الفصل التاسع

# المُعَلِّمات الوراثية والتربية الجزيئية

إن أبسط تعريف للمُعَلِّمات الوراثية أنها جينات تتحكم فى صفات يسهل التعرف عليها، وتستخدم فى الاستدلال على جينات أخرى يرغب المربى فى التعرف عليها.

## طرز المُعَلِّمات الوراثية

تعرف عدة طرز من المُعَلِّمات الوراثية، كما يلى:

### المعلِّمات المورفولوجية

إن الصفات المورفولوجية هى أقدم المعلمات الوراثية وأكثرها استعمالاً. وأهم ما يميزها بساطتها وسهولة استخدامها.

إن الطفرات الرئيسية تعطى تأثيرًا واضحًا يسهل تمييزه على الشكل الظاهرى للفرد، وبذا .. فهى تخدم كمعلمات لأجزاء الكروموسومات التى توجد فيها تلك الجينات. وتعتمد الخرائط الارتباطية العادية على تلك المعلمات التى تُحَدَّد مواقعها على امتداد طول الكروموسومات نسبة إلى بعضها البعض، وتقاس المسافات بينها بالسنتى مورجان cM. وعندما تُظهر أى صفة ارتباطًا بمثل تلك المعلمات المورفولوجية فإن الجينات التى تتحكم فيها يفترض أن تقع قريبة من مواقع المعلمات. وتعد محدودية أعداد تلك المعلمات هى وجه القصور الرئيسى الذى يقف حائلاً أمام الاعتماد عليها فى تحديد مواقع مختلف الجينات، وخاصة تلك التى تتحكم فى الصفات الكمية. هذا .. فضلاً عن وجود تأثيرات متعددة لبعض الجينات المعلمة تؤثر على نسبة الانعزالات، ومن ثم تؤثر فى تحديد مواقع الجينات.

## المعلّمات البروتينية

تستعمل البروتينات – التى هى نواتج الجينات – كمعلمات؛ فيما يعرف بالمعلمات البروتينية protein markers؛ علمًا بأن الآليلات المختلفة للجين الواحد تُنتج بروتينات مختلفة ذات محتوى متباين من الأحماض الأمينية. ويدخل ضمن المعلمات البروتينية الأيزوزيمات isozymes باعتبارها بروتينات، وهى من أكثر المعلمات الوراثية التى استخدمت خلال الربع الأخير من القرن العشرين

يُشير المصطلح أيزوزيمات إلى الإنزيمات ذات النشاط الواحد. لكنها تختلف فى وزنها الجزيئى وبالقدرة على الحركة فى حقل كهربائى، حيث تستخدم أجهزة الـ gel electrophoresis فى فصل الأيزوإنزيمات، بينما تستخدم الـ polyacrylamide gels فى فصل بروتينات البذور ويحدث الاختلاف فى الحركة نتيجة للطفرات العاملية التى يترتب عليها بعض التغيرات فى الأحماض الأمينية لنفس الإنزيم؛ أى تكون الأيزوزيمات منتجات لآليلات مختلفة للجين الواحد، وليس لجينات مختلفة ويعرف النظام التى تترتب فيه الإنزيمات المتحصل عليها من تركيب وراثى معين – بالفصل الكهربائى electrophoresis – باسم gene banding، وهو نظام خاص ومميز للمحتوى الآليلى. لهذا التركيب الوراثى. وتعد شرائط ترسيب الإنزيمات enzyme bands ممثلة للآليلات، وتنتج الـ banding patterns لمختلف التراكيب الوراثية من تعدد الاليلات polymorphism هذا إلاّ أن تلك الجينات – وهى مندلية بسيطة وذوات سيادة مشتركة – لا تتوزع اعتباطيًا فى كل الهيئة الكروموسومية.

هذا وتسمح طبيعة السيادة المشتركة codominance للمعلمات الأيزوزيمية بتمييز التركيب الوراثى الخليط عن الأصيل السائد والأصيل المتنحى وقد ترتبط تلك المعلمات الأيزوزيمية بأى صفة، الأمر الذى يمكن التعرف عليه بتحليل النسل المنعزل فى كل من المعلمات والصفة التى يُراد دراستها ومن أمثلة هذه الارتباطات تلك التى وجدت بين المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور والجين Aps-1 المتحكم فى إنتاج الإنزيم acid phosphatase فى الطماطم (عن Bretting & Widrlechner ١٩٩٥، و Chahal & Gosal ٢٠٠٢)

## معلمات الدنا، أو المعلمات الجزيئية

يقدر أن كل كروموسوم يحتوى على نحو $10^{8}$–$10^{10}$ زوجًا من القواعد الآزوتية، إلاّ أن نحو ١٠٪ منها فقط هى التى تكون نشطة فى عملية الـ coding؛ بما يعنى أن الجزء الأكبر من المادة الوراثية لا يلاحظ له تأثير واضح على الشكل المظهرى للفرد ويمكن تحديد نقاط محدودة من الدنا – سواء أكانت نشطة فى الـ coding، أم غير نشطة – كمعلمات.

ويعرف معلم الدنا DNA marker بأنه جزء صغير من الدنا تظهر به تتابعات متنوعة sequence polymorphism فى أفراد مختلفة من النوع الواحد. تكثر تلك التباينات فى التتابعات بدرجة كبيرة فى مختلف الكائنات الحية، تزيد كثيرًا عن درجة التغيرات فى شحنات البروتينات (عن Chahal & Gosal ٢٠٠٢).

إن مبدأ المعلمات الوراثية الجزيئية يعتمد على استعمال جزء الدنا أو المُعَلِّم كنقطة مرجعية للمقطع الكروموسومى الذى يقع فيه ذلك الجين المعلم وما يجاوره، بما يسمح بإمكان متابعة ذلك المقطع من خلال المعالجات الوراثية المناسبة. وتتطلب تلك الطريقة توفر آليلات أخرى للجين المعلم على المقاطع الكروموسومية الأخرى المثيلة (المناظرة) له، والتى يمكن تكرارها فى أفراد أو سلالات أخرى ويمكن – حينئذ – تقييم علاقات تلك المقاطع الكروموسومية المعلمة بالتعبير عن صفات كمية معينة، بينما تسمح للمناطق الكروموسومية الأخرى فى نفس الأفراد وللعوامل البيئية المؤثرة فى تلك الصفات لأن تتباين فى تأثيراتها عشوائيًا (عن Stuber ١٩٩٢).

ولقد أحدثت تقنية المُعَلِّمات الجزيئية molecular markers technology ثورة شاملة فى مجال تربية النبات. وقد طورت عدة أنواع من تلك التقنيات لتسهيل تحليل الجينومات (الهيئات الوراثية) النباتية.

يصف مصطلح تعدد الطرز (أو البولىمورفزم) polymorphism حالة تواجد طرزًا مختلفة من ذات المعلم الوراثى فى العشيرة الواحدة

وتعد الـ DNA polymorphisms أكثر التباينات الوراثية من حيث درجة توريثها،

وهى يمكن أن تستعمل فى النباتات لثلاث هيئات وراثية (genomes)، وهى الخاصة بالنواة، والبلاستيدات الخضراء، والميتوكوندريات

وتتميز المعلمات الجزيئية molecular markers على المعلمات المظهرية morphological markers، بما يلى (عن Chahal & Gosal ٢٠٠٣):

| المعلمات المورفولوجية | المعلمات الجزيئية |
|---|---|
| ١ – لا يمكن التمييز بين الأشكال المظهرية لمعظم المعلمات المورفولوجية إلا على مستوى النبات الكامل. | يمكن التمييز بين التراكيب الوراثية على مستوى النبات، والأنسجة، وحتى على المستوى الخلوى. |
| ٢ – لا يتوفر الكثير من الآليلات المتميزة للمعلمات المورفولوجية | يتوفر عدد كبير نسبيًا من الآليلات – التى توجد طبيعيًا – من المعلمات الجزيئية. |
| ٣ – ترتبط المعلمات المورفولوجية – عادة – بتأثيرات مظهرية غير مرغوب فيها. | لا ترتبط المعلمات الجزيئية – عادة – بأى تأثيرات غير مرغوب فيها. |
| ٤ – تكون الآليلات عادة سائدة أو متنحية؛ مما يجعل من الصعوبة انتخاب التراكيب الوراثية المتنحية | تُظهر الآليلات – عادة – سيادة مشتركة؛ مما يجعل بالإمكان التمييز بين كل التراكيب الوراثية الممكنة المنعزلة. |
| ٥ – تحد تأثيرات التفوق القوية من عدد المعلمات التى يمكن الاستفادة منها فى العشيرة الانعزالية الواحدة | تسمح حالات التفوق والتأثير المتعدد القليلة نسبيًا بعدد غير محدود من المعلمات التى يمكن الاستفادة منها فى العشيرة الانعزالية الواحدة |
| ٦ – ترتبط بمرحلة محددة من النمو. | لا ترتبط بمرحلة محددة من النمو. |

## الشروط التى يجب توفرها فى المُعَلِّمات الوراثية

إن أهم المتطلبات التى يجب توفرها فى المُعَلِّمات الوراثية، ما يلى:

١ – يجب أن تكون متعددة الصور polymorphic، ويفضل أن تكون متعددة الصور بدرجة عالية highly polymorphic وإذا لم يتحقق هذا الشرط فى المعلمات الوراثية فإنها لا يمكن أن تقوم – بكفاءة – بعديد من الوظائف المنوطة بها هذا مع العلم بأن المعلمات الوراثية المتعددة الصور بدرجة عالية توجد بها عديدًا من الآليلات فى كل موقع.

٢ – يجب أن تكون المعلمات الوراثية ذوات درجات توريث عالية، بمعنى ألاّ يتأثر