الفصل الأول

التربية لتحسين المحصول والتأقلم على وسائل الإنتاج

التربية لتحسين المحصول المبكر

يُجرى الإنتخاب للتبكير فى النضج على أساس كمية المحصول المبكر الذى يتحدد – عادة – على أحد الأسس التالية :

١–المحصول الذى يتم حصاده خلال الخمسة عشر يومًا الأولى من موسم الحصاد.

٢–محصول الجمعتين أو الجمعات الثلاث الأولى.

٣–المحصول الذى يتم حصاده قبل بداية الحصاد من الصنف القياسى.

٤–المحصول الذى يتم حصاده قبل تاريخ معين.

وتوجد مقاييس أخرى لتحديد المحصول المبكر. وعمومًا.. فإن المربى يأخذ منها ما يناسبه.

وقد دُرس الارتباط بين التبكير فى النضج وصفات نباتية أخرى، بهدف الانتخاب لصفة التبكير دونما حاجة إلى الانتظار لحين نضج المحصول. فمثلاً.. وجد Pandita & Andrew (١٩٦٧) ارتباطًا معنويًّا سالبًا بين محتوى الورقة من عنصر الفوسفور، وعدد الأيام حتى النضج، وذلك فى عدد من أصناف الطماطم التى تختلف فى موعد نضجها. كان الارتباط – فى النباتات الصغيرة التى يبلغ عمرها ٦–٨ أسابيع – أكبر مما فى النباتات الأكبر التى يبلغ عمرها ١٠–١٢ أسبوعًا. واقترح الباحثان الانتخاب لصفة التبكير فى النضج، بتحليل مستوى الفوسفور فى أوراق النباتات – وهى فى مرحلة مبكرة من نموها – بدلاً من الانتظار لحين نضج الثمار. هذا.. وقد وجد الباحثان ارتباطًا وثيقًا مماثلاً فى محصول الخس.

كذلك يتأثر التبكير فى النضج بعدد الأيام التى تلزم لوصول الثمرة إلى مرحلة التحول، وهى صفة وراثية؛ فتتميز سلالة الطماطم الشيرى Cornell 871213-1 بأن ثمارها تستغرق – من تفتح الزهرة إلى مرحلة التحول breaker stage – فى ظروف مختلفة – حوالى ٣١–٣٢ يومًا، مقارنة بنحو ٤٠–٤٨ يومًا فى سلالة شيرى أخرى هى NC 21C-1. وفى دراسة على تهجين بينهما قُدِّرت درجة توريث تلك الصفة على النطاقين العريض والضيق بنحو ٧٢٪، و٤٠٪ – على التوالى – على أساس قيم النباتات المفردة، كما قدرت درجة التوريث على النطاق الضيق بنحو ٢٩٪ على أساس انحدار الجيل الثالث على الجيل الثانى، وقدرت درجة التوريث المحققة بنحو ٣١٪ (Kemble & Gardner ١٩٩٢).

وتبعًا لـ Boswell (١٩٣٧).. فإن موعد النضج صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى – غالبًا – نظرًا لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطًا بين الأبوين، بينما تظهر كل التدرجات فى موعد النضج فى نباتات الجيل الثانى. ويعتبر التبكير فى النضج من الصفات المنخفضة فى كفاءة توريثها؛ حيث قدرت فى المعنى العام Broad Sense Heritability بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢).

وجدير بالذكر أن كفاءة نظام إنتاج الطماطم اعتمادًا على عنقود واحد single-truss tomato production system يعتمد على مدى التبكير. وقد قام Nakano وآخرون (٢٠١٦) بإجراء تحليل للـ QTLs المؤثرة فى وقت تنشئة الأزهار فى الطماطم.

ويلعب التفريع الجانبى دورًا فى التبكير فى النضج، وقد وُجد أن تكوين ونمو الفروع الجانبية يُنَّظم ببعض الـ QTLs المضيفة والمتفوقة epistatic، وربما يكون لبعضها تأثير متعدد على وقت الإزهار (Lee وآخرون ٢٠١٥).

ولقد أمكن التعرف على ثلاث QTLs ترتبط بالتبكير فى الحصاد، كانت إحداها ترتبط – أساسًا – بموعد الإزهار، وترتبط واحدة أخرى بموعد عقد الثمار، وثالثة بموعد النضج (Lindhout وآخرون ١٩٩٤).

كما أمكن التعرف على QTL (هى: dw1) من *S. pennellii* ترتبط كثيرًا مع زيادة المحصول والتبكير فى النضج، ولكن مع انخفاض فى صلابة الثمار.

التربية لتحسين المحصول الكلى

إن صفة المحصول – كما هو معلوم – صفة كمية مركبة. ويذهب بعض مربى النبات إلى اعتبار أن المحصول هو محصلة فعل جميع الجينات التى يحملها النبات، وهو قول لا يذهب بعيدًا عن الواقع. ولكن تتفاوت الصفات النباتية – كثيرًا – من حيث تأثيرها فى المحصول. ولا يمكن معرفة الحجم الحقيقى لتأثير كل جين إلاّ بإنتاج سلالات تختلف فى آليلات هذا الجين – بينما تكون أصولها الوراثية متشابهة (isogenic lines) – ثم مقارنة محصولها.

ومن أبرز الأمثلة على الصفات المؤثرة فى المحصول برغم أنها لا تُذكر – عادة – فى هذا الشأن صفتا النمو المحدود مقابل النمو غير المحدود، والنمو الطبيعى مقابل النمو المتقزم.. علمًا بأن كلتيهما صفة بسيطة يسود فيها النمو غير المحدود والمتقزم على التوالى. كما يتوقع أن يكون لصفات الورقة تأثيرات متباينة على المحصول الكلى للنبات، ومن أمثلتها: صفات اللون الأخضر مقابل اللون الأخضر المصفر، والطبيعية المظهر مقابل الذابلة wilty، والعادية الشكل مقابل الشبيهة بورقة البطاطس.. علمًا بأن جميعها صفات بسيطة يسود فيها اللون الأخضر، والمظهر والشكل الطبيعيين على التوالى. هذا .. بينما لا يتوقع أن يكون لصفات أخرى تأثير يذكر على المحصول؛ مثل صفة لون ساق البادرة الأرجوانى مقابل اللون الأخضر، وهى صفة بسيطة يسود فيها اللون الأرجوانى.

هذا .. إلاّ إنه عند التربية للمحصول.. فإن جلّ اهتمام المربى ينصب إما على المحصول الكلى مباشرة، وإما على مكونات هذا المحصول – كل على حدة – وإما على الصفات الفسيولوجية التى يكون لها دور مباشر فى التأثير فى المحصول.

ومن أهم مكونات المحصول فى الطماطم: عدد العناقيد الزهرية، وعدد الأزهار بكل عنقود، ونسبة العقد (أو عدد الثمار بكل عنقود)، ومتوسط وزن الثمرة. وكما هو متوقع.. فإن درجة توريث المحصول تكون منخفضة جدًّا إذا لم تؤخذ – فى الحسبان – مكونات هذا المحصول، أو الصفات الفسيولوجية التى تؤثر فيه كل على انفراد. فمثلاً.. قدرت كفاءة توريث المحصول فى المعنى العام فى إحدى الدراسات بنحو ١٠٪ فقط. وفى المقابل.. ارتفعت كفاءة التوريث المقدّرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢، و Yassin ١٩٨٨). كذلك حُصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧٪ لكفاءة التوريث فى المعنى العام لصفة عدد الأوراق بين العناقيد، وهى – كسابقتها – صفات ترتبط بصفة المحصول الذى يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات، وبنقص عدد الأوراق بين كل عنقودين زهريين.

وتفيد دراسة الأساس الفسيولوجى للمحصول فى إمكانية الربط بين المحصول المرتفع ومختلف العمليات الفسيولوجية التى تسهم بدور فعال فى إنتاج هذا المحصول فى السلالات المختلفة؛ وبذا تتضح الرؤية أمام المربى، الذى يسعى – بناء على هذه المعلومات – إلى جمع تلك الصفات الفسيولوجية فى تركيب وراثى واحد يكون أعلى محصولاً من أى من السلالات المستخدمة فى إنتاجه منفردة.

الخصائص ذات العلاقة بتحسين المحصول

إن من أهم الخصائص ذات العلاقة بالمحصول – والتى يهتم بها المربى لأجل تحسين المحصول – ما يلى:

كفاءة عملية البناء الضوئى والمحتوى الكلوروفيلى العالى بالأوراق

وجدت اختلافات كبيرة بين أصناف الطماطم فى كفاءتها فى عملية البناء الضوئى. كما تبين وجود علاقة فى بعض سلالات الطماطم بين كفاءة عملية البناء الضوئى وبعض صفات الورقة المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية. وكانت أكثر الصفات دلالة على

مدى كفاءة عملية البناء الضوئى هى محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ حيث بلغ معامل الارتباط (r) بين الصفتين ٠,٦٩.

وأظهرت الدراسات الوراثية أن صفتى كفاءة البناء الضوئى والمحتوى الورقى المرتفع من الكلوروفيل يتحكم فيهما — معًا — جين واحد؛ وهو ما يعنى أن انتخاب النباتات ذات الأوراق الخضراء القاتمة يعنى — تلقائيًّا — انتخاب التراكيب الوراثية ذات الكفاءة التمثيلية العالية. وقد تبين — كذلك — أن تلك الكفاءة العالية كانت مرتبطة بزيادة كبيرة فى كمية ونشاط إنزيم ribulose,1-5-biphosphate carboxylase.

ولقد وجد أن تربية الطماطم للقدرة على النمو فى حرارة منخفضة (٦، و١٠°م) لم يكن مجديًا، وكان الأجدى تربية أصناف عالية الكفاءة فى الاستفادة من الطاقة المتاحة، تكون قادرة على إنتاج كتلة بيولوجية عالية بصورة مستقلة عن درجة الحرارة (Nieuwhof وآخرون ١٩٩٣).

الفيتوكروم والفلورجن وأهميتهما

وجد من دراسة أُجريت على طفرتى الطماطم PHYA ، و PHYB1 (وهما من طفرات الفيتوكروم phytochrome) أنهما يلعبان دورًا فى زيادة محصول الثمار بنسبة وصلت فى أحد الأصناف إلى ٧٤٪ فى ظروف الصوبة، و٣٩٪ فى ظروف الحقل. وبينما لم تؤثر الطفرة PHYB1 على أى من صفات الجودة المقيسة، وهى: نسبة الوزن الجاف إلى الوزن الطازج، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، ولزوجة المعجون (الصلصة)، وعدد البذور بالثمرة، ولون الثمار؛ فإن الطفرة PHYA أحدثت تحسُّنًا فى تلك الصفات (Alba وآخرون ١٩٩٩).

وفى دراسة أخرى تمت الاستعانة بنحو ٥٠٠٠ نبات يحتوى كل منها على طفرة واحدة تُحدث ضررًا فى أحد جوانب نمو الطماطم، مثل حجم الثمرة، وشكل الورقة... إلخ، ويُنتج معظمها محصولاً منخفضًا، وتم تهجين كل طفرة بنظيرتها الطبيعية، وذلك لأجل البحث عن

طفرة تُعطى سيادة فائقة ومحصولاً عاليًا فى الجيل الأول. ومن بين عدة طفرات أعطت سيادة فائقة، أنتج أحد الهجن زيادة كبيرة فى المحصول بلغت ٦٠٪. وقد احتوى هذا الهجين على طفرة واحدة وآليلها الطبيعى من الجين الذى يُنتج بروتين الفلورجين florigen، وهو الذى يعطى تعليمات للنبات للتوقف عن إنتاج أوراق جديدة، والبدء فى إنتاج الأزهار. وفى الطماطم يتحكم فى الإزهار توازن دقيق بين بروتين الفلورجين الذى يُحفِّز الإزهار، وبروتين آخر قريب منه يؤخر الإزهار. ويؤدى وجود نسخة واحدة من طفرة جين الفلورجين إلى إنتاج الأزهار بعدد أكبر فى وقت أقل. ويتحقق ذلك عندما لا يوجد فلورجين أكثر أو أقل مما ينبغى. وإلى جانب المحصول المتميز لهجين تلك الطفرة فإن ثماره المتكونة — رغم كثرتها — ازداد محتواها من السكر؛ الأمر الذى لا يحدث فى الحالات العادية بسبب توزيع السكر المجهز على عدد كبير من الثمار (Since and Technology News ٢٠١٠).

كفاءة انتقال الغذاء المجهز

تفيد زيادة كفاءة انتقال الغذاء المجهز فى زيادة قدرة الأوراق على تمثيل مزيد من الغذاء.

وقد تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز — من الأوراق إلى الثمار — كانت منخفضة نسبيًّا فى أصناف الطماطم غير المحدودة النمو، التى انتقل فيها أقل من ٢٠٪ من الكربون المشع (^{14}ك) فى خلال فترة ٢٤ ساعة. كما اتضح أن أصناف الحصاد الآلى القديمة كانت — هى الأخرى — قليلة الكفاءة فى نقل الغذاء المجهز إلى الثمار. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بتحسين دليل الحصاد harvest index، وبزيادة كفاءة الثمار فى استقبال الغذاء المجهز. ويظهر ذلك بوضوح فى أصناف الحصاد الآلى الحديثة العالية المحصول، التى تعقد ثمارها وتنضج فى وقت واحد.

قدرة الثمار على البناء الضوئى وانخفاض معدل تنفسها

اتضح أن ثمار الطماطم لديها قدرة محدودة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها، بالرغم من أن أديم الثمرة غير منفذ للغازات؛ فقد وجد أن نسبة المادة الجافة التى

تُصنَّع بالثمار ذاتها تصل إلى ١٠٪ – ١٥٪ من تلك التى توجد بها. كما لوحظ أن ثمار الأصناف ذات المحتوى الكلوروفيللى المرتفع قبل النضج كانت – أحيانًا – ذات محتوى عالٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك بعد النضج، إلا أنه نظرًا لأن معظم الطفرات المعروفة التى تؤثر فى لون الثمار غير الناضجة تؤثر كذلك فى مستوى الكلوروفيل فى النموات الخضرية؛ لذا يصعب تحديد الدور الذى تلعبه الثمار فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها.

وربما كان من الممكن زيادة المحصول بالانتخاب لصفة المعدل المنخفض للتنفس فى الثمار، خاصة بعد اكتشاف اختلافات وراثية فى مستوى نشاط إنزيم ribulose,1-5 biphosphate carboxylase – المؤثر فى معدل التنفس – فى الثمار (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨).

القدرتان العامة والخاصة على التآلف لآباء الهجن

أظهرت دراسة أجريت على ١٥ صنفًا من الطماطم، و ١٠٤ من هجن الجيل الأول بينها وجود اختلافات جوهرية جدًّا فى القدرة العامة على التآلف بين الآباء فى جميع الصفات التى دُرست (وهى الكفاءة التمثيلية، ونسبة المساحة الورقية، والمساحة الورقية الخاصة)، واختلافات جوهرية فى القدرة الخاصة على التآلف لبعض الصفات. كما ظهرت ارتباطات سالبة قوية بين القيم المُقَّدرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate مع نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio، والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Spcific Leaf Area. وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقَّدرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦).

وأظهرت دراسة أخرى على نفس الأصناف والهجن السابقة وجود اختلافات جوهرية فى كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات: صافى

البناء الضوئى net photosynthesis، والتنفس الظلامى dark respiration، والوزن الورقى الطازج الخاص specific leaf fresh weight، ومقاومة الثغور stomatal resisance (Van De Dijk ١٩٨٧)؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاوتة فى تحديد المحصول الكلى للنبات.

مكونات المحصول

صفة العنقود الزهرى الكبير جدًا Multiflor

أمكن من تهجين بين صنف من الطماطم والنوع البرى الأحمر الثمار *S. humboldtii* انتخاب سلالة ثابتة وراثيًّا أُطلق عليها اسم Multiflor، تميزت بضخامة عناقيدها الزهرية. ونباتات هذه السلالة غير محدودة النمو، وسلامياتها قصيرة، وأوراقها قليلة، وتحمل ٤–٥ عناقيد زهرية ضخمة ومتفرعة يتراوح عدد الأزهار بكل منها بين ٧٠٠–١٢٠٠، وحبوب لقاحها تامة الخصوبة. يستمر نمو العنقود الزهرى فيها حتى نهاية موسم النمو، ويعقد به نحو ٥٠–٦٠ ثمرة متوسطة الحجم يزن كل منها حوالى ٤٠–٥٠ جم (Stancheva وآخرون ١٩٩٧).

وراثة مكونات المحصول

فى دراسة تضمنت ٩٠ تركيبًا وراثيًّا من الطماطم (١٥ سلالة محسنة، و ٤ سلالات اختبارية، و ٦٠ هجينًا ما بين السلالات المحسنة والسلالات الاختبارية) تم تقييمها فى موعدين للزراعة (الموعد العادى وموعد متأخر)، وُجد أن الفعل الجينى المضيف كان هو السائد لكل من: عدد الأيام حتى النضج، ومحصول النبات الكلى ومحصول النبات الصالح للتسويق، وعدد الثمار بالنبات، ومتوسط وزن الثمرة. وقد أمكن التعرف على أفضل السلالات للقدرة العامة على التآلف، حيث كانت هى السلالة Spectrum فى موعد الزراعة العادى والسلالة LT-42 فى موعد الزراعة المتأخر (Garg وآخرون ٢٠٠٨).

وأمكن – من تلقيح مع *S. pennellii* – التعرف على QTL (هى hi2-1) ربما تكون موقعًا جينيًّا ذات تأثير متعدد يُحسِّن من دليل الحصاد ويبكر النضج ويحور من تراكم نواتج الأيض، أو أنها تمثل جينات مرتبطة ببعضها يؤثر كل منها – منفردًا – على تلك الصفات. وربما يؤثر الـ hi2-1 على دليل الحصاد والتبكير فى النضج بإحداثه تغييرًا فى البنية النباتية plant architecture ومعدل الإزهار (Gur وآخرون ٢٠١٠).

دور التحويل الوراثى لتحمل الشدِّ البيئى فى تحسين المحصول

وُجد أن التريهالوز trehalose – وهو سكر ثنائى غير مختزل يتكون من جزيئى جلوكوز – يرتبط بتحمل ظروف مختلفة من الشدِّ البيئى. وأمكن إنتاج طماطم من الصنف UC82B محولة وراثيًّا بالجين trehaose-6-phosphate-synthase (اختصارًا: TPS1) من الخميرة. أظهرت النباتات التى حُوِّلت وراثيًّا بالـ TPS1 تغيرات متعددة، مثل زيادة سمك السيقان، ودكنة لون الأوراق وصلابتها، وانتصاب الفروع، ونمو الجذور بصورة غير طبيعته. كذلك وجد بأوراق النباتات المحولة وراثيًّا محتوى أعلى من الكلوروفيل والنشا عما فى النباتات العادية، كما أظهرت تلك النباتات تحملاً أكبر لشد الجفاف والملوحة وشد الأكسدة؛ بما يعنى ارتباط التغيرات فى المواد الكربوهيدراتية – التى أحدثها تمثيل التريهالوز – بتحمل الشد، وبما يعنى إمكان تربية نباتات تتحمل ظروف الشدِّ البيئى دون التضحية بالقدرة الإنتاجية (Cortina & Culianez-Macia ٢٠٠٥).

ولقد أمكن زيادة تحمل عديد من الأنواع النباتية لظروف الشدِّ البيئى بتحويلها وراثيًّا بجينات معينة، إلا أن النباتات المحولة وراثيًّا غالبًا ما تكون ضعيفة النمو، ومنخفضة المحصول فى ظروف انعدام حالة الشد. هذا.. إلاّ أن التعبير عن الجين codA من *Arthrobacter globiformis* فى الطماطم أدى إلى زيادة تمثيل الجليسين بيتين glycinebetaine فيها – وهو الذى يُعرف بأنه يجعل النباتات أكثر تحملاً لشدِّ الملوحة والجفاف – وفى نفس الوقت – فإنه أحدث زيادة جوهرية فى حجم الأزهار

والثمار فى ظروف انعدام الشدِّ. وقد ترافقت الزيادة فى حجم الأزهار والثمار مع زيادة فى مستويات الجليسين بيتين الذى تراكم فى أعضاء التكاثر، مثل البراعم الزهرية والثمار. كذلك ارتبطت زيادة الأزهار فى الحجم بزيادة فى حجم الخلايا وأعدادها، واعتبر ذلك تأثيرًا متعددًا للجين codA على تعبير الجينات المنظمة لانقسام الخلايا (Park وآخرون ٢٠٠٧).

تربية أصول مناسبة لإنتاج الطماطم

تتباين الصفات التى ينبغى توفرها فى أصول الطماطم التى تستخدم فى مختلف طرق الإنتاج؛ مثل الزراعات المحمية المدفأة، وغير المدفأة، والزراعات الحقلية، وإنتاج الأصناف المتوارثة، وفيها جميعها تُعد المقاومة للأمراض التى تنتشر فى مختلف الزراعات — وخاصة أمراض التربة — أحد أهم الصفات التى ينبغى توفرها، بينما تقل الحاجة إلى تلك الصفة فى الزراعات اللاأرضية، حيث تكون القدرة على امتصاص الأصول للعناصر، وتحمل الملوحة أكثر أهمية، وكذلك المقاومة لأمراض النموات الخضرية.

وتُشكل المقاومة لفيرس موزايك التبغ فى الأصول والطعوم أحد الأمور التى يتعين الاهتمام بها؛ ذلك لأن المقاومة يمكن أن يكون مردها إلى الجين Tm-1 أو إلى الجين Tm-2. وبينما تكون النباتات التى تحمل الجين Tm-1 متحملة للفيرس أو حاملة له دون ظهور أعراض مرضية عليها، فإن الجين Tm-2 يُكسب النباتات الحاملة له تفاعل فرط الحساسية. فإذا ما كان الأصل يحمل الجين Tm-1 والطعم يحمل الجين Tm-2 فإن الأصل يكون قادرًا على نقل الفيرس للطعم؛ مما يؤدى إصابته بتحلل جهازى (King وآخرون ٢٠١٠).

وعلى الرغم من تعدد الأنواع البرية للطماطم التى قد يمكن الاعتماد عليها كأصول أو كمصادر لصفات هامة فى الأصول، فإن معظم الاهتمام كان من نصيب النوع *S. habrochaites*، الذى استعمل هجينه النوعى مع الطماطم كأم فى إنتاج عدة

أصول تجارية، كان من أبرزها الهجينين Maxifort، و Beaufort (وكلاهما من إنتاج DeRuiter Seeds بهولندا). ويحمل كلا الهجينين مقاومة لكلٍ من فيرس موزايك التبغ، وعفن الجذور الفيوزارى، وعفن التاج الفيوزارى، والجذر الفلينى، وذبول فيرتسيليم، ونيماتودا تعقد الجذور. ويُعد الاختلاف الرئيسى بينهما أن Maxifort يُعطى قوة أكبر لنمو الطعم عن Beaufort.

ومن الأصول الهجين الأخرى – التى يعتقد أنها كذلك – هجنًا بين الطماطم والنوع *S. habrochaites*، كلاً من: He-Man (إنتاج Syngenta بسويسرا)، و Resistar (إنتاج Hazera بإسرائيل)، و Emperador (إنتاج Rijk Zwaan بهولندا)، و Robusta (إنتاج Bruinsmo بهولندا).

ويفضل دائمًا استعمال أصول وطعوم من نفس شركة إنتاج البذور؛ ذلك لأن أصولها غالبًا ما تكون متوافقة على طعومها التى أنتجتها، وتكون قد خضعت لتقييم دقيق (King وآخرون).

التربية لتحمل مبيدات الحشائش

إن الاتجاه نحو استعمال مبيدات الحشائش ضرورة اقتصادية تتطلبها النفقات المتزايدة لعملية العزيق اليدوى. ولما كانت تكاليف إنتاج أى مبيد ناجح للحشائش تحسب بملايين الدولارات.. فإن الرأى السائد بين الباحثين أن تربية أصناف من المحصول تتحمل هذا المبيد أفضل من محاولة إنتاج مبيد آخر يمكن أن يتحمله المحصول؛ ذلك لأن تكاليف تربية صنف جديد لا تتجاوز نسبة يسيرة من تكاليف إنتاج المبيد الجديد. وتزداد حدة هذه المشكلة بالنسبة لمحاصيل الخضر التى يستحيل معها تخصيص ميزانيات ضخمة لإنتاج مبيدات حشائش تناسب كلاً منها.

ولقد أجريت دراسات استهدفت التربية لمقاومة مبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin، الذى يستخدم فى حقول الطماطم إما قبل الزراعة، وإما بعد الإنبات، ولكن

المعاملة الأخيرة تُحدث – أحيانًا – أضرارًا كبيرة بالطماطم، خاصة فى الجو الملبد بالغيوم. وقد قيَّم Phatak & Jaworski (١٩٨٥) ٢٩٣ صنفًا من الطماطم، و١٩٨٦ سلالة من سبعة أنواع من الجنس *Solanum*، ووجدا أن أكثرها قدرة على تحمل المبيد كانت هى سلالتا الطماطم UG 113 MT، و UGA 1160 MT اللتان تحملتا تركيزات بلغت ١٦ ضعف التركيز الموصى به (وهو ١,١٢ كجم/هكتار) حتى فى الجو الملبد بالغيوم. وكان Machado وآخرون (١٩٨٢) قد ذكرا أن صنفى الطماطم Vision، و Fireball يتحملان هذا المبيد، واستخدماهما فى دراسة وراثية مع الصنف الحساس Heinz 1706، استدلا منها على أن القدرة على تحمل المبيد (معبرًا عنها بغياب أعراض التسمم، وطول البادرات، ووزنها الجاف) صفة بسيطة سائدة، تتأثر بجينات أخرى محورة. وذات كفاءة توريث عالية، قدرت فى المعنى العام بنحو ٥٨٪ إلى ٧٢٪.

التربية للصلاحية للحصاد اليدوى

لا يتضمن الحصاد اليدوى أية تقنيات جديدة، ولكن مربى الطماطم يحاولون خفض تكاليف تلك العملية بإنتاج أصناف جديدة يسهل حصادها يدويًّا. تتوفر تلك الخاصية فى سلالات الطماطم ذات النمو المنبطح prostrate growth، التى تتميز بزيادة الزاوية التى تصنعها الفروع مع السيقان التى تتفرع منها – مقارنة بالنباتات ذات النمو القائم – كذلك تتميز تلك السلالات بزيادة المحصول؛ نتيجة لنقص نسبة الثمار المتعفنة؛ لأنها لا تلامس التربة. وقد وجد Ozminkowski وآخرون (١٩٩٠) أن تلك الصفة كمية، وذات درجة توريث مرتفعة جدًّا؛ حيث كان كل التباين الوراثى فيها إضافيًّا.

التربية للصلاحية للحصاد الآلى

كانت بداية الحصاد الآلى للطماطم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية فى الستينيات، ومنها انتشرت تلك الطريقة فى الحصاد فى بقية أرجاء العالم. وحاليًّا.. تُحصد معظم حقول طماطم التصنيع فى الدول المتقدمة آليًّا، كما أن نسبة عالية من حقول طماطم الاستهلاك الطازج تحصد آلياً كذلك. ويجرى الحصاد الآلى دفعة واحدة، باستخدام

آلات كبيرة تقوم بتقليع النباتات، ونقلها على "كاتينة" متحركة إلى داخل الآلة؛ حيث تتعرض لاهتزازات شديدة تؤدى إلى سقوط الثمار. وتنقل الثمار بعد ذلك بواسطة سيور متحركة أمام عمال يقومون بفرزها، واستبعاد الثمار غير الناضجة، والزائدة النضج، والمصابة بالأمراض، والعيوب الفسيولوجية. ويستمر تحرك الثمار إلى أن تسقط فى عربة تتحرك فى الحقل إلى جانب آلة الحصاد.

تُحصد حقول أصناف الاستهلاك الطازج عندما تصل نسبة الثمار – فى أية درجة من درجات التلوين – إلى ٥٪ – ١٠٪ ، ويفضل أن تكون النسبة ٢٠٪، ويتوقف حصادها آليًّا عندما تزيد النسبة على ٢٥٪؛ حتى لا تتعرض الثمار للتلف (Sims & Scheuerman ١٩٧٩).

وتُحصد أصناف التصنيع عندما تبلغ نسبة الثمار فى أية درجة من درجات التلوين ٨٠٪، ويفضل أن تكون النسبة ٩٠٪، ويتوقف حصادها آليًّا عندما توجد نسبة عالية من الثمار الزائدة النضج؛ لأنها تكون طرية، وتتهتك، وتعيق عملية الفرز، وتبطئ من عملية الحصاد، وتزيد من تكاليفها (Sims وآخرون ١٩٧٩).

وبناءً على ما تقدم.. فإن أصناف الحصاد الآلى يجب أن تتوفر فيها مواصفات معينة هى:

١–أن تنضج معظم الثمار فى وقت متقارب؛ أى يكون النضج مركزًا، وأن تكون النباتات محدودة النمو؛ علمًا بأن صفة النضج المركز يتحكم فيها عديد من الجينات السائدة أو ذات سيادة فائقة (Kalloo ١٩٩٣).

٢–أن تكون الثمار صلبة؛ لكى تتحمل عمليات الحصاد والتداول دون الحاجة إلى استعمال عبوات صغيرة.

٣–تفضل – بالنسبة لأصناف التصنيع – الأشكال المكعبة الدائرية square round، والبيضاوية، والكمثرية، والمستطيلة؛ لأنها أكثر قدرة على تحمل الضغط الذى يقع عليها تحت ثقل الثمار التى تعلوها فى العبوات الكبيرة؛ حيث يقع الضغط على مساحة أكبر من الثمرة.

٤- أن تتحمل الثمار الحمراء البقاء على النباتات دون حصاد – لمدة أسبوعين – لحين اكتمال نضج بقية الثمار. ولا ينطبق هذا الشرط على أصناف الاستهلاك الطازج التى تحصد آليًّا؛ وذلك لأنها تحصد أثناء طور النضج الأخضر، أو فى بداية التلوين.

٥- تفضل الأصناف التى تنفصل ثمارها عن العنقود فى الوقت المناسب؛ فلا تكون سهلة الانفصال بدرجة كبيرة بحيث تقع بمجرد جذب آلة الحصاد للنبات، ولا تكون صعبة الانفصال بحيث لا تنفصل عن النبات أثناء مروره على آلة الحصاد.

٦- تفضل الأصناف ذات الثمار العديمة المفصل jointless فى عنق الثمرة؛ حتى لا يتبقى جزء من العنق بعد الحصاد يمكنه أن يخترق الثمرة المجاورة. ويعد هذا الشرط أكثر ضرورة فى أصناف الاستهلاك الطازج التى تحصد آليًّا.

يتكون عنق الثمرة فى الثمار العديمة المفصل من جزء واحد لا يحتوى على مفصل joint؛ كالذى يوجد فى ثمار الأصناف التى تتكون فى عنقها منطقة انفصال abcession zone.

وتفيد هذه الصفة فيما يلى:

أ- تمنع انفصال وسقوط الثمار مبكرًا قبل التقاط ماكينة الحصاد للثمار.

ب- تجعل انفصال الثمار من العنق تامًّا، وبذا.. لا تحدث الأضرار التى تنشأ عن اختراق عنق الثمرة للثمرة المجاورة لها، والتى تؤدى إلى تلف الثمار المصابة، وتغير طعم المنتج النهائى بعد التصنيع. وتفضل مصانع الحفظ ألا تزيد نسبة الثمار التى تظل محتفظة بأعناقها على ٢٠٪ كحد أقصى (Stevens ١٩٧٩).

ويوجد جينان يؤثران على صفة انعدام المفصل، هما:

أ- الجين J-2: ومصدره إحدى سلالات النوع البرى *S. cheesmaniae*. وهذا الجين يلغى المفصل نهائيًّا.

ب–الجين $J\text{-}2^{in}$: ومصدره عديد من السلالات الأخرى من نفس النوع البرى السابق. وهذا الجين يجعل المفصل غير فعال. وقد أدخل الجين J-2 فى عديد من الأصناف. ومن أهم عيوبه أنه يجعل الكأس تلتحم بالثمرة (Rick ١٩٨٢).

يعتبر صنف الطماطم VF 145-B-7879 هو أول صنف طماطم أُنتج فى العالم لغرض الحصاد الآلى، وكان ثمرة بحوث وتعاون مشترك بين كل من J. D. Hanna، و C. Lorenzon دامت من عام ١٩٤٩ إلى عام ١٩٦٢ (عن Whitaker ١٩٧٩). وللتفاصيل الخاصة لقصة إنتاج هذا الصنف.. يراجع Stevens & Rick (١٩٨٦). ويتوفر فى هذا الصنف عدد كبير من الصفات التى سبقت الإشارة إليها، ولكن تعوزه بعضها. وهو صنف ممتاز بكل المقاييس؛ مما جعله يحتل مركز الصدارة فى كاليفورنيا لمدة عشر سنوات من منتصف الستينيات إلى منتصف السبعينيات من القرن العشرين، حينما بدأت تحل محله أصناف أخرى أكثر صلابة؛ بسبب الحاجة إلى نقل الثمار من الحقول إلى المصانع فى عربات ضخمة تبلغ حمولتها عشرة أطنان؛ للتوفير فى نفقات النقل، بينما لا تتحمل ذلك ثمار الصنف VF 145-B-7879.

وتنتشر الآن – فى جميع أنحاء العالم – أصناف الطماطم التى تصلح للحصاد الآلى، ويعرف منها فى مصر – بالإضافة إلى الصنف السابق – الأصناف: UC 82، و UC 97-3، و Peto 86.