وتعد الطريقة الوحيدة المعروفة حاليًّا والتى يمكن استخدامها فى إنتاج نباتات أحادية مضاعفة فى الطماطم هى من خلال زراعة المتوك، إلاّ أن لهذه الطريقة محدوديتها، حيث تنخفض فيها كفاءة إنتاج النباتات الأحادية، كما تنخفض فيها – كذلك – معدلات إنتاج النباتات الأحادية المضاعفة. ولقد تبين أن أكثر من ٩٠٪ من الكالوسات الثنائية التى تتكون فى مزارع متوك الطماطم تنتج إما من خلايا أمية (جسمية)، وإما من اندماج نواتين أحاديتين مختلفتين (Corral-Martinez وآخرون ٢٠١١).

وترجع أهمية النباتات الأحادية إلى إمكان استخدامها فى إنتاج نباتات أصيلة وراثيًّا بمجرد مضاعفتها بالكولشيسين؛ بما يسمح باستخدامها إما مباشرة فى الزراعة، وإما كآباء فى مختلف برامج التربية، وخاصة عند إنتاج الهجن التجارية.

الانتخاب بمساعدة الواسمات الوراثية

يمكن استخدام الواسمات الوراثية genetic markers فى التربية، حيث يكون من السهل الانتخاب للصفات المرغوب فيها بدقة؛ مما يُسرع كثيرًا من برامج التربية، وخاصة عندما يكون الانتخاب على أساس الشكل المظهرى صعبًا أو تحفه المشاكل، كما يُفيد استخدام الواسمات – كذلك – فى برامج التربية بالتهجين الرجعى، وخاصة عند الرغبة فى نقل جينات معينة من الأنواع البرية القريبة مع استبعاد الصفات غير المرغوب فيها للأب البرى. ويمكن باستعمال عينات ورقية صغيرة – عند استعمال الواسمات الجزيئية – توفير عدة سنوات من برامج التربية، وذلك بانتخاب البادرات الحاملة لعدد من الصفات المرغوب فيها – غير المرتبطة – فى وقت واحد.

ويمكن بالاعتماد على الـ QTLs انتخاب أزواج من آباء تحمل جينات مرغوب فيها بـ QTLs مختلفة لنفس الصفة، خاصة إذا كان للجينات تأثيرات كبيرة واستعملت عشائر كبيرة بما فيه الكفاية (١٥٠–٢٥٠ نبات) للتعرف على الواسمات ومواقعها الكروموسومية.

ويُعرف فى الطماطم أكثر من ٢٨٥ واسمة جزيئية لصفات مورفولوجية وفسيولوجية وصفات المقاومة للأمراض، و٣٦ مشابهات إنزيمية isozymes، وأكثر من ١٠٠٠

restriction fragment length polymorphisms (اختصارًا: RFLPs) تتوزع على كروموسومات الطماطم الإثنى عشر؛ هذا بالإضافة إلى أكثر من ١٦٢٠٠٠ واسمة expressed sequence tags (اختصارًا: EST) تم تحديد الموقع الكروموسومى لنحو ٣,٢٪ منها.

وقد أمكن وضع عدة خرائط كروموسومية للطماطم اعتمادًا – بصفة أساسية – على تهيجات نوعية بين أصناف الطماطم وسلالات من الأنواع البرية القريبة. ولقد استخدمت الواسمات والخرائط فى تحديد مواقع وتعليم جينات أو QTLs لعديد من الصفات، وهى المعلومات التى تُفيد كثيرًا فى الانتخاب بمساعدة الواسمات marker-assisted selection (اختصارًا: MAS)، وعزل جينات – اعتمادًا على الخرائط – للصفات المرغوب فيها أو الـ QTLs. ويُستخدم الـ MAS فى تداول جينات المقاومة الرأسية للأمراض، مثل النقط البكتيرية والجذر الفلينى والذبول الفيوزارى والندوة المتأخرة والبياض الدقيقى وفيرس موزايك الطماطم وفيرس ذبول الطماطم المتبقع وفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم وذبول فيرتسيليم ونيماتودا تعقد الجذور. ويتعين تحديد الـ QTLs التى تُسهم فى التباين الوراثى للصفات الكمية قبل الاعتماد على الـ MAS فى الانتخاب لها.

ويعتمد نجاح الـ MAS. على مدى قرب الارتباط بين الجينات المرغوب فيها والواسمات.

هذا.. وتعرف عديد من واسمات الـ DNA (وهى التى تعرف – كذلك – بالواسمات الجزيئية) مثل: الـ RFLP، و RAPD، و CAPS، و SSR، وتستخدم جميعها فى برامج تربية الطماطم لتحسين الصفات البسيطة والكمية على حد سواء (Saidi & Warade ٢٠٠٨).

لقد أحدثت الاستفادة من واسمات الـ DNA – خاصة تلك التى تعتمد على الـ PCR – تقدمًا هائلاً فى البحوث الوراثية فى النباتات بصفة عامة. وبالنسبة للطماطم.. أمكن حتى عام ٢٠١١ تعريف ٩٣٠٩ واسمة جزيئية؛ وبذا.. وضعت خرائط وراثية كثيفة أفادت كثيرًا فى الدراسات الوراثية وبرامج التربية؛ حيث إن الواسمات القريبة من الجينات المرغوب فيها تسمح بالتعرف على النباتات الحاملة لها والتخلص من التراكيب الوراثية

التى تحمل جينات غير مرغوب فيها، وذلك هو الـ marker-assisted selection (Szczechura وآخرون ٢٠١١).

ولقد أمكن الاستفادة من واسمات الدنا فى برامج التربية منذ بدايات تسعينيات القرن الماضى. ويُستفاد حاليًا من الواسمات المرتبطة بجينات المقاومة للأمراض فى الانتخاب للمقاومة؛ وبذا.. أمكن الجمع بين عدة جينات للمقاومة فى الصنف الواحد؛ الأمر الذى يُعرف بالتهريم pyramiding. كذلك يمكن الاستفادة من الواسمات المرتبطة بجينات المقاومة فى عزل الجينات (cloing and sequencing). ولقد أمكن عزل عدة جينات لمقاومة الأمراض فى الطماطم، منها الجينات: Cf-2، و Cf-4، و Cf-5، و Pto، و Mi، و I2، و Sw-5؛ بما يسمح بإدخالها فى أى من الأصناف المفضلة (Barone ٢٠١٦).

الخرائط الكروموسومية الجزيئية

للإطلاع على جهود التربية الجزيئية للطماطم وتقنيات الخرائط الكروسومية الجزيئية الخاصة بجينوم الطماطم .. يراجع Foolad (٢٠٠٧)، و Labate وآخرين (٢٠٠٧)، و Passam وآخرين (٢٠٠٧)، و Barone وآخرين (٢٠٠٨).

التحويل الوراثى (الهندسة الوراثية)

على الرغم من أن الطماطم كانت أول المحاصيل الزراعية التى استُخدمت فيها الهندسة الوراثية فى التربية لإنتاج أصناف جديدة؛ الأمر الذى تمثل فى إنتاج الصنف Flaver-Saver فى عام ١٩٩٤ – وهو الذى قوبل فى بداية الأمر بترحيب من قبل المستهلكين – إلاّ أن هذا الترحيب لم يدم طويلاً بسبب انخفاض محصوله، ولمعاناته من بعض المشاكل التسويقية. وتميز هذا الصنف بانخفاض نشاط الإنزيم polygalacturonase المسئول عن فقد الثمار لصلابتها. وعلى الرغم من نشاط الباحثين فى الاستفادة من تقنيات الهندسة الوراثية فى نقل صفات تؤثر فى تمثيل إنزيمات أخرى تؤثر فى كل من النضج، وجودة الثمار، وتحمل مبيدات الحشائش، ومقاومة الفيروسات والحشرات وتحمل الظروف البيئية القاسية.. على الرغم من ذلك فإن إنتاج أصناف الطماطم المحولة وراثيًّا توقف كلية