف الكبيرة capital letters أو الأرقام العربية Arabic Numerals للدلالة على الآليلات السائدة، بينما تستخدم الحروف الأبجدية الصغيرة للدلالة على الآليلات المتنحية.

٧ – عندما تكتشف آليلات سائدة لطفرات متنحية فإنها تعرف بحروف فوقية كبيرة، مثل: vg^{M}، vg^{V}، و vg^{II} (وهى آليلات متعددة سائدة لإحدى طفرات الفلفل المتنحية).

٨ – يبين مستوى سيادة الآليلات المختلفة بالرمز ">"، مثل: L^{+}>L1>L2>L3>L4.

٩ – أما بالنسبة للأليلات التى توجد فى نفس الموقع الجينى، التى يكون لها نفس التأثير المظهرى (أى التى لا يمكن تمييزها عن بعضها بعضًا) .. فإنها تعطى نفس الرمز وتميز – عند الرغبة فى ذلك – برقم عددى، أو حرف مميز بين قوسين، يكون فى مستوى أعلى إلى اليمين.

١٠ – إما أن تأخذ الجنيات المحورة modifier genes رموزًا عادية، أو أنها تعطى الوصف المناسب لما تحدثه من تأثير مثل: intensifier أو upperssor أو inhibtor، ويلى ذلك .. شرطة، ثم رمز الآليل الذى يتأثر بها.

١١ – يكتب رمز الجين كاملاً – بكل ما فيه من حروف وأرقام – بأحرف مائلة.

١٢ – لا يجب أبدًا إعطاء رمز واحد لجينين مختلفين، ولا إعطاء الجين الواحد رمزين مختلفين.

١٣ – تكون أسبقية النشر هى الفيصل فى الحالات التى أعطى فيها أكثر من رمز لنفس الجين، أو رمزًا واحدا لأكثر من جين. وتوضع الرموز التى أعطيت خطأ بين قوسين فى قوائم الجينات.

ونستعرض - فيما يلي - التغيرات التي مرت بها قواعد إعطاء الرموز لجينات المقاومة للفيروسات

مرَّت قواعد إعطاء الرموز لجينات المقاومة للفيروسات بعدة مراحل، لكن الاتجاه السائد كان ولا يزال تكوين الرمز من الحروف الأولى لاسم الفيرس؛ فمثلاً .. Tm-1، و Tm-2 يرمزان لجينى المقاومة لفيرس tobbaco mosaic فى الطماطم.

وفى أحيان أخرى يأخذ الجين رمزه من طبيعة استجابة العائل للفيرس؛ فمثلاً يرمز الجين N فى التبغ إلى الاستجابة لفيرس TMV بالتحلل الموضعى (necrotic localizing response)، ويرمز الجين I فى الفاصوليا إلى الاستجابة لفيرس common mosaic virus بالتثبيط inhibition.

كذلك استخدمت الأرقام والحروف لتمييز الآليلات المختلفة فى الموقع الجينى الواحد؛ فمثلاً .. يرمز الجين $Tm\text{-}2^2$ فى الطماطم إلى آليل ثان للجين Tm-2.

واستخدمت الحروف لتمييز المصادر التى اكتشف فيها جينات المقاومة لأول مرة، فمثلاً .. يرمز et^f إلى أن مصدر لجين et (المسئول عن المقاومة للـ tobacco etch virus) هو *C. frutescens*، بينما يرمز et^{av} إلى أن مصدر الجين et هو الصنف Avelar من *C. annuum*.

وقد اقترح Kyle & Palloix (١٩٩٧) إعطاء رمز واحد مشترك لجميع الجينات المسئولة عن المقاومة للـ poty viruses فى الفلفل، هو: pvr (من poty virus resistance)، وتمييز الجينات المسئولة عن المقاومة لمختلف الـ poty viruses بأرقام تتسلسل حسب أسبقية إكتشاف كل جين، ومع تمييز مختلف الآليلات عند كل موقع جينى بأرقام علوية superscripts. وفى كل الحالات .. يكون رمز الجين Pvr إن كان سائدًا، و pvr إن كان متنحيًا.

اختبار الآليلية

ذكر اختبار الآليلية Allelism Test أثناء مناقشة قواعد إعطاء الرموز للجينات، وهو اختبار يجرى لتحديد علاقة الجين بالجينات الأخرى التى تعطى تأثيرًا مشابهًا.

فكثيرًا ما يجد المربى نفسه أمام أكثر من مصدر لصفة من الصفات التى يرغب فى الاستفادة بها فى برنامج التربية؛ فقد تتوفر – مثلاً – عدة مصادر للمقاومة لمرض ما؛ حيث يتعين – حينئذ – معرفة إن كانت هذه المصادر تحتوى على نفس الجين الخاص بالمقاومة، أم أنها تحتوى على آليلات مختلفة لنفس الجين، أم على جينات مختلفة كلية. وترجع أهمية ذلك إلى أن المربى قد يرغب فى زيادة تركيز صفة المقاومة بإدخال أكثر من جين لها فى برنامج التربية، وقد تتحكم الآليلات المختلفة لنفس الجين فى مستويات مختلفة من المقاومة؛ كما قد يتحكم كل منها فى المقاومة لسلالات معينة من المسبب المرضى دون غيرها.

يجرى اختبار الآليلية بتلقيح كل مصدر للصفة مع صنف آخر، لا يحتوى على هذه الصفة، حيث يمكن – بناء على الانعزال المشاهد فى الجيل الثانى لكل تلقيح – معرفة عدد الجينات المتحكمة فى الصفة فى كل مصدر منها، ويلى ذلك .. تلقيح المصادر المختلفة للصفة مع بضعها بكل الطرق الممكنة. ودراسة الجيل الثانى لكل تلقيح، فإن لم تحدث انعزالات .. دل ذلك على اشتراكها فى نفس الجين، أو الجينات المتحكمة فى الصفة. أما إذا حدثت انعزالات فإن ذلك يكون دليلاً على أن الجينات المتحكمة فى الصفة ليست آليلية؛ فيدل – مثلاً – حدوث انعزال بنسبة ١٥:١ على احتواء كل مصدر على جين مختلف للصفة، ويدل انعزال بنسبة ٦٣:١ على احتواء كل مصدر على جينين مختلفين للصفة.

ونورد – فيما يلى – مثالين لاختبار الآليلة، تكثر فى كل منهما الجينات المعروفة بتحكمها فى الصفة:

١ – المقاومة للبياض الزغبى فى الخس:

أجرى Zink (١٩٧٣) ستة تلقيحات بين خمسة أصناف من الخس، لتحديد العلاقة بين جينات المقاومة للبياض الزغبى التى تتوفر فيها، وحصل على النتائج المبينة فى جدول (٤–١).

٢ – المقاومة للبياض الدقيقى فى القاوون:

تتعدد مصادر المقاومة للفطر المسبب لمرض البياض الدقيقى *Sphaerotheca fuliginea* (السلالة رقم ١) فى القاوون كما تتعدد الجينات المسئولة عن المقاومة فيها، ولدراسة

العلاقة بين تلك الجينات أجرى Floris & Alvarez (١٩٩٥) اختبار الأليلية بينها. وأوضحت الدراسة أن مقاومة الصنف Negro يتحكم فيها جينًا واحدًا سائدًا. ومقاومة الصنف Amarillo يتحكم فيها جينًا واحدًا بصورة أساسية. بينما بدا أن مقاومة الصنف Moscatel Grande يتحكم فيها زوجان من الجينات. وقد تبين أن هذه الجينات الأربعة تختلف عن بعضها البعض، وأن جين المقاومة فى الصنف Negro يختلف عن الجينات التى سبق وصفها فى كل من: PMR5، و PI124111، و PI124112. كذلك تبين أن جين المقاومة فى Amarillo يختلف عن الجينات التى تتواجد فى كل من: PMR5، و PI124111، وأن عاملى المقاومة فى Moscatel Grande يختلفان عن الجين المسئول عن المقاومة فى PMR5. وقد اتضحت تلك الاستنتاجات لدى فحص ومقارنة النتائج التى تم التوصل إليها والمبينة فى جداول (٤-٢)، و (٤-٣)، و (٤-٤).

جدول (٤-١): نتائج اختبار الآليلية لمصادر مختلفة للمقاومة للبياض الزغبى فى الخس.

التلقيح	الجيل الثانى		مجموع مربع	الاحتمال (P)
	مقاوم	قابل للإصابة	كاى (χ^2)	
GL118 × Meikoningen	٤٦	١٤٦	٠,٠١١١ (١:٣)	٠,٩٥-٠,٧٠
GL118 × Ventura	٣٣	٤٨٩	٠,٠٠٤ (١:١٥)	٠,٩٥-٠,٧٠
Calmar × Meikoningen	٧٨	١٢٥٢	٠,٣٣٧ (١:١٥)	٠,٧٠-٠,٥٠
GL118 × P. Blackpool	٢٥	٣٣٨	٠,٢٥١ (١:١٥)	٠,٧٠-٠,٥٠
Calmar × P. Blackpool	٢٢	١٤٣٨	٠,٠٢٩ (١:٦٣)	٠,٩٥-٠,٧٠
Calmar × Ventura	١٩	١٢٦٥	٠,٠٥٧ (١:٦٣)	٠,٩٥-٠,٧٠

الآليلات الزائفة والآليلات غير المتماثلة

يطلق مصطلح "آليلات زائفة" pseudoalleles على الآليلات التى تقع على مواقع مختلفة من جين واحد مركب gene complex، كما يطلق عليها أيضًا اسم "آليلات غير متماثلة" heteroallelic، ولكن يشترط لصحة التسمية التأكد منها بالانعزالات أو بطرق أخرى.

جدول (٤-٢): جينات المقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر *Sphaerotheca fuliginea* التى سبق وصفها فى جيرمبلازم القاوون بواسطة باحثين مختلفين (عن Floris & Alvarez ١٩٩٥).

الجين	الصنف أو السلالة	الفعل الجينى
Pm1	PMR45	سائد
PmA	PMR45	سائد
Pm1	PMR5	سائد
PmD & PmC[1]	PMR5	سيادة مشتركة
Pm1	PMR6	سائد
Pm3	PI124111	سائد
Pm5	PI124112	سائد
PmC[2]	PI124112	سائد

جدول (٤-٣): انعزال المقاومة للبياض الدقيقى الذى تسببه السلالة رقم ١ من الفطر *S. fuliginea* فى القاوون.

العشيرة	العدد الملاحظ: المقاوم	المتوسط المقاومة	المصاب	نسبة الانعزال: المختبرة	χ^2: القيمة	الاحتمال
Piel de Sapo (PS)	صفر	صفر	١٠			
Moscatel Grande (MG)	١٠	صفر	صفر			
Negro	١٠	صفر	صفر			
Amarillo	١٠	صفر	صفر			
Negro xPS						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٢٥	صفر	٧	١:٣	٠,١٦	٠.٦٨٣١
BCs	١٦	صفر	١٥	١:١	٠,٣٣	٠.٧١٥٠
BCr	٢٠	صفر	صفر			
MG x PS						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٠	١٦	٢	١:٦:٩	٠,٥٩	٠.٧٤٤٥
BCs	١٠	٢٢	٨	١:٢:١	٠,٦٠	٠.٧٤٠٨
BCr	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo xPS						
F_1	٣٠	صفر	صفر			
F_2	٣٠	صفرُ	٩	١:٣	٠,١٠	٠,٧٥١٨
BCs	١٦	صفر	٢٠	١:١	٠,٤٤	٠,٥٠٥٠
BCr	٢٨	صفر	٢			

جدول (٤-٤): نتائج اختبار الآليلية للمقاومة للسلالة رقم ١ من الفطر *S. fuliginea* فى القاوون.

العشيرة	العدد الملاحظ			نسبة الانعزال	χ^2	
	المقاوم	المتوسط المقاومة	المصاب	المختبرة	القيمة	الاحتمال
Negro x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٨	صفر	٢	١:١٥	٠,٣٦	٠,٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٢٥	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٢٥	صفر	صفر			
Moscatel G. x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٥٤	٤	٢	١:٦:٥٧	١,٧٤	٠,٤٢٦٤
BC_1 (F_1 x Moscatel G.)	٢٥	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo x PMR5						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٩	صفر	١	١:١٥	١,٤٤	٠,٢٢٩٩
BC_1 (F_1 x Amarillo)	٢٦	صفر	٢			
BC_2 (F_1 x PMR5)	٣٠	صفر	صفر			
Amarillo x PI124111						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٩	صفر	١	١:١٥	١,٤٤	٠,٢٢٩٩
BC_1 (F_1 x Amarillo)	٢٧	صفر	٣			
BC_2 (F_1 x PI124111)	٣٠	صفر	صفر			
Negro x PI124111						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٦.	صفر	٤	١:١٥	٠,٣٦	٠,٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٢٦	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PI124111)	٣٠	صفر	صفر			
Negro x PI24112						
F_1	١٠	صفر	صفر			
F_2	٣٨	صفر	٢	١:١٥	٠,٣٦	٠,٥٤٨٣
BC_1 (F_1 x Negro)	٣٠	صفر	صفر			
BC_2 (F_1 x PI124112)	٣٠	صفر	صفر			

حدود تأثير العامل الوراثى على الشكل المظهرى

إن الجين لا يعمل فى فراغ؛ فهو يؤثر ويتأثر بالجينات الأخرى الموجودة بالتركيب الوراثى للكائن الحى، ورغم أن الجين قد يكون له دور واحد فى التفاعلات الحيوية .. إلا أنه يكون له – غالبًا – عدة تأثيرات نهائية على الشكل الظاهرى للكائن الحى؛ وبذا فإن كل الجينات قد تكون ذات تأثير متعدد، ويحاول مربو النبات الاستفادة من هذه الحقيقة فى تحديد القيمة الحقيقية للجين؛ من خلال دراساتهم على السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines، وهى السلالات التى تحتوى على آليلات . نة لجين واحد، ولكنها تكون متماثلة – تمامًا – فى جميع الجينات الأخرى.

طرق إنتاج السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة

تنتج السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة بإحدى طريقتين، كما يلى:

طريقة التهجين الرجعى Backcross Method

تجرى التربية بطريقة التهجين الرجعى بغرض نقل صفة أو صفات قليلة من سلالة برية أو صنف مزروع إلى صنف تجارى ناجح، وتعتمد على انتخاب النباتات التى تحتوى على الصفة المراد نقلها بعد التهجين الأصلى، وتهجينها رجعيًا للصنف التجارى وتكرار ذلك نحو ثمانى مرات؛ حيث نحصل – فى نهاية الأمر – على سلالة جديدة مماثلة تمامًا للصنف التجارى فى جميع العوامل الوراثية فيما عدا احتوائها على آليل مختلف للجين المطلوب معرفة تأثيره.

تتميز هذه الطريقة بأنها تسمح بتقييم تأثير الجينات فى الأصناف التجارية الناجحة، كما أن السلالة الجديدة المنتجة بالتهجين الرجعى .. قد يمكن استعمالها كصنف جديد إن كانت الصفة المنقولة إليها مرغوبًا فيها، ولكن يعاب عليها أنها لا تسمح بتقييم الجين إلا فى خلفية وراثية واحدة، وهى الخلفية الخاصة بالصنف التجارى الذى استخدم كأب رجعى، بينما قد يختلف تأثير الجين باختلاف الخلفية الوراثية للصنف الذى نقل إليه.

طريقة التلقيح الذاتى مع انتخاب النباتات الخليطة فى الجين المراد دراسة تأثيره

يسهل اتباع هذه الطريقة مع الجينات التى يكون فيها الفرد الخليط وسطًا فى صفاته