الطماطم : التربية لتحسين المحصول وصفات الجودة

التربية للمحصول المرتفع

المحصول المبكر

يجرى الانتخاب للتبكير فى النضج على أحد الأسس التالية :

١ - التبكير فى الإزهار أو العقد ، أو نضج الثمار قبل موعد معين يتم تحديده سلفاً (على أساس نقص المعروض من الطماطم فى الأسواق خلال فترات معينة) ، أو مقارنة بأى صنف آخر يكون من الأصناف القياسية المبكرة ، أو التى تزرع على نطاق واسع .

٢ - كمية المحصول المبكر الذى يتحدد - عادة - على أحد الأسس التالية :

أ - المحصول الذى يتم حصاده خلال الخمسة عشر يوماً الأولى من موسم الحصاد .

ب - محصول الجمعتين أو الجمعات الثلاث الأولى .

ج - المحصول الذى يتم حصاده قبل بداية الحصاد من الصنف القياسى .

د - المحصول الذى يتم حصاده قبل تاريخ معين .

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

وقد درس الارتباط بين التبكير فى النضج وصفات نباتية أخرى ؛ بهدف الانتخاب لصفة التبكير دونما حاجة إلى الانتظار لحين نضج المحصول . فمثلاً .. وجد Pandita & Andrew (١٩٦٧) ارتباطاً معنوياً سالباً 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 أسبوعاً . 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 ارتباطاً وثيقاً مماثلاً فى محصول الخس .

وتبعا لـ Boswell (١٩٣٧) .. فإن موعد النضج صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى – غالباً – نظراً لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطاً بين الأبوين ، بينما تظهر كل التدرجات فى موعد النضج فى نباتات الجيل الثانى . ويعتبر التبكير فى النضج من الصفات المنخفضة فى درجة توريثها ؛ حيث قدرت على النطاق العريض (Broad Sense Heritability) بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢) .

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 بعيداً عن الواقع . ولكن تتفاوت الصفات النباتية – كثيراً – من حيث تأثيرها فى المحصول . ولا يمكن معرفة الحجم الحقيقى لتأثير كل جين إلا 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 تذكر – عادة – فى هذا الشأن صفتا النمو المحدود مقابل النمو غير المحدود ، والنمو الطبيعى مقابل النمو المتقزم .. علما 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 .. علما بأن جميعها صفات بسيطة يسود فيها اللون الأخضر ، والمظهر والشكل الطبيعيين على التوالى . هذا .. بينما لا يتوقع أن يكون لصفات أخرى أى تأثير على المحصول ؛ مثل صفة لون ساق البادرة

الأرجوانى مقابل اللون الأخضر ، وهى صفة بسيطة يسود فيها اللون الأرجوانى .

هذا .. إلاّ أنه 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 جداً إذا لم تؤخذ - فى الحسبان - مكونات هذا المحصول ، أو الصفات الفسيولوجية التى تؤثر فيه كل على انفراد . فمثلا .. قدرت درجة توريث المحصول على النطاق العريض فى إحدى الدراسات بنحو ١٠٪ فقط . وفى المقابل .. ارتفعت درجة التوريث المقدّرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣ ٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢ ، و Yassin ١٩٨٨) . كذلك حُصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧ ٪ لدرجة التوريث على النطاق العريض لصفة عدد الأوراق بين العناقيد ، وهى - كسابقتها - صفات ترتبط بصفة المحصول الذى يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات ، وبنقص عدد الأوراق بين 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 . ويتبين - فيما يلى - الاتجاه السائد فيما يتعلق بهذه النوعية من الدراسات :

- 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 ٦٩ر .

- أظهرت الدراسات الوراثية أن صفتى كفاءة البناء الضوئى والمحتوى الورقى المرتفع

من الكلوروفيل يتحكم فيهما – معاً – جين واحد ؛ وهو ما يعنى أن انتخاب النباتات ذات الأوراق الخضراء القاتمة يعنى – تلقائياً – 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

– تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز – من الأوراق إلى الثمار – كانت منخفضة نسبياً فى أصناف الطماطم غير المحدودة النمو ، التى انتقل فيها أقل من ٢٠ ٪ من الكربون المشع (C^{14}) 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 .

– 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 تُصنّع بالثمار ذاتها تصل إلى ١٠ – ١٥ ٪ من تلك التى توجد بها . كما لوحظ أن ثمار الأصناف ذات المحتوى الكلوروفيللى المرتفع قبل النضج كانت – أحياناً – ذات محتوى عالٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك بعد النضج . إلا أنه نظراً 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 .

– ربما 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) .

– أظهرت دراسة أجريت على ١٥ صنفاً من الطماطم ، و ١٠٤ من هجين الجيل الأول بينها .. وجود اختلافات جوهرية جدا فى القدرة العامة على التآلف بين الآباء فى جميع الصفات التى درست (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 المُقَدرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate مع نسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio ، والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area . وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقَدرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦) .

- أظهرت 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 (Van De Dijk stomatal resisance ١٩٨٧) ؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاوتة فى تحديد المحصول الكلى للنبات .

التربية لتحسين صفات الجودة

حجم الثمرة

يختلف الحجم المناسب لثمرة الطماطم باختلاف ذوق المستهلك . ويفضل المستهلك العربى -عادة- الثمار المتوسطة إلى الكبيرة الحجم التى يتراوح وزنها من ١٠٠ - ١٣٠جم. أما أصناف التصنيع .. فإن ثمارها تكون - غالباً - صغيرة الحجم .

تدل الدراسات التى أجريت على حجم أو وزن ثمرة الطماطم أن تلك الصفة كمية يتحكم فيها عدة جينات تؤثر فى كل من عدد وحجم خلايا الثمرة . ولكن اختلفت نتائج الدراسات بشأن طبيعة تأثير هذه الجينات ؛ فذكر بعض الباحثين أن تأثيرها إضافى additive بصفة رئيسية ، بينما ذكر آخرون خلاف ذلك . ففى دراسة وراثية أجريت على سلالتين من الطماطم هما : Mo . accession 223 التى يبلغ متوسط وزن ثمارها ٣ و ٢٣ جم ، و I - 1 - 417 التى يبلغ متوسط وزن ثمارها ٤و١٦٧ جم .. وجد أن عدد الجينات التى تتحكم فى متوسط وزن الثمرة يتراوح من ١١ - ٢٠ زوجاً ، وكانت صفة الثمار الصغيرة سائدة جزئياً ، بينما كانت الجينات ذات تأثير هندسى متجمع geometrically cumulative . وقد قدرت درجة توريث هذه الصفة على النطاق العريض بنحو ٢٩ ٪ ، إلا أن هذا التقدير

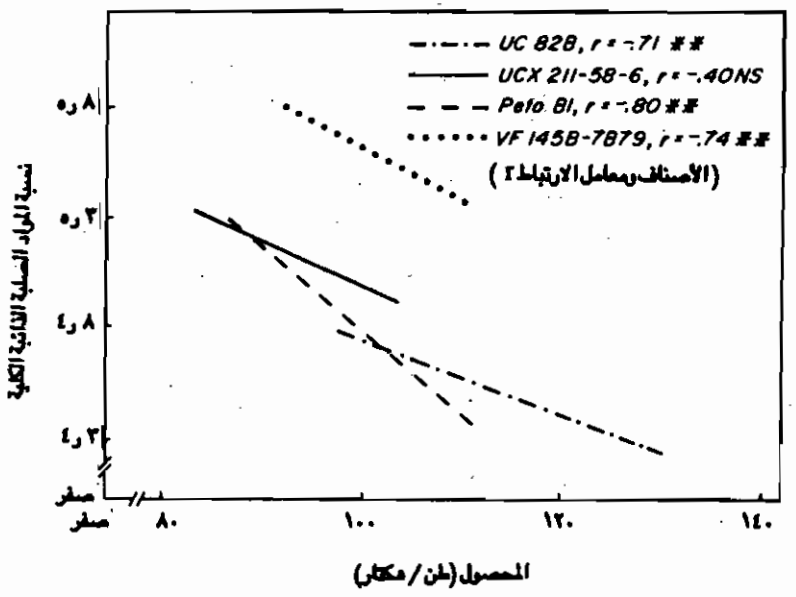
ارتفع إلى ٧١٪ فى دراسة أخرى (Cuartero & Cubero ١٩٨٢) .

والملاحظ أن عدد حجرات الثمرة يتراوح عادة من ٢ - ٣ حجرات فى أصناف التصنيع ذات الثمار الصغيرة ، بينما يزيد العدد على ذلك فى أصناف الاستهلاك الطازج ذات الثمار الأكبر حجما . كما يكون عدد الحجرات منخفضاً كذلك فى الأصناف ذات الثمار الكريزية الشكل الصغيرة الحجم . وتبعاً لـ Boswell (١٩٣٧) .. فإن العدد المنخفض للحجرات (حجرتان / ثمرة) صفة بسيطة سائدة . إلا أن الدراسات الحديثة نسبياً تظهر أن عدد الحجرات بالثمرة صفة كمية تقدر درجة توريثها على النطاق العريض بنحو ٦٦٪ .

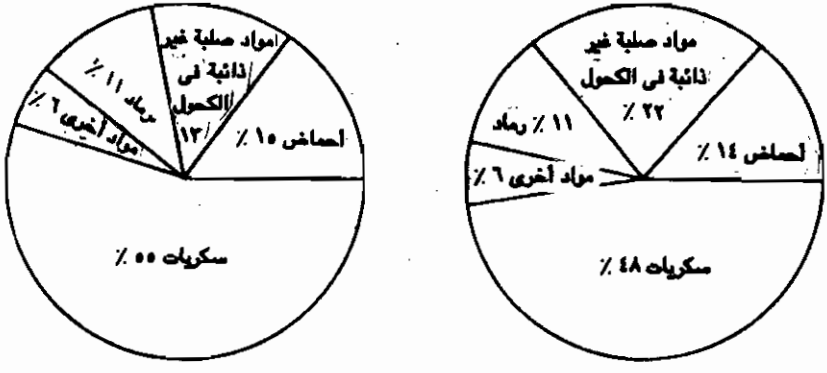
نسبة المواد الصلبة بالثمار

تتكون المواد الصلبة الكلية total solids من كل مكونات الثمرة فيما عدا الماء والمواد القابلة للتطاير التى تفقد أثناء التجفيف . ويعد الرفر اكتومتر أكثر الأدوات استخداماً لقياس نسبة المواد الصلبة ، وتعرف القيم التى تقدر بهذا الجهاز باسم المواد الصلبة الذائبة الكلية total soluble solids ، وهى ترتبط بشدة بالمواد الصلبة الكلية . يشكل الفراكتوز والجلوكوز (وهما من السكريات المختزلة) نسبة عالية من المواد العضوية فى ثمرة الطماطم . وكلما زادت نسبة المواد الصلبة الكلية .. زادت نسبة السكريات المختزلة إلى المواد الصلبة الكلية . ولكن تشذ هذه القاعدة عندما ينتخب المربى صفة الثمار الصلبة التى تزيد فيها نسبة المواد الصلبة غير الذائبة insoluble solids .

وبالرغم من كثرة الجهود التى بذلها مربى الطماطم لإنتاج أصناف أعلى محتوى من المواد الصلبة الكلية ، إلا أن هذه المحاولات لم تكن ناجحة - عادة - بسبب وجود علاقة سالبة بين المحصول ومحتوى الثمار من المواد الصلبة (شكل ٢ -١) ، وبسبب تأثر المواد الصلبة بعديد من العوامل الأخرى ؛ مثل : الرطوبة الأرضية ، وقوام التربة ، ودرجة الحرارة، وشدة الإضاءة ، ومقاومة الأمراض . فمثلا .. تؤثر الأمراض التى تصيب الجهاز الوعائى فى نسبة المواد الصلبة بدرجة أكثر من الاختلافات بين التراكيب الوراثية فى هذه الصفة . ويبين شكل (٢ - ٢) التباينات بين أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع فى محتوى ثمارها من مختلف المواد الصلبة .



شكل (٢-١) : العلاقة بين المحصول ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ومعامل الارتباط (r) بينهما لأربعة أصناف من الطماطم .



شكل(٢ -٢) : مقارنة بين أصناف الاستهلاك الطازج (على اليسار) وأصناف التصنيع (على اليمين) من حيث محتوى ثمارها من مختلف المواد الصلبة .

نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية

تتراوح نسبة المواد الصلبة الكلية فى ثمار الطماطم الحمراء الناضجة من الأصناف العادية من ٤ر٥ - ٦ر٥ ٪ ، وتشكل السكريات المختزلة أهم هذه المكونات . ويمكن اتخاذ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية كدليل على نسبة السكريات المختزلة ؛ حيث وُجد ارتباط قوى بينهما ؛ كما وجد ارتباطان آخران بين درجة حلاوة الثمار وبين كل من نسبة السكريات المختزلة ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (Stevens وآخرون ١٩٧٩) .

ويبين جدول (٢ -١) المدى الذى توجد عليه مختلف هذه المكونات الصلبة فى أصناف الطماطم ، وأهمية كل منها بالنسبة لأصناف الاستهلاك الطازج ومختلف المنتجات المُصنّعة عن (Stevens ١٩٨٦ أ) . أما جدول (٢-٢) .. فيبين المتوسط العام الذى توجد عليه كل من هذه المكونات الصلبة فى كل من أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع ، ومدى التحسين الذى يمكن الوصول إليه فى هذه الصفات بالتربية (عن Stevens ١٩٨٦ ب) .

توجد علاقة بين طبيعة نمو نبات الطماطم ونسبة المواد الصلبة بثماره . ويبين جدول (٢ -٣) تلك العلاقة لثلاثة أصناف من الطماطم ، أنتج من كل منها - بطريقة التهجين الرجعى - ثلاث سلالات تختلف فى طبيعة نموها ، هى : المحدودة النمو (تحتوى على الجين sp) ، وغير المحدودة النمو (تحتوى على الجين (sp+) و المتقزمة (تحتوى على الجين d) . أظهرت الطرز غير المحدودة النمو تفوقاً فى محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن الطرز المحدودة النمو . وباستثناء الصنف Gardner .. كانت الطرز المتقزمة متشابهة فى محتوى ثمارها من المواد الصلبة الذائبة الكلية مع الطرز المحدودة النمو ، بينما كانت ثمار الطراز المتقدم من الصنف Gardner أقرب فى محتواها من المواد الصلابة الذائبة الكلية المحتوى ثمارالطراز غير المحدود النمو من نفس الصنف .

جدول (٢-١) : المدى الذى توجد عليه المكونات الصلبة فى أصناف الطماطم ، وأهمية كل منها بالنسبة لأصناف الاستهلاك الطازج ، ومختلف المكونات المُصنّعة .

المكونات الصلبة	المدى فى الثمار الناضجة الحمراء من الأصناف العادية	أهمية مختلف المواد الصلبة بالنسبة لكل من		
		الطماطم الطازجة	العصير	الصلصة (المعجون)
المواد الصلبة الكلية	٤ ر٥ - ٦ ر٥ ٪			
السكريات	٢ ر٠ - ٣ ر٧ ٪	الطعم : يتحدد بكل من	الطعم	تتناسب كمية المنتج (من وحدة
الجلوكوز	٩ ر٠ - ١ ر٧ ٪	محتوى السكريات المرتفع		الوزن من الثمار) طردياً
الفراكتوز	١ ر١ - ٢ ر٠ ٪	مع نسبة معينة من		مع نسبة السكريات
السكروز	صفر - ١ ر٠ ٪	السكريات إلى الأحماض		
المواد غير الذائبة فى الكحول	٧ ر٠ - ٢ ر٥ ٪	الصلابة والقوام	اللزوجة	اللزوجة العالية رزيادة محصول
الـ polygalacturonides	٣ ر٠ - ١ ر٢ ٪	والصلاحية للتخزين		النتجات التى تعتمد عليها كالكاتشب
الـ polysaccharides	٤ ر٠ - ٦ ر١ ٪			
الرماد	٥ ر٠ - ٧ ر٠ ٪	البوتاسيوم : منظم هام وضرورى للحموضة	مثل الثمار الطازجة	مثل الثمار الطازجة
		الفوسفور : منظم هام		
		الكالسيوم : الصلابة		
الأحماض	٧٠-١٣٠ ملليكمافئاً/لتر	أهم المكونات الصلبة	الطعم وقلة النشاط	قلة النشاط الميكروبى بسبب
الستريك	٦٥-١٢٠ ملليمكافئاً/لتر	تأثيراً على الطعم	الميكروبى بسبب	انخفاض الـ pH
الماليك	٦-٢١ ملليمكافئاً/لتر		انخفاض الـ pH	
المواد الكاروتينية	٤٠-٦٥ ميكروجراماً/جم	اللون	اللون	يؤثر اللون على نوعية وكمية المنتج
الليكوبين	٣٥-٦٠ ميكروجراماً/جم			
البيتا - كاروتين	٣-٨ ميكروجراماً/جم			
المواد القابلة للتطاير	١٠ ميكروجرامات/جم	الطعم المميز	الطعم	تفقد جميع المركبات الأصلية أثناء
أكثر من ١٠٠ مركب				التركيز ، ويتكون غيرها أثناء التخزين

جدول (٢-٢) : المتوسط العام لمختلف المكونات الصلبة فى كل من أصناف الاستهلاك الطازج وأصناف التصنيع ، ومدى التحسين الذى يمكن الوصول إليه فى هذه الصفات بالتربية .

المواد الصلبة	أصناف الاستهلاك الطازج		أصناف التصنيع		المصادر الوراثية لتحقيق المستوى المرغوب
	الحالى	الممكن	الحالى	الممكن	
الكلي	٨ر٥ ٪	٥ر٧ ٪	٧ر٥ ٪	٥ر٧ ٪	L. chmielewskii L. cheesmanii
السكريات المختزلة	٢ر٣ ٪	٣ر٤ ٪	٧ر٢ ٪	٩ر٣ ٪	L. chmielewskii L. cheesmanii
المواد غير الذائبة فى الكحول	٧ر٠ ٪	٢ر١ ٪	٢ر١ ٪	٦ر١ ٪	Florida 9039 وسلالات أخرى صلبة جداً
الأحماض الكلية	٨ر٠ ٪	٩ر٠ ٪	٧ر٠ ٪	٩ر٠ ٪	PI263713 وسلالات أخرى عالية الحموضة
المواد الكاروتينية	٤٠ميكروجرام/جم	٨٠ميكروجرام/جم	٤٨ميكروجرام/جم	٨٠ميكروجراما/جم	الجين dg
البيتا – كاروتين	٥ ميكروجرام/جم	١٠ ميكروجرامات/جم	٥ ميكروجرامات/جم	١٠ميكروجرامات/جم	الجين dg

جدول (٢-٣) : تأثير طبيعة النمو على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار ثلاثة أصناف من الطماطم .

طبيعة النمو	نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الأصناف		
	Gardner	Fireball	Cornell 54 - 149
محدودة النمو	٤ر٧٣	٤ر٥٠	٥ر٠٠
غير محدودة النمو	٥ر٤٠	٥ر٢٣	٥ر٦٧
متقزمة	٥ر٣٣	٤ر٤٣	٥ر٠٧

وجدت كذلك علاقة عكسية بين حجم ثمرة الطماطم ونسبة المواد الصلبة بها . ولعل مرد ذلك إلى كون ثمرة الطماطم تنمو بزيادة حجم خلاياها ؛ نظراً لأن عدد الخلايا لا يتغير إلا

قليلاً جدا أو لا يتغير إطلاقاً ، ابتداءً من بعد العقد بفترة وجيزة إلى حين اكتمال نضج الثمرة . وقد تتحقق هذه الزيادة فى حجم الخلايا بزيادة محتواها من الرطوبة .

ومن أكبر مشاكل التربية – لزيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية – أن تلك الصفة ترتبط سلبياً مع كل من :

١ – مستوى الحموضة فى الثمار .. بينما تكون الحموضة العالية ضرورية مع مستوى السكر المرتفع ؛ لكى يكون طعم الثمار جيداً ؛ فيجب ألا تقل نسبة السكريات إلى الأحماض (الحموضة المعايرة كنسبة مئوية من حامض الستريك) عن ٨ر٥ : ١ ، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣ ٪ .

٢ – المحصول .. ويبلغ معامل الارتباط (r) بينهما ٩٥ ر٠ (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨).

٣ – التبكير فى النضج .

ومن أهم مصادر صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة فى الجنس Lyco-persicon ما يلى :

١ – بعض أصناف وسلالات الطماطم التى تتراوح النسبة فيها من ٢و٧ – ٢و١٠ كما يلى :

الصنف أو السلالة	نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية
STEP 375	٢ر٧
Century	٤ر٧
Yellow Pear	٥ر٧
Atkinson	٦ر٧
Piecore	٥ر٩
P. I . 272649	٢ر١٠

٢ – بعض سلالات النوع L . pimpinellifolium التى يزيد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية على ضعف النسبة العادية التى توجد فى أصناف الطماطم (عن Ro

binson ١٩٧٤) .

٣ – النوع L. chmielewskii الذى تبلغ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثماره نحو ١٠٪ . وقد أمكن بالتهجين بين هذا النوع والطماطم إنتاج سلالات جديدة عالية فى كل من صفتى المحصول ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ؛ مثل السلالة UC 58 - 211 ، التى تتفوق على الصنفين القياسيين UC 82 (نو المحصول المرتفع ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المنخفضة) ، و VF 145 - B - 7879 (نو المحصول المنخفض ونسبة المود الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة) (عن Rick ١٩٧٧ أ) .

٤ – النوع L. cheesmanii .

وقد تبين لدى مقارنة الصنف القياسى VF 145 - B - 7879 بالسلالة LA 1563 – التى تعد أعلى محتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية عن الصنف القياسى – أن الفرق بينهما فى هذه الصفة يظهر مع بداية اليوم العاشر من تفتح الزهرة ، ويستمر خلال كل مراحل نمو ونضج الثمرة . ويعنى ذلك إمكان إجراء الانتخاب مبكراً لهذه الصفة ما دامت النباتات المنتخبة قد قورنت بصنف قياسى (Hewitt & Stevens ١٩٨١) .

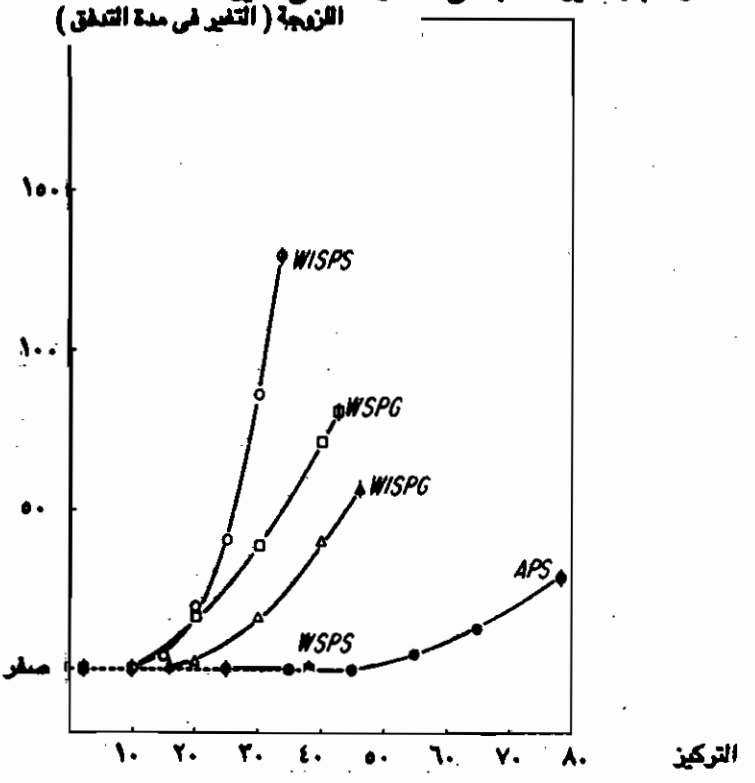
أما عن وراثة صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة الكلية .. فقد تبين من إحدى الدراسات الوراثية – التى استخدمت فيها سلالتا الطماطم : Mo . 223 التى تبلغ نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها ٦ر٧ ٪ ، و I - 417 - 1 التى تنخفض فيها النسبة إلى ٦ ر٤ ٪ – أن تلك الصفة يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية ، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٥٩ ٪ على النطاق العريض ، و٣٥ ٪ على النطاق الضيق (Narrow Sense Heritability) (Ibarbia & Lambeth ١٩٦٩) . وفى دراسة أخرى استخدم فيها الصنفان : U C 82 ، و Large Red Cherry . وجد أن صفة المحتوى المرتفع من المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الصنف الأخير سائدة جزئياً ، ويتحكم فيها زوجان من المورثات ؛ بينما كانت درجة التوريث المقدرة على النطاق العريض ٦٨ ٪ ، وعلى النطاق الضيق ٢٦ ٪ (Hassan وآخرون ١٩٨٧) . ونتائج هاتين الدراستين متقاربة إلى حد كبير . إلا أن Canti وآخرين (١٩٨٨) وجدوا أن درجة توريث هذه الصفة منخفضة ، وأنه تظهر بها تأثيرات الإضافة ، أو السيادة ، وتفاعل الإضافة x الإضافة ، ومستويات أعلى من التفاعل.

المواد الصلبة غير الذائبة . ولزوجة العصير وصلابة الثمار

تتكون المواد الصلبة غير الذائبة فى ثمار الطماطم – أساساً – من الجلد ، والبنور ، والجدر الخلوية . وتعد الجدر الخلوية هى أهم مصادر المواد الصلبة ؛ نظراً لأن الجلد والبنور يستبعدان عند تصنيع منتجات الطماطم . ويستخدم فى تعريف المواد الصلبة غير الذائبة الاسمان : المواد الصلبة غير الذائبة فى الماء water - insoluble solids ، والمواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول alcohol - insoluble solids (يكون عادة كحول إيثيلى ٨٠٪) حسبما إذاكان الماء أو الكحول هو المستخدم فى الاستخلاص على التوالى . وعادة .. يكون محتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول أكبر من محتواها من المواد الصلبة غير الذائبة فى الماء ؛ لأن المواد الكربوهيدراتية الأقل تعقيداً تكون أكثر ذوباناً فى الماء من الكحول . وتؤثر نسبة المواد الصلبة غير الذائبة على خاصيتين هامتين من خصائص الجودة فى الطماطم ؛ هما : لزوجة viscosity العصير ، وصلابة الثمار fruit firmness .

نرجع أهمية صفة لزوجة العصير العالية إلى أنها تفيد فى صناعة الكاتشب Katchup ، والمعجون (الصلصة) ؛ حيث تزيد اللزوجة العالية كمية المُنتج المُصنّع من وزن معين من الثمار ، وعلى مقدار التركيز الذى يلزم الوصول إليه للحصول على الكثافة المرغوبة . ومن أهم مصادر صفة اللزوجة العالية بعض سلالات النوع L . pimpinellifolium (عن Robinson ١٩٧٤) . وقد تبين – من دراسات Janoria & Rhodes (١٩٧٤) – ارتباط صفة لزوجة العصير بمحتوى أنسجة الثمرة من المواد غير الذائبة فى الكحول . وكان الارتباط مرتفعاً حينما كان تقدير نسبة المواد غير الذائبة فى الكحول فى أى من الجدر الثمرية الخارجية أو الداخلية ؛ حيث بلغ معامل الارتباط(r) ٩٣ ر٠ ، و٧٨ ر٠ فى الحالتين على التوالى ؛ إلا أن معامل الا رتباط انخفض إلى ١٨و. حينما كان تقدير المواد غير الذائبة فى الكحول فى المساكن . وفى جانب آخر .. أوضحت الدراسة عدم وجود أية علاقة بين لزوجة العصير أو محتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول وبين أى من صفات حجم الثمرة ، أو شكلها ، أو صلابتها ، أو محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، أو نسبة الأنسجة الخارجية أو الداخلية ، أو نسبة المساكن بها . وقد فَصَلَ Stevens & Paulson (١٩٧٦) المواد غير الذائبة فى الكحول إلى خمسة مكونات – هى

المبينة فى شكل (٢ -٣) - ووجد أن زيادة نسبة عديدات التسكر غير القابلة للذوبان فى الماء أحدثت أكبر زيادة فى لزوجة العصير ، بينما كانت نسبة الـ polygalacturonides الذائبة فى الماء ، ونسبتها غير الذائبة فى الماء وسطاً فى تأثيرهما .



شكل (٢-٣) : تأثير التغير فى تركيز عديدات التسكر غير القابلة للذوبان فى الماء water insoluble polysaccharides (أو WISPS) ، والـــ polygalacturonides الذائبـــة فى الماء (WSPG)، و الـ polygalalcturonides غير الذائبة فى الماء (WISPG) ، وعديدات التسكر الذائبة فى الماء (WSP) ، وعديدات التسكر المحللة بالأحماض acid hydrolyzed polsacchrides (أو APS) على لزوجة عصير الطماطم .

وفى دراسة وراثية استخدم فيها صنف مرتفع (هو V F 109) وآخر منخفض (هو Campbell 146) فى نسبة المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول .. وجد أن تلك الصفة يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية ، وأن درجة توريثها عالية ؛ حيث قدرت بنحو ٨٤٪ على النطاق العريض ، وبنحو ٦٢ ٪ على النطاق الضيق . كما أظهرت الدراسة أن الارتباط

بين صفتى لزوجة العصير ومحتواه من المواد غير القابلة للذوبان فى الكحول كان عالياً ، سواء أكان هذا التقدير مظهرياً ، أم وراثياً . وقد قدرت قيمة الارتباط الوراثى (rG) بنحو ٨٩ ر. كما تبين أن الكفاءة النسبية للانتخاب relative selection efficiency غير المباشر لصفة اللزوجة العالية – عن طريق الانتخاب للمحتوى المرتفع من المواد الصلبة غير القابلة للذوبان فى الكحول – كانت عالية ؛ حيث قدرت بنحو ١١٤ ٪ مقارنة بالانتخاب المباشر لصفة اللزوجة (Janoria وآخرون ١٩٧٥) . وفى دراسة أخرى (Stevens ١٩٧٦) .. وجد أن صفة اللزوجة العالية يتحكم فيها ٣ أزواج من العوامل الوراثية على أكثر تقدير ، وكانت درجة توريثها مرتفعة ؛ حيث قدرت بنحو ٦٨ – ٧٥٪ ، وكان التأثير الإضافى هاماً فى وراثة هذه الصفة . وتعتبر تلك النتائج متقاربة – إلى حد كبير – مع نتائج الدراسة السابقة .

وعلى نفس النمط .. فإن صلابة الثمار ترتبط – هى الأخرى – إيجابياً بمحتوى الثمار من المواد الصلبة غير الذائبة فى الكحول – خاصة البكتين والسيليلوز – وقد تبين من دراسات Al - Falluji وآخرين (١٩٨٢) أن الأنسجة اللحمية بالثمرة كانت أكثر أهميةمن حيث التأثيرفى صلابة الثمرة من أى من الصفات التالية :صلابة جلد الثمرة ، وسمك الجدر الخارجية ، وسمك الجدر الداخلية الفاصلة بين المساكن ، ونسبة أنسجة جدر الثمرة ، وعدد المساكن ، وحجم الثمرة .

تقدر درجة صلابة ثمار الطماطم بعدة طرق ؛ منها ما يلى :

١ – بالضغط على الثمار بين راحةاليد والأصابع .. تعطى هذه الطريقة نتائج سريعة يمكن الاعتماد عليها فى برامج التربية .

٢ – بتخزين الثمار التامة النضج فى عبوات كبيرة لعدة أيام ، مع وضع وزن ثابت على كل عبوة ، ثم حصر عدد الثمار التالفة بعد ذلك .

٣ – باستخدام الأجهزة التى تقيس الضغط اللازم لدفع قضيب معدنى ذى نهاية معلومة المساحة فى أنسجة الثمرة ، وهى التى تعرف باسم plungers ، أو pressure testers (عن Reynard ١٩٦٠) . ويفضل عند اتباع هذه الطريقة إزالة جزء صغير من جلد الثمرة

فى مكان بمنتصف الثمرة يكون بين الجدر الداخلية التى تفصل بين المساكن ، ثم تقاس الصلابة فى هذه المنطقة باستخدام جهاز plunger مناسب .

تكاد تجمع الدراسات الوراثية على أن صلابة ثمار الطماطم صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى بصفة أساسية (عن Al - Falluyji وآخرين ١٩٨٢) . وقد قدرت درجة توريثها على النطاق الضيق - فى إحدى الدراسات - بنحو ٨ ر٩٠ ٪ (وهو تقدير مرتفع للغاية بالنسبة لصفة كمية) ؛ مما يدل على قلة تأثرها بالعوامل البيئية ، مع سيادة التأثير الإضافى للجينات المتحكمة فى الصفة على التأثيرات الأخرى .

ومن أكبر مشاكل تربية الطماطم لزيادة صلابة الثمار مايلى :

١ - صعوب الجمع بين الصلابة العالية والحموضة المناسبة ؛ لأن الثمار الصلبة يقل فيها عدد المساكن ، وتزيد بها نسبة الجدر الثمرية إلى المساكن ، بينما تكون الحموضة أعلى فى المساكن مما فى الجدر الثمرية .

٢ - صعوبة الجمع بين الصلابة والطعم الجيد الذى يعتمد على ارتفاع نسبة السكريات ؛ لأن الصلابة تعتمد - كما أسلفنا - على زيادة محتوى الثمار من المواد غير الذائبة فى الكحول ، وهى التى تكون على حساب السكريات ؛ لأن قدرة النبات على تمثيل المواد الكربوهيدراتية محدودة .

تعتبر أصناف التصنيع الحديثة - التى أنتجت فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية ؛ مثل UC 82 ، و Peto 86 ، و UC 97-3 ... وغيرها من أكثر أصناف الطماطم صلابة . وقد استخدمت هذه الأصناف كمصدر وراثى لصفة الصلابة فى أماكن أخرى من العالم . وقد اعتمد مربو الطماطم فى كاليفورنيا على إحدى سلالات جامعة فلوريدا - هى Florida 1346 - كمصدر للصلابة . وكانت هذه السلالة قد أنتجت خلال الستينيات من هذا القرن ، وهى التى كانت قد استمدت صلابتها - بدورها - من إحدى سلالات شركة هاينز - هى H 4VW - 672 . كما اكتسبت أصناف فلوريدا الأخرى - مثل فلوراديد Floradade - صلابتها من سلالتين أخريين لهاينز ؛ هما Heinz 4 -VF , Heinz 3 . وكانت معظم صلابة سلالات هاينز قد استمدت من إحدى سلالات O.H Rearson - هى Eastern

States 24 – التى أنتجت فى نهاية الخمسينيات بالانتخاب من سلالة أخرى لبيرسون ؛ هى 54 - 1878-3 . كانت هذه السلالة الأخيرة قد أودعت لدى شركة هاينز فى عام ١٩٥٤ . ويرجع نسبها إلى تلقيح أجرى فى بداية الأربعينيات بين الطماطم وإحدى سلالات النوع البرى L. pimpinellifolium (عن Stevens & Rick ١٩٨٦) .

التربية لتحسين حموضة الثمار (الحموضة المعايرة والـ pH)

ترجع أهمية حموضة ثمار الطماطم إلى أنها تؤثر فى مذاق الطماطم ؛ من حيث الإحساس بالحموضة sourness ، ودرجة تركيز الطعم flavor intensity ؛ كما أنها تفيد فى خفض فترة التعقيم ، مع استمرار توخى الأمان ضد النموات الميكروبية . ويرجع إلى pH الثمار المنخفض (الأقل من ٤ ر٤) الفضل فى ضعف نشاط البكتيريا المحبة للحرارة Bacillus coagulans . وقد ثبت أن البكتيريا Clostridum botulinum المسببة للتسمم البوتشيلينى يمكنها النمو ، وإنتاج السموم فى الأغذية التى يكون رقم حموضتها ٨ ر٤ ، أو أعلى ، بما فى ذلك منتجات الطماطم .

هذا .. ويستدل من معظم الدراسات على وجود ارتباط جوهرى سالب بين الـ pH والحموضة المعايرة .وقد تراوحت نسبة تركيز أيون الأيدروجين (H^+) إلى الحموضة المعايرة من ٥٩ – ٧٤ فى ٢٥ تركيباً وراثياً متبايناً فى هاتين الصفتين (عن Stevens ١٩٨٦) .

تقدر الحموضة المعايرة فى عصير الطماطم بحساب عدد ملليلترات أيدروكسيد الصوديوم العُشر أساسية (0.1N) ، اللازمة لمعادلة ١٠ مل من راشح العصير مع استعمال دليل الفينولفثالين phenolphthalin (Porter ١٩٦٠) . وترجع الاختلافات بين أصناف الطماطم فى حموضتها المعايرة إلى اختلافها فى محتوى ثمارها من الأحماض العضوية .

يعتبر حامض الستريك citric acid من أهم الأحماض العضوية ؛ حيث يشكل نحو ٤٠ – ٩٠ ٪ من المحتوى الكلى للعصير من الأحماض العضوية . وتتوقف نسبته الفعلية على الصنف ، والظروف البيئية ، ودرجة نضج الثمار ، والمعاملات التالية للحصاد . ويليه فى الأهمية حامض الماليك malic acid ، الذى يوجد بنسبة ٥ – ٦٠٪ من تركيز حامض الستريك حسب الصنف ، بينما توجد بقية الأحماض العضوية بتركيزات منخفضة جداً ؛

ومن أمثلتها حامض الجالاكترونك الذى ينتج بسبب تحلل البكتينات والذى يزداد تركيزه مع نضج الثمار ، إلى أن يصل إلى أعلى مستوى له فى الثمار الزائدة النضج ، وحامض بيروليدون – كاربوكسيلك pyrrolidone - carboxylic الموجود بتركيز منخفض للغاية ، والذى ربما يكون إنتاجه من تحلل حامض الجلوتامنك glutaminc ، أو حامض الجلوتامك glutamic . ويعد الأخير من أكثر الأحماض الأمينية تركيزاً فى ثمار الطماطم . وبالرغم من أن الطماطم تعد من الخضر الغنية بحامض الأسكوربيك ascorbic (فيتامين جـ) – حيث يوجد بتركيز يتراوح من ١٠ – ٣٥ ملليجراماً / ١٠٠ جم – إلا أن تأثيره فى الحموضة المعايرة ضعيف (عن Stevens & Long ١٩٧١) .

هذا .. ويختلف مدى الحموضة المعايرة – كنسبة مئوية من حامض الستريك – فى ثمار الطماطم ؛ باختلاف الدراسات وباختلاف الجيرمبلازم المستخدم ؛ فهو يتراوح فى الطماطم من ٢٥ ر٠ ٪ إلى ٥٠ر٠ ٪ ، ووصل فى بعض الدراسات إلى ٩١ر٠ ٪ ، بينما يتراوح فى النوع L. pimpinellifolium من ٤٧ر٠ ٪ إلى ٩٥ر٠ ٪

وقد أوضحت دراسات Lower & Thompson (١٩٦٧) أن صفة الحموضة المعايرة يتحكم فيها جين واحد سائد ، إلا أن الانعزالات لم تظهر بوضوح ؛ لأن الصفة كمية وتتأثر بالعوامل البيئية بدرجة كبيرة . وقد قدّر الباحثان درجة توريثها بنحو ٢ ر٦٤ ٪ . وتوصل Stevens & Long (١٩٧١) إلى أن التركيز المنخفض لحامض الماليك صفة بسيطة سائدة . كما درس Stevens (١٩٧٢) وراثة تركيز الحامضين الرئيسيين المسئولين عن الحموضة فى ثمار الطماطم ؛ وهما : حامض الستريك ، وحامض الماليك ، ووجد أن تركيز كليهما صفة بسيطة ، وأن الجينين السائدين يتحكمان فى التركيز المرتفع لحامض الستريك والتركيز المنخفض لحامض الماليك ، وأنهما يوجدان فى نظام ازدواجى coupling على مسافة ١٨ وحدة عبور بين كل منهما ، وأنه لا توجد ضرورة للتربية لنسبة معينة من أحد الحامضين إلى الآخر .

يُعد الـ pH دليلاً للحموضة أفضل من الحموضة المعايرة . ويجب أن يكون pH العصير أقل من ٤ر٤ ؛ لتجنب المشاكل التى تحدثها الكائنات المحبة للحرارة فى منتجات الطماطم المصنّعة . وبرغم أن الغالبية العظمى من أصناف الطماطم لايزيد pH الثمار

فيها على ٤ر٤ .. إلا أن دراسة أجريت على ١٦ صنفاً (Sapers وآخرون ١٩٧٨) أظهرت أن ثمار الأصناف : أيس Ace ، وجاردن ستيت Garden State كانت أعلاها فى رقم الحموضة ، وأن الـ pH كان أعلى من ٤ر٨ فى ٢٥ ٪ من عينات الصنف الأخير . وفى دراسة أخرى موسعة على طماطم التصنيع قام Sapers وآخرون (١٩٧٧) بتقدير pH ثمار ٣٥٦ صنفاً ، و٢١٢ سلالة تربية جمعت من ٥٧ منطقة بثلاث وعشرين ولاية أمريكية . وقد وجد أن مدى الـ pH تراوح فى هذه الدراسة من ١٦ ر٤ فى الصنف والتر Walter إلى ٥٤ ر ٤ فى الصنف أيس ٥٥ فى إف Ace 55 VF ، بالإضافة إلى حالات قليلة كان فيها الـ pH ٧ر٤ ، أو أعلى قليلاً ، وكان ذلك فى أصناف خاصة من مناطق معينة كانت فيها العينات زائدة النضج . وقد تبين من هذه الدراسة ما يلى :

١ - لم يحدث تغير ثابت فى pH عصير ثمار أصناف الطماطم خلال ال ٢٥ عاماً السابقة للدراسة ، فكان pH الأصناف الجديدة أكبر أو أقل من الأصناف القديمة .

٢ - لوحظ أن ثمار الأصناف ذات الـ pH المرتفع نسبياً كانت تميل إلى الشكل الكروى ، أو الكروى المضغوط ، مثل أصناف : أيس ٥٥ فى إف ، وجاردن ستيت ، وبج جيرل Big Girl . وقد ارتفع ال pH فيها عن ٦ر٤ ، إلا أنه لم يصل إلى ٨ر٤ .

لوحظ ارتفاع نسبى فى pH أصناف التصنيع ذات الثمار المربعة الدائرية square round والكمثرية ، والمطاولة .

هذا .. وقد تبين من دراسات أخرى أن مدى ال pH أوسع بكثير فى النوع البرى L. pimpinellifolium ، حيث تراوح من ٣٣ر٤ إلى ٩٥ر٤ فى سلالات مختلفة ، كما تراوح من ٢٧ر٤ إلى ٧٨ر٤ الهجن النوعية بينه وبين الطماطم (عن Stevens ١٩٨٦) .

يقدر pH الثمار بأخذ عينة تتراوح من ١٠ - ٢٠ ثمرة ، تقطع كل منها إلى أربعة أجزاء ، ثم توضع فى خلاط على سرعة عالية لمدة دقيقتين ، ثم يقدر الـ pH فى المخلوط بواسطة جهاز pH meter ذى تدريج دقيق مع استخدام منظم ذى pH قدره ٨ر٤ . وقد توصل Thompson (١٩٦٥) إلى طريقة أسهل من ذلك لتقدير الـ pH فى الثمار المنتخبة ، وذلك بقطع الثمار عرضياً ، ثم غمس العمود الزجاجى للجهاز dual glass electrode فى

المساكن . يكفى ثلاث قراءات فى مساكن مختلفة لكل ثمرة ، مع تقدير الـ pH لثلاث ثمار من كل نبات . ويشترط – لدقة النتائج – أن تكون الثمار على درجة واحدة من النضج .

ويبدو – من الدراسات الوراثية القليلة التى أجريت على صفة pH الثمار – أن درجة توريثها منخفضة ؛ حيث قدرها Lower & Thompson (١٩٦٧) بنحو ٣٧ر٦ ٪ .

التربية لتحسين لون الثمار

يتداخل هذا الجانب من التربية مع هدف التربية لزيادة محتوى الثمار من فيتامين أ ، نظراً لأن لون الثمار يتحدد بمحتواها من الصبغات الكاروتينية التى منها صفة البيتاكاروتين B - carotene التى يُصنّع منها فيتامين أ فى جسم الإنسان .إلا أن اللون الأحمر المميز لثمار الطماطم يتحدد – أساساً – بمحتواها من الصفة الكاروتينية الليكوبين lycopene ؛ ولذا .فإن المناقشة حول الصبغات الكاروتينية – فى هذا الجزء – سوف تركز على علاقتها باللون ، وليس تبعاً لأهميتها الغذائية .

لقد درست مختلف الطفرات المؤثرة فى اللون فى الطماطم ومحتوى ثمار كل منها من مختلف الصبغات الكاروتينية . وقد وجدت ست طفرات مؤثرة فى اللون يتحكم فيها ستة جينات ، منها اثنان سائدان ؛ هما : دلتا Delta (الجين Del)، وبيتا العالية High Beta (الجين B الذى يتحور تأثيره بفعل الجين Beta modifier – أو Mo_B – ليصبح BMo_B) ، وأربعة متنحية هى : الأصفر (الجين r)، والصبغة العالية high pigment (الجين hp) ، والبرتقالى المحمر tangerine (الجين t) ، والقرمزى (الجين og^c) . وقد أضيف إليها بعد ذلك طفرات جديدة اكتشفت فى وقت لاحق ؛ وهى التى يتحكم فيها الجينان : الأخضر القاتم dark green (الجين dg) ، ومُركز الصبغة pigment intensifier (الجين I_p).

وتبعاً ل Baker ١٩٧٥ .. فإن صبغة الليكوبين تمثل ٩٥٪ من محتوى الثمرة من الصبغات ، وهى المسئولة عن اللون الأحمر ، وليس لها أى نشاط كفيتامين أ . وتوجد معظم الصبغات الكاروتينية الباقية على صورة بيتا كاروتين ، بينما لا توجد سوى قليل جداً من الصبغات الكاروتينية الأخرى . وقد دَرَسَ Baker لون الثمار ومحتواها من المواد الكاروتينية

عند تباين التركيب الوراثي بالنسبة لثلاثة من الجينات المؤثرة في اللون ، هي : r ، و t ، و B : فوجدها على النحو التالي :

١ – التركيب الوراثي RR TT bb

يمثل هذا التركيب الوراثي الصنف رتجرز Rutgers . الثمار حمراء اللون . يبلغ المحتوى الكلي للمواد الكاروتينية ٨٨ ميكروجراماً / جم وزن طازج . وتشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٩٧ ٪ ، ٢ر٣ ٪ منها على التوالي ، ولكن النسبة بين الصبغتين تتراوح من ١٢ : ١ إلى ١٨:١ حسب الصنف .

٢ – التركيب الوراثي RR tt bb :

يعرف اللون الذي يعطيه هذا التركيب الوراثي باسم Jubilee Orange . الثمار باهتة اللون . يبلغ المحتوى الكلي للمواد الكاروتينية ١٠٠ ميكروجرام / جم وزن طازج ، تكون معظمها على صورة زيتاكاروتين ، وفيتوين phytoene ، بينما لا توجد سوى آثار من صبغتي الليكوبين والبيتاكاروتين .

٣ – التركيب الوراثي RR TT BB :

الثمار برتقالية اللون : يبلغ المحتوى الكلي للمواد الكاروتينية ٨٤ ميكروجراماً / جم وزن طازج ، تشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٧ ٪ ، و ٩٣ ٪ منها على التوالي .

٤ – التركيب الوراثي rr TT bb :

الثمار صفراء اللون . يبلغ المحتوى الكلي للمواد الكاروتينية ميكروجرامين / جم وزن طازج . تشكل صبغتا الليكوبين والبيتاكاروتين ٣٩٪ ، و٦١٪ منها على التوالي .

يبدو أن الجين R يلعب دوراً مبكراً في إنتاج الصبغات ؛ عن طريق إنتاجه لمادة أولية precourser ضرورية لتكوين الصبغات .

يوجه الجين T تكوين الصبغات نحو النظام الطبيعي ، وهو تكوين صبغتي الليكوبين والبيتاكاروتين .أما أليله t .. فإنه يوجه تكوين الصبغات إلى إنتاج الزيتاكاروتين

والبروليكلوبين prolycopene (البولينيات polyenes).

يحدد الجين B – فى وجود الجينين R ، وT – المحتوى النسبى للصبغتين الرئيسيتين ؛ حيث يزيد محتوى البيتاكاروتين على حساب مستوى الليكوبين .حُصل على هذا الجين من النوع البرى L. hirsutum برغم عدم ظهور تأثيره فى هذا النوع الذى تكون ثماره خضراء اللون عند النضج (عن Rick ١٩٨٢) . يتأثر فعل هذا الجين بالجين مُحَوِّر بيتا beta modifier الذى يأخذ الرمز Mo_B . ففى وجود هذا الجين المُحَوِّر .. يكون ٩٠ ٪ من الصبغات الكاروتينية الكلية على صورة بيتاكاروتين ؛ ممايجعل لون الثماربرتقالياً . أما عند وجود أليله الطبيعى Mo_B^+ – مع الجين B – فإن البيتاكاروتين يمثل أكثر من ٥٠٪ من الصبغات الكاروتينية بينما يمثل الليكوبين أقل من ٥٠٪ منها . أما فى الحالات الطبيعية (bb) .. فإن صبغة البيتاكاروتين لا تشكل سوى ١٠٪ من الكاروتينات الكلية .

أما الجين og^c المسئول عن اللون القرمزى crimson – والذى اكتشف فى سلالة طماطم من الفليبين (Thompson وآخرون ١٩٦٧) – فإنه يؤثر عند وجوده فى صورة متنحية أصيلة على المحتوى النسبى للصبغتين الرئيسيتن ؛ حيث يزيد تركيز الليكوبين على حساب البيتاكاروتين ، وتظهر مساكن الثمار – نتيجة لذلك – بلون أحمر قانٍ . أدخل Lee & Ro-binson (١٩٨٠) هذا الجين فى الصنف نيويوركر New Yorker ؛ وبمقارنة السلالة الجديدة بالصنف الأصلى .. وجد أنها كانت أفضل منه لوناً ، وأقل منه محتوى من فيتامين أ بنسبة ٦٠٪ ؛ بسبب نقص محتواها من البيتاكاروتين والجاماكاروتين ، إلا أنهما تشابها فى كل الصفات الأخرى .

ويقوم الجين delta (ورمزه Del) بإنتاج كميات كبيرة من الدلتا كاروتين ، وهى صبغة كاروتينية لا توجد فى أى من الطفرات الأخرى ، أو فى الثمارالطبيعية . ويبدو أن هذا الجين مسئول عن إنتاج إنزيم معين يعمل على تمثيل الدلتاكاروتين على حساب الليكوبين .

تحتوى ثمارالطفرة " الصبغة العالية " high pigment (التى يتحكم فيها الجين hp) على تركيز عال من الصبغات الكاروتينية الكلية ، دون أن تؤثر فى نسبة كل منها إلى الأخرى . ويعنى ذلك أن هذه الطفرة يزيد فيها محتوى الثمار من كل من صبغتى الليكوبين المسئولة عن اللون ، والبيتاكاروتين التى يصنع منها فيتامين أ فى جسم الإنسان .(عن Baker

١٩٧٥) . ولهذا الجين تأثيرات متعددة فى النبات ، بعضها مفيد وبعضها ضار . ومن أهم التأثيرات المفيدة لهذا الجين ما يلى :

١ – يجعل الثمارذات لون أحمر براق من الخارج ، ولكنه لا يؤثر فى لون المساكن .

٢ – يزيد من محتوى الثمار من البيتاكاروتين بنحو ٢٥ – ٥٠ ٪ ، ومن حامض الأسكوربيك بنحو ٢٠ ٪ .

٣ – يزيد من التمثيل الضوئى فى وحدة المساحة من الورقة ، ويزيد من محتوى الأوراق والثمار من صبغة الكلوروفيل .

٤ – يزيد من صلابة الثمار ، ويزيد من لزوجة العصير .

أما التأثيرات الضارة لهذا الجين .. فهى كما يلى :

١ – يبطىء من إنبات البذور ، و نمو البادرات ، ويؤخر النضج .

٢ – يجعل السيقان سهلة الكسر brittle .

٣ – يزيد من حساسية النموات الخضرية للأضرار التى تحدثها أشعة الشمس القوية ، ويسرع من اصفرارها .

٤ – يحدث تغيرات غير مرغوبة فى نكهة الثمار ؛ من خلال تأثيره فى محتواها من المواد المتطايرة volatile substances .

٥ – يخفض عدد البذور فى الثمار .

٦ – يخفض من الحموضة المعايرة ونسبة المواد الذائبة الكلية بالثمار .

٧ – يقلل من المحصول المبكر والمحصول الكلى (عن Jarret وآخرين ١٩٨٤) .

ويمكن التعرف على البادرات الحاملة لهذا الجين بسهولة – وهى ما زالت فى طور البادرة – نظراً لأنها تكتسب لونا أرجوانياً قاتماً خلال فترة قصيرة من تعرض البادرات لدرجات حرارة منخفضة . ويؤدى وجود الجينين hp ، و og^c – معاً – كما فى الصنف أُتّوا ٦٧ Ottwa 67 إلى تحسين الثمار – خارجياً وداخلياً – مع زيادة محتواها من البيتاكاروتين بنسبة ٢٥٪ (عن Stevens ١٩٧٩).

أما الجين Ip (مُركّز الصبغة pigment intensifier) . فقد حُصل عليه من النوع البرى L. chmielewskii ، وهو مسئول عن زيادة تركيز الصبغات . وجدير بالذكر أن تأثير هذا

الجين لم يظهر إلا فى الخلفية الوراثية للطماطم ؛ حيث إن ثمارالنوع البرى L. chmie-lewskii ذات لون أبيض مخضر عند النضج (عن Rick ١٩٨٠) .

ووجدت طفرة الثمار الخضراء القاتمة dark green ، التى يتحكم فيها الجين dg فى الصنف مانابال Manapal . وتختلف هذه الطفرة عن النباتات الطبيعية فى أن ثمارها غير الناضجة تكون أكثر اخضراراً حتى بداية التلوين ، ثم تكون ثمارها الناضجة أكثر احمراراً – داخلياً وخارجياً – عند اكتمال نضجها . وقد تبين أن ثمار هذه الطفرة يزيد محتواها من الكلوروفيل على محتوى كل من الثمارالطبيعية والطفرة hp . وجدير بالذكر أن اللون الأخضر القاتم الذى يحدثه الجين dg يكون متجانساً فى كل الثمرة ، وليس عند أكتافها فقط مثلما تكون عليه الحال فى التركيب الوراثى UU . أما ثمار التركيب الوراثى uu(uniform green) فإنها تكون خضراء متجانسة أيضا ، ولكن بلون أخضر فاتح . وتجدر الإشارة – كذلك – إلى أن اللون الأحمر القانى الذى تظهر به الثمار dg dg يكون مماثلاً للون الثمار hp hp ، ولكن ثمار الأولى يكون محتواها من كل من حامض الأسكوربيك والبيتاكاروتين أعلى من محتوى ثمار الثانية . وقد قام Wann وآخرون (١٩٨٥) بمقارنة سلالات ذات أصول وراثية متشابهة isogenic lines ، تختلف فيما تحمله من ثلاثة جينات هى hp ، وdg ، وog^c . ووجد أن ثمار dg الناضجة يزيد محتواها من الليكوبين بمقدار يصل إلى ١٠٠ ٪ عن الثمار الطبيعية . وزاد متوسط محتوى ثمار dg من البيتاكاروتين بمقدار ٥٠ ٪ عن ثمار hp ، وبمقدار ٢٥ ٪ عن الثمارالطبيعية . كما كانت الثمار الـ dg أصلب – جوهرياً – من الثمار الطبيعية فى كل طورى النضج الأخضر والأحمر . هذا .. بينما لم تظهر أية فروق فى الطعم بين مختلف السلالات . كما تبين من دراسة أخرى – قورن فيها تأثير الجينين hp ، و dg فى سلالات ذات أصول وراثية متشابهة (Jarret وآخرون ١٩٨٤) – أن كلا الجينين أحدث زيادة فى محتوى الثمار من كل من حامض الأسكوربيك والكلوروفيل . وكانت الزيادة فى الكلوروفيل فى الجدر الثمرية الخارجية ١٦٦ ٪ فى السلالة hp ، و ٣٢٠ ٪ فى السلالة dg مقارنة بالتركيب الوراثى الطبيعى . وكانت ثمار كلتا الطفرتين أصغر حجما وأكثر استطالة من ثمار السلالة الطبيعية ، ولكنهما لم تختلفا عن الطبيعية فى النضج . وأحدثت الطفرتان تأخيرا فى كل من النمو الخضرى والثمرى ، وأنقصتا – جوهرياً – المساحة الورقية الكلية ، وطول السلاميات ، والوزن الكلى الطازج

والجاف للنبات ؛ وكان تأثير الجين dg – دائماً – أكبر – كمياً – من تأثير الجين hp . وفى محاولة لتفهم الأساس الفسيولوجى لزيادة صلابة ثمار الـ dg عن الثمار الطبيعية .. لم يستدل Tong &Gross (١٩٨٩) على أية فروق بينهما فى نشاط إنزيم البولى جالاكتورونيز polygalacturonase ، أو تركيب الجدرالخلوية خلال مراحل نضج الثمرة ؛ مما يدل على وجود عوامل أخرى تؤثر فى ذوبان المركبات اليورونيدية uronides فى الجدر الخلوية .

ويبدو أن العلاقة بين محتوى الكلوروفيل فى الثمار غير الناضجة ومحتوى المواد الكاروتينية فى الثمار الناضجة مردها إلى تحول البلاستيدات الخضراء أثناء النضج إلى بلاستيدات ملونة ، وهو ما قد يفسر كيف أن الطفرتين hp ، و dg نواتى الثمار الخضراء القاتمة ينتهى بهما الأمر إلى محتويات ثمرية مرتفعة من البيتاكاروتين . كما يعتقد أن الأصناف التى تحمل جين النضج المتجانس (u) بحالة أصيلة يكون محتوى ثمارها من الليكوبين أقل من ثمار الأصناف التى تحمل آليل النضج غير المتجانس (u^+) ، والتى تكون أكتافها خضراء اللون .

لقد أجريت محاولات كثيرة للاستفادة من الجين hp فى برامج التربية ؛ لما له من تأثير مرغوب جداً فى لون الثمار . وبالرغم من ذلك .. فلم ينتج – إلى الآن – أى صنف جديد ناجح يحمل هذا الجين ؛ بسبب تأثيراته الأخرى المتعددة غير المرغوبة . وقد اعتقد بعض الباحثين أن إدخال الجينين og^c ، و hp – – معاً – فى صنف واحد يؤدى إلى التغلب على هذه التأثيرات غير المرغوبة ، إلا أن مثل هذه الأصناف لم تكن ناجحة – هى الأخرى – لنفس الأسباب التى جعلت الأصناف التى تحمل الجين hp غير ناجحة .

يمكن التعرف بسهولة على الجينات hp ، و dg ، و og^c فى برامج التربية . فالجين hp يزيد من مستوى الأنثوسيانين فى السويقة الجنينية السفلى للبادرة ، التى تكتسب لونا أرجوانياً قاتماً لدى تعرضها لفترات قصيرة من الحرارة المنخفضة ؛ وبذا يسهل التعرف عليها فى طور البادرة . وتؤدى تربية البادرات الصغيرة تحت غطاء بلاستيكى من الفينيل الأصفر yellow vinyl film إلى سهولة التمييز بين النباتات الطبيعية ، و السلالات الأصيلة فى كل من الجينين hp ، و dg ' ؛ إذ تستطيل السويقة الجنينية السفلى فى النباتات الطبيعية ، بينما تبقى عادية الطول فى كل من الطفرتين hp ، وdg . هذا بينما

تكتسب بتلات أزهار الطفرة og^c لوناً برتقالياً واضحا لدى تعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة ، وهو ما يميزها بسهولة عن غيرها . وعند التربية لكا من الطفرتين hp ، و og^c معاً يمكن تعريض النباتات لحرارة منخفضة فى طورى البادرة وبداية الإزهار ؛ وبذا يسهل التعرف على النباتات الحاملة لكل من الطفرتين على التوالى .

التربية لتحسين القيمة الغذائية

ترجع الأهمية الغذائية للطماطم إلى أنها تعد أحد المصادر الهامة لكل من البيتاكاروتين الذى يتحول فى جسم الإنسان إلى فيتامين (أ) ، و حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) ، وبعض العناصر المعدنية كالفسفور والبوتاسيوم ، وهى التى سنتناولها بالدراسة فى هذا الجزء .

١ - فيتامين (أ) :

تعد الطماطم - مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى - متوسطة فى محتواها من فيتامين أ ؛ حيث تحتوى الطماطم على ٩٠٠ وحدة دولية من فيتامين أ لكل ١٠٠ جم من الثمار الطازجة مقابل ٦٠ وحدة دولية فى القنبيط ، و ٢٤٠ فى الكرفس ، و ٣٣٠ فى الخس ، و ٦٠٠ فى الفاصوليا الخضراء ، و ٢٥٠٠ فى البروكولى ، و ٨٨٠٠ فى البطاطا الحلوة ، و ١١٠٠٠ فى الجزر . وبالرغم من ذلك . فإن الطماطم تعد من أهم مصادر فيتامين أ للإنسان ؛ نظراً لزيادة الكميات المستهلكة منها مقارنة بالخضر الأخرى .

تتفاوت أصناف الطماطم - كثيراً - فى محتواها من البيتاكاروتين ، الذى يُصنّع منه فيتامين أ فى جسم الإنسان . وقد أنتجت أصناف طماطم غنية بفيتامين أ من تهجين مع السلالة P.I. 126445 للنوع البرى L. hirsutum ، وهو نوع تكون ثماره الناضجة خضراء اللون ، إلا أنه ظهر فى النسل الناتج من هذا التهجين نباتات ذات ثمار برتقالية اللون ، وأخرى ذات ثمار حمراء برتقالية . وأمكن بالتربية إنتاج صنف الطماطم كارو رد Caro - Red ، الذى يتميز بثماره ذات اللون البرتقالى الضارب إلى الحمرة ، والتى بلغ محتواها من فيتامين أ عشرة أضعاف محتوى ثمار الأصناف الأخرى (عن Tomes ١٩٧٢) . وأنتج كذلك الصنف كارو رتش Caro - Rich الذى تميز بثماره ذات اللون

البرتقالى ، والتى بلغ متوسط وزنها ١٧٥ جم ، واحتوت على البيتاكاروتين بتركيز قدر بنحو ١ ر٤٧ ± ١٤ mug لكل جم من الوزن الطازج (Tigchelaar & Tomes ١٩٧٤) . وبرغم أن هذين الصنفين لا يختلفان فى الطعم عن الأصناف العادية ذات الثمار الحمراء اللون – وهو ما يثبت تجريبياً بإجراء اختبارات التذوق تحت مرشحات للضوء ، تخفى الفروق فى اللون بين مختلف الثمار – إلا أنها لم تنتشر أبداً فى الزراعة ، واقتصر استعمالها على نطاق محدود جداً فى السلطات مع الطماطم الحمراء العادية ؛ ويرجع السبب فى ذلك إلى أن المستهلك لا يرضى بديلاً عن اللون الأحمر لثمار الطماطم .

وتجدر الإشارة إلى أنه ليست جميع أصناف الطماطم ذات الثمار البرتقالية غنية بالبيتاكاروتين ، الذى يعد المصدر النباتى لفيتامين أ . ومن أمثلة ذلك الأصناف جولدن جوبولى Golden Jublee ، وصن رى Sunray ، و بن أورانج Penn Orange ، التى تحتوى على خليط من الصبغات الكاروتينية (غير الليكوبين والبيتاكاروتين) يتكون معظمها من البروليكوبين prolycopene ، والزيتاكاروتين . ويتحكم الجين t فى لون ومحتوى هذه الأصناف من الصبغات الكاروتينية ، وهو جين نشأ كطفرة فى الطماطم ، ولم ينقل إليها من الأنواع البرية .

وكما سبق بيانه تحت التربية لتحسين اللون .. فإن الجينين hp ، و og^c يؤثران – كذلك فى محتوى ثمار الطماطم من فيتامين أ . فالجين og^c ينقص محتوى البيتاكاروتين بنسبة ٤٠٪ ، بينما يزيد الجين hp محتوى نفس الصبغة بنسبة ٤٠٪ .

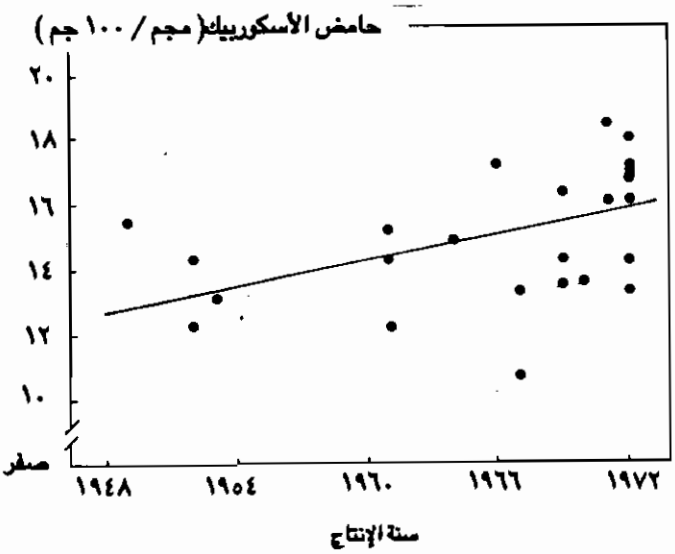
٢ – حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) :

تعد الطماطم مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى متوسطة – كذلك – فى محتواها من فيتامين جـ ؛ حيث تحتوى ثمارها على ٢٣ مجم من حامض الأسكوربيك لكل ١٠٠ جم من الوزن الطازج مقابل ٦ مجم فى الخس ، و٩ مجم فى الكرفس ، و ٨ مجم فى الجزر ، و ٢٠ مجم فى البطاطس ، و ٢١ مجم فى البطاطا ، و ٢٧ مجم فى البسلة ، و ٧٨ مجم فى القنبيط ، و ١١٣ مجم فى البروكولى . وبالرغم من ذلك .. فإن الطماطم تعد من أهم مصادر فيتامين جـ للإنسان ؛ نظراً لزيادة الكميات المستهلكة منها مقارنة بمحاصيل الخضر الأخرى .

تختلف أصناف الطماطم – كثيراً – فى محتوى ثمارها من فيتامين جـ ، ويتراوح المدى من ٩ – ٤٤ مجم / ١٠٠ جم حسبما قُدِّر فى عدة دراسات (عن Nazeem ١٩٦٧ ، و Mathews وآخرين ١٩٧٣ ، و Radwan وآخرين ١٩٧٩ ، و Stevens ١٩٨٦) . وتتوفر مصادر فيتامين جـ المرتفعة فى الأنواع البرية ؛ خاصة النوعين L. peruvianum، و L. pimpinellifolium . وقد أمكن الحصول على نباتات منعزلة من التهجينات بين الطماطم وبعض سلالات النوع الأول ، بلغت نسبة فيتامين "جـ" فى ثمارها ضعف النسبة العادية (عن Robinson ١٩٧٤) . كما استخدم النوع الثانى – L. peruvianum – فى إنتاج أصناف تجارية بلغ محتوى ثمارها من فيتامين جـ ضعف النسبة العادية كذلك ؛ ومن أمثلتها الصنفان دبل رتش Double Rich ، وهاى سى Hi - C . هذا .. إلا أن مجرد غنى ثمارهذه الأصناف بفيتامين "جـ" لم يساعد على انتشارها فى الزراعة .. وهى حقيقة تؤكد على أن التربية للصفات غير الواضحة للمنتج أو للمستهلك – كهذه الصفة – يجب أن تصاحبها التربية للصفات الاقتصادية الأخرى (عن Munger ١٩٧٩) . ويبدو أن صفة المحتوى المرتفع لفيتامين "جـ" ترتبط بانخفاض المحصول ؛ فبالرغم من المحاولات العديدة لتربية أصناف جديدة عالية فى كل من المحصول وفيتامين جـ .. إلا أن المحصول لم يكن مقبولاً فى السلالات العالية فى فيتامين جـ .

وقد وُجِهَت اتهامات بالتقصير إلى مربى النباتات بشأن عدم اهتمامهم بمحتوى الثمار من فيتامين جـ فى الأصناف الجديدة المحسنة ، إلا أن الحقائق تؤكد أن مستوى الثمار من فيتامين جـ قد ارتفع تدريجياً فى الأصناف التى أنتجت فيما بين عامى ١٩٥٢ ، و ١٩٧٢ (شكل ٢ – ٤) . وقد قدر متوسط الزيادة خلال تلك الفترة بنحو ٢٥٪ .

وعن وراثة هذه الصفة .. أوضحت دراسات Nazeem (١٩٦٧)أن صفة المحتوى المرتفع لفيتامين جـ بسيطة وسائدة جزئياً مع وجود بعض الجينات المحورة ، وقدرت درجة توريثها بنحو ٩٣ ٪ . وفى دراسة أخرى (Hassan وآخرون ١٩٨٧) . وجد أن صفة المحتوى المرتفع لحامض الأسكوربيك فى الصنف لارج رد شيرى Large Red Cherry – مقارنة بالمستوى المنخفض فى الصنف يوسى ٨٢ UC 82 – بسيطة ومتنحية جزئياً ، بينما قدرت درجة توريثها بنحو ٦٧٪ على النطاق العريض ، و ٤٨٪ على النطاق الضيق .



شكل (٢-٤) : محتوى حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ) فى ثمار أصناف الطماطم التى أنتجت خلال الفترة من عام ١٩٤٨ إلى عام ١٩٧٢ (Matthwes وآخرون ١٩٧٣) .

٣ – الفوسفور والبوتاسيوم :

يتراوح مستوى الفوسفور فى أصناف الطماطم من ١٢ – ٢٧ ملليمكافئاً / لتر. ويبدو أن مستوى الفوسفور صفة كمية يتحكم فيها عدد قليل من الجينات . وقد وجد أن لهذه الجينات تأثيرات الإضافة والسيادة والتفوق ، كما تأثرت وراثة الصفة – بشدة – بالتفاعل بين البيئة والتركيب الوراثى ؛ ويبدو أن هذا التفاعل يرجع إلى العوامل البيئية التى تؤثر فى نمو الجنور ؛ لأن امتصاص الفوسفور يعتمد كثيراً على مدى هذا النمو .

أما البوتاسيوم .. فإنه يعتبر الكاتيون غير العضوى السائد فى ثمار الطماطم ؛ حيث يتراوح مستواه من ٤٥ – ٨٧ ملليمكافئاً / لتر . وقد يؤدى نقص البوتاسيوم إلى ضعف لون الثمار ونقص الحموضة بها .

التربية لتحسين المذاق والنكهة

تتأثر نكهة الطماطم بمحتواها من المركبات المتطايرة volatile substances ؛ أما

المذاق .. فيتأثر أساساً بنسبة السكريات إلى الأحماض ، علماً بأن النكهة يتم الإحساس بها عن طريق الأنف ، أما المذاق .. فيكون الإحساس به عن طريق الفم . وقد وجد أن أفضل طعم للطماطم يكون فى الثمار التى لا تقل فيها نسبة السكريات إلى الأحماض عن ٥ر٨ : ١ ، بشرط ألا تقل نسبة السكريات عن ٣ ٪ ؛ ويعنى ذلك ألا تقل نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية عن ٥ ره ٪ ، وألا يزيد رقم الـ pH عن ٣٥ ر٤ . ويقصد بنسبة الأحماض الحموضة المعايرة كنسبة مئوية من حامض الستريك ، الذى يجب ألا يقل تركيزه عن ٣٥ ر٠ جم / ١٠٠ جم من الوزن الطازج (عن Stevens ١٩٧٣) .

يتبين مما تقدم أن الكميات المطلقة من السكريات والأحماض لا تقل عن النسبة بينهما فى تحديد طعم ثمار الطماطم .

وقد أوضح Jones & Scott (١٩٨٣) أن سلالات الطماطم التى ترتفع فيها نسبتا السكر والحموضة كانت أفضل طعماً من الصنف القياسى كال أيس Cal Ace . وقد أرجعت معظم الاختلافات فى الطعم إلى الاختلافات فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة المعايرة ؛ وهو ما يعنى أن التربية لتحسين الطعم تعتمد على تحسين تلك الصفتين . هذا .. إلا أن زيادة نسبة السكر ترتبط - عادة - بنقص فى كل من المحصول وصلابة الثمار ، فضلاً على أنها صفة كمية ليس من السهل إدخالها - بالتربية - فى سلالات الطماطم . وقد أوضحت دراسة أخرى لهذين الباحثين (Jones & Scott ١٩٨٤) ظهور قوة هجين فى صفة طعم الثمار ، حيث كانت الهجن بين سلالات الطماطم العالية فى نسبتى السكر والأحماض أفضل طعماً من الأبوين (ظهر فيها" طعم الطماطم" بصورة أكثر وضوحاً مما فى الآباء) .

يتحسن مذاق ثمرة الطاطم كلما ازدادت نسبة أنسجة المساكن locular tissue إلى الجدر الثمرية اللحمية pericarp ، بشرط ارتفاع نسبة كل من السكر والأحماض . ويرجع السبب فى ذلك إلى التأثير الكبير لنسبة المساكن إلى الجدر الثمرية على المتوسط العام لنسبة السكريات إلى الأحماض فى الثمرة . ففى دراسة أجريت على سبعة أصناف من الطماطم - تراوحت فيها نسبة أنسجة المساكن من ٤ ر١٤ إلى ٠ ره٣ ٪ من وزن الثمرة - ولدى مقارنة السكريات والأحماض فى أنسجة المساكن بتركيزها فى الجدر الثمرية

.. وجد ما يلى (Stevens وآخرون ١٩٧٧) :

١ – كانت السكريات المختزلة أعلى بنسبة ٢٠٪ فى الجدر الثمرية منها فى المساكن .

٢ – كان الجلوكوز أعلى بنسبة ٣٨٪ فى الجدر الثرية منه فى المساكن .

٣ – تساوى تركيز كل من الفراكتوز ، والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى كل من الجدر الثمرية والمساكن .

٤ – كانت الحموضة المعايرة أعلى بنسبة ٤٨٪ منها فى الجدر الثمرية .

٥ – كان حامض الستريك أعلى بنسبة ٥٧٪ فى المساكن منه فى الجدر الثمرية .

٦ – تساوى كل من الـ pH ، وتركيز حامض الماليك فى كل من الجدر الثمرية والمساكن .

ويعنى ذلك أن المذاق يكون أفضل فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة عالية من المساكن ، مع ارتفاع محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، مثل أيس ، وفى إف ١٤٥ – بى – ٧٨٧٩ مما فى الأصناف التى تحتوى ثمارها على نسبة منخفضة من المساكن ، مثل يوسى ٨٢ .

أما نكهة الطماطم .. فإنها تتحدد بمحتواهامن المركبات المتطايرة كما سبق بيانه . ولقد أمكن التعرف على أكثر من ١٨ مركباً متطايراً فى عصير الطماطم ، منها نسبة عالية من الألدهيدات ، والكيتونات ، و الكحولات ، وبعض الإسترات . كما وجدت اختلافات كمية بين أصناف وسلالات الطماطم فى محتواها من هذه المركبات ،التى يقدر تركيز كل منها بالجزء فى البليون ، والتى من أمثلتها ما يلى :

amyl alchol	n - pentanol
cis - 3 - hexenol	acetaldehyde
methyl sulfide	acetone
methanol	ethanol
isovaleraldhyde	n - hexanol
2 - isobutylthiazole	methyl salicylate
eugenol	

وقد وجد Stevens (١٩٧٠) من دراسته الوراثية على المركبات الثلاثـ ـرة ما يلى :

١ – يتحكم فى تركيز مركب 2 - isobutylthiazole جين واحد ذو تأثير إضافى .

٢ – يتحكم فى تركيز مركبى methyl salicylate ، و eugenol جينان (واحد لكل منهما) مرتبطان فى نظام ازدواجى coupling ، مع سيادة التركيز المنخفض على التركيز المرتفع فى كل منهما .

وفى دراسة أخرى .. كان 2 - isobutylthiazole أهم المركبات المتطايرة تأثيراً على فرق النكهة بين صنفى الطماطم كامبل ١٤٦ Campbell 146 ، وكامبل ١٣٢٧ .

كما وجد McGlasson وآخرون (١٩٨٧) ٦٩ مركباً فى ثمار الصنف رتجرز Rutgers ، كان لكل منها رائحة خاصة مميزة ؛ وقد ربطوا النكهة المميزة للطماطم بستة من هذه المركبات ، وهى :

hex - 2 - enal	linalool
phenylacetaldehyde	methyl salicyate
2 - phenylethanol	eugenol

وبرغم وجود هذه الاختلافات الكمية بين أصناف وسلالات الطماطم فى محتواها من المركبات المتطايرة .. إلا أنه لم تلاحظ فروق نوعية بينها . كما لم ترتبط أى منها بالنكهة المميزة للثمار ، باستثناء حالات قليلة سبقت الإشارة إلى بعضها . ويبدو – من دراسة العلاقة بين محتوى الثمار من الصبغات الكاروتينية ومحتواها من المركبات المتطايرة – أن المركبات المتطايرة الرئيسية تنتج من تحلل البولينات polyenes والكاروتينات ؛ فقد وجدت هذه العلاقة فى الصنفين Caro - Red الغنى بالبيتاكاروتين – و Golden Jubilee الغنى بالزيتاكاروتين

التربية لزيادة القدرة على تحمل التخزين لفترات طويلة

يجب – بداية – – التمييز بين صفتى صلابة الثمار ، وفترة صلاحيتها للتخزين shelf life . فقد تتساوى ثمار صنفين من الطماطم فى الصلابة عند حصادها فى طور النضج الأحمر ، ولكن سريعاً ما تظهر اختلافات كبيرة بينهما – فى درجة صلابتها – خلال أسبوع

واحد من تخزينها فى درجة حرارة الغرفة .

وتتوقف فترة الصلابة للتخزين على عاملين رئيسيين ؛ هما :

١ – صلابة الثمرة عند الحصاد :

حيث تزيد فترة صلاحية الثمار للتخزين بزيادة صلابتها عند الحصاد . وتختلف الصلابة باختلاف الأصناف وباختلاف مرحلة نضج الثمار عند الحصاد . تدوم تلك العلاقة لفترة قصيرة ، ويظهر بعدها تأثير العامل الثانى .

٢ – مدى نشاط الإنزيمات التى تعمل على تحليل المواد البكتينية pectolytic enzymes فى الثمار :

تزداد فترة صلاحية الثمار للتخزين بانخفاض نشاط هذه الإنزيمات .

وتفقد الثمار صلابتها أثناء نضجها بفعل بعض التغيرات الإنزيمية فى المركبات البكتينية ، وهذه التغيرات هى :

١ – تلتصق خلايا الثمار غير الناضجة بشدة بواسطة مادة البروتوبكتين protopectin التى تتوفر فيها .

٢ – يتحول البروتوبكتين – إنزيمياً – أثناء نضج الثمار إلى بكتين pectin بفعل إنزيم بروتوبكتينيز كالتالى :

$$\text{protopectin} \xrightarrow{\text{protopectinase}} \text{pectin}$$

ويعتبر البكتين أقل قدرة على لصق الخلايا من البروتوبكتين .

٣ – يتحول البكتين – إنزيمياً – مع استمرار نضج الثمار إلى مركبات أخرى ؛ مثل : الأحماض البكتينية pectic acids بفعل إنزيمات البكتينيز pectinase وبولى جالا كيتوروينز polygalacturonase ، وبكتين استريز pectin - estrase كما يلى :

$$\text{pectin} \xrightarrow{\text{polygalacturonase}} \text{smaller pectinic molecules} \xrightarrow{\text{pectin - estrase}} \text{pectic Acids}$$

ويرجح أن تحلُّل المواد البكتينية يضعف الشبكة المعقدة للمركبات العديدة التسكر فى الجدر الخلوية ، مما يؤدى إلى ضعف الاتصال بين الخلايا وفقد الصلابة بالتالى (Gould ١٩٧٤) . وتحدث هذه التغيرات فى المواد البكتينية سواء أكانت الثمار صلبة ، أم غير صلبة (Malis - Arad وآخرون ١٩٨٣) . إلا أن بعض سلالات التربية تحتوى على جينات توقف بعض هذه التفاعلات الإنزيمية أو تثبطها ، مما يترتب عليه عدم فقد الثمار لصلابتها ، واستمرارها بحالة صلبة لعدة أشهر ، كما فى حالة الطفرات rin ، و nor ، وNr ، و alc ، و Gr . وقد عرف الكثير عن نشاط الإنزيمات – التى تحلل المواد البكتينية – ودورها فى عملية النضج ؛ من خلال الدراسات التى أجريت على هذه الطفرات المؤثرة فى نضج الثمار. ونلقى – فيما يلى – الضوء فى هذه الطفرات وتأثيراتها المتعددة على ثمار الطماطم .

١ – طفرة " مانع النضج " ripening inhibitor :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين المتنحى rin . وتتميز ثمار النباتات الأصيلة فى هذا الجين بمايلى :

أ – تظل الثمار محتفظة بصلابتها لفترة طويلة بعد الحصاد ، ولا تفقدها إلا ببطء شديد.

ب – لا تظهر بها ظاهرة الكلايمكترك climacteric كما فى الثمار الطبيعية .

جـ – لا تتكون بها الصبغات الكاروتينية العادية بالكميات أو بالنسب التى توجد فى الأصناف العادية .

لا يمكن الاستفادة من هذا الجين إلا فى الهجن فقط ؛ ذلك لأن النباتات الأصلية rin rin لا تتلون ثمارها باللون الأحمر ، وأقصى ما يمكن أن تصل إليه هو اللون الأصفر . لا تكون هذه الثمار مستساغة الطعم ؛ وعليه فهى لا تصلح للاستهلاك . أما ثمار النباتات الخليطة rin /+ .. فيجب ألا تقطف قبل وصولها إلى طور النضج الأحمر . وإذا جمعت – وهى فى طور النضج الأخضر – فإنها لا تصل فى التلوين إلى أكثر من اللون البرتقالى المصفر ، وتكون رديئة الطعم . هذا .. إلا أن طعمها يكون مقبولاً إذا قطفت وهى مكتملة التلوين (Kopeliovitch وآخرون ١٩٨٢) .

ويبدو أن احتفاظ الثمار الحاملة للجين rin بصلابتها أثناء التخزين مرده إلى أنها تخلو من أى نشاط لإنزيم polygalacturonase . ففى دراسة – قورن فيها نشاط الإنزيمات pectinestrase ، و polygalacturonase ، و cellulase (وهى الإنزيمات المسئولة عن التغيرات التى تؤدى إلى فقدان ثمار الطماطم لصلابتها) فى ثمار على درجات مختلفة من النضج من سلالتين من الصنف رتجرز Rutgers إحداهما عادية . بينما تحمل الأخرى الجين rin – وجد أن نشاط هذه الإنزيمات فى السلالة الحاملة للطفرة مقارنة بالسلالة العادية كان كما يلى : لم يتغير نشاط إنزيم pectinestrase أثناء نضج الثمار ، وازداد نشاط إيزيم cellulase ، بينما لم يلاحظ أى نشاط لإنزيم palygalacturonase (عن Whitaker ١٩٧٩) .

٢ – طفرة " عدم النضج " non-ripening :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين المتنحى nor ، وتتميز ثمار النباتات الأصيلة فى الطفرة بأنها تتكون ببطء شديد ، وتبقى محتفظة بصلابتها لعدة أشهر بعد الحصاد . يستخدم هذا الجين – كذلك – فى الهجن فقط ؛ ذلك لأن النباتات الأصيلة nor nor لا تتلون بأكثر من اللون البرتقالى المصفر بعد أكثر من ٥ – ٦ شهور من القطف ، فضلاً على أن طعمها غير مستساغ ولا تصلح للاستهلاك . أما الثمار الخليطة nor / + .. فإنها تنضج بصورة طبيعية ، وتكتسب لوناً أحمر عادياً . إذا تركت لتكمل نضجها على النبات ؛ ويكون طعمها جيداً – خاصة إذا أنتجت فى بيئة ملحية – أما إذا قطفت هذه الثمار قبل اكتمال تلوينها .. فإنها لا تكمل نضجها بصورة طبيعية ؛ حيث تظل باهتة اللون إذا قطفت فى طور النضج الوردى ، ولا تتلون إذا قطفت فى طور النضج الأخضر (Buescher وآخرون ١٩٨١) .

وترجع قدرة ثمار هذه الطفرة على الاحتفاظ بصلابتها لفترات طويلة – عند التخزين – إلى قلة نشاط إنزيم الـ polygalacturonase بها .

وبالمقارنة .. فإن ثمار الهجن nor / + rin / + تكتسب لونا أحمر باهتاً إذا تركت لتكمل نضجها على النبات . وتبقى هذه الثمار محتفظة بجودتها لمدة ٣ – ٤ أسابيع بعد الحصاد فى درجة حرارة الغرفة ، ثم تبدأ البنور – بعد ذلك – فى الإنبات داخل الثمرة . أما إذا قطفت الثمار فى مرحلة النضج الأخضر .. فإنها لا تكتسب أكثر من اللون البرتقالى

المصفر بعد الحصاد .

وقد جرت محاولات لتحسين تلوين ثمار السلالات nor بإضافة الطفرات الأخرى المحسنة للون إليها ، وكانت النتائج كما يلى :

أ – تميزت ثمار النباتات ذات التركيب الوراثى nor nor hphp بصلابتها الشديدة ، مع احتفاظها بجودتها لعدة شهورة أثناء التخزين ، وكان لون هذه الثمار أحمر فاتحاً من الخارج ، وطبيعياً من الداخل .

ب – تميزت ثمار النباتات ذات التركيب الوراثى nor nor h_p h_p og^c og^c بصلابتها الشديدة ، مع احتفاظها بجودتها لعدة شهور أثناء التخزين . وكان لون هذه الثمار طبيعياً من الخارج ، وأكثر احمراراً من الثمار العادية من الداخل .

أما عن عدم استساغة طعم ثمار النباتات الأصيلة فى أى من الطفرتين rin ، أو nor .. فيبدو أن مرده إلى خلوهما من بعض المركبات المتطايرة المسئولة عن النكهة المميزة للطماطم . فقد وجد McGlasson وآخرون (١٩٨٧) أن ثمار الطفرتين rin ، و nor تخلوان من ١٥ مركباً متطايراً وجدت فى الثمار الطبيعية ، وصنفت على أنها ذات رائحة متوسطة إلى قوية واشتملت على : اثنين من الألدهيدات ، وسبعة كحولات ، واثنين من الكيتونات ، وثلاثة مركبات كبريتية ، ومركب فينولى واحد .

٣ – الطفرة " لا تنضج أبداً " never ripe :

يتحكم الجين Nr فى هذه الطفرة التى تتميز بأن ثمارها لا تفقد صلابتها إلا ببطء شديد . وقد وجد Hobson (١٩٦٧) أن هذا الجين سائد جزئياً ، وأن النباتات الحاملة له تنضج ثمارها وتتلون ببطء ، كما تفقد صلابتها ببطء كذلك . وتميزت الثمار الحاملة لهذا الجين بقلة نوبان المواد البكتينية فيها ، وضعف نشاط إنزيم الـ polygalcturonase بها .

٤ – الطفرة " ألكوباكو " Alcobaco :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين المتنحى alc وتتميز ثمار النباتات الأصلية فى الطفرة بأنها تحتفظ بصلابتها لفترات طويلة بعد الحصاد ، إلا أنها لا تكمل تلونها بصورة طبيعية .

ويتأثر اللون النهائى للثمرة بلونها عند حصادها كما يلى :

لون الثمرة عند الحصاد	اللون النهائى للثمرة فى المخزن
أخضر	أصفر
بداية التلوين	برتقالى
بعد بداية التلوين بأسبوعين	أحمر فاتح
أحمر (الثمار مكتملة النضج)	أحمر فاتح

وتكون الثمار الناضجة – طبيعياً – على النبات ذات لون وطعم مقبولين ، وتحتفظ بجودتها عند التخزين لفترات طويلة . ولهذا الجين المتنحى تأثير متعدد فى تلون الثمار وصلابتها ونشاط الإنزيمات المحللة للمواد البكتينية بها ، وهى الإنزيمات المسئولة عن زيادة ذوبان المواد البكتينية . هذا .. ويظهر فى الجيل الثانى للهجين + / alc تدرجات فى اللون ، يعتقد أنها ترجع إلى بعض الجينات المحورة (Kopeliovitch وآخرون ١٩٨١) .

وتأييداً لذلك .. وجد Lobo وآخرون (١٩٨٤) أن هذه الطفرة يتحكم فيها جين متنح يؤدى إلى بطء كل من التنفس وإنتاج الإيثيلين ، وتأخير فقد الثمار لصلابتها ، ونقص نشاط إنزيم الـ polygalacturonase ، وزيادة فترة تخزين الثمار . وقد توصل الباحثون من دراستهم إلى أن هذا الجين أليلى للجين nor ، واقترحوا الرمز nor^A ، علما بأنه – أى nor^A – كان سائداً على أليله nor . إلا أن Mutschler (١٩٨٤ أ) توصلت من دراستها إلى أن الطفرة ألكوباكو والجين nor ليسا أليليّين ، ولكنهما مرتبطان ، ببعضيهما ؛ حيث إن المسافة بينهما هى ١٧ وحدة عبور . وقد وجدت أن الجيل الأول الخليط فى كل من alc ، و nor تتلون ثماره بعكس النباتات الأصيلة فى أى منهما ، وهو سلوك يدل على أن الجينين غير أليليين ، كما ظهرت نباتات انعزالية فى الجيل الثانى للتلقيح alc x nor ، وهو ما يؤكد نفس الاستنتاج .

وقد أوضحت هذه الدراسة أن الجين alc يقع قرب نهاية الذراع القصيرة للكروموسوم رقم ١٠ على مسافة ٢٠ وحدة عبور من الجين u الخاص بالنضج

المتجانس unifor ripening ، وعلى نحو ١٤ وحدة عبور من الجين hy الخاص باللون الأصفر المتجانس homogenous yellow .

وفى دراستها على خصائص النضج والتخزين لثمار نباتات الطماطم الحاملة للطفرة ألكوباكو بحالة أصيلة أو خليطة .. وجدت Mutschler (١٩٨٤) ما يلى :

أ - أظهرت ثمار النباتات الخليطة فى الطفرة زيادة في القدرة التخزينية مقدارها ٧٨ ٪ عما فى الصنف رتجرز .

ب - أظهرت الثمار المكتملة النضج للنباتات الأصيلة فى الطفرة زيادة فى القدرة التخزينية مقدارها ٣٠٠٪ عما فى الصنف رتجرز . كان متوسط فترة التخزين ٤٠ يوماً . هذا .. مع العلم بأن الزيادة فى القدرة التخزينية لم تكن مصاحبة بزيادة مبدئية (أى عند بداية التخزين) فى صلابة الثمار ، وإنما كانت مصاحبة بنقص فى معدل فقد الثمار التامة النضج لصلابتها أثناء التخزين ، مقارنة بمعدل النقص فى صلابة الثمار العادية .

جـ - لم تؤثر الطفرة فى pH الثمار ، أو نسبة المواد الصلبة الذائبة بها ، أو على المدة من الإزهار لحين وصول الثمرة إلى مرحلة النضج الأخضر ؛ إلا أن الطفرة أبطأت وصول الثمار - بعد ذلك - إلى مرحلة اكتمال النضج .

د - توقفت درجة التلوين التى وصلت إليها الثمار أثناء التخزين على مرحلة النضج التى قطفت عندها ؛ علماً بأن مرحلة بداية التلوين كانت هى الحد الأدنى الذى يجب أن تقطف عنده الثمار ؛ لكى تكمل نضجها بعد ذلك .

هـ - قلّ إنتاج الإيثيلين فى الثمار المقطوفة بمقدار ٢٥ ٪ عما فى الصنف رتجرز . وأثرت مرحلة نضج الثمار عند قطفها فى مدى إنتاجها للإيثيلين بعد ذلك .

وقد تمكنت Mutschler من إدخال الجين alc فى صنف الطماطم New Yorker ، وأنتجت سلالة التربية Cornell 111 التى تميزت بكل صفات الصنف التجارى ، غير أن ثمارها كانت أكثر صلابة وأبطأ نضجاً ، وأبهت لوناً من الداخل بسبب هذا الجين . وقد توقف مدى تأثير الجين alc فى لون الثمار على الخلفية الوراثية للنبات الذى يوجد به هذا الجين ؛ حيث تراوح اللون بين الردىء والمتوسط (كما فى Cornell 111) والطبيعى تقريباً .

ولا تعرف وسيلة للتنبؤ بلون الثمار قبل إجراء التلقيحات ، إلا أن الدراسة أوضحت أن هذا الجين يؤدى مع الجين المسئول عن الكتف الأخضر فى الثمار غير الناضجة إلى أن تصبح أكتاف الثمار صفراء زاهية عند النضج دون أن تكتسب لوناً أحمر . ولهذا اقترح إدخال الجين alc فى الأصناف التى تحتوى على الجين u المسئول عن لون الثمار الأخضر المتجانس ، وخاصة أنه وجد ارتباط قدره ٢٠ وحدة عبور بين الجينين Alc ، و U .

هذا .. ويمكن انتخاب النباتات الأصيلة فى الجين alc باختبار القدرة التخزينية لثمارها بعد أن تنضج طبيعياً على النبات . كما يمكن تمييز النباتات الخليطة فى الجين ، لأن ثمارها تتحمل التخزين على درجة ٢٠°م لمدة تزيد بنحو ٥٠ ٪ على المدة التى تبقى خلالها الثمار العادية مخزنة بحالة جيدة . وإذا قطفت ثمار النباتات الأصيلة فى الطفرة – وهى خضراء ناضجة – فإنها لا تتلون أبداً بصورة طبيعية ؛ حيث لا يزيد تلوينها عن اللون البرتقالى المصفر . وبرغم أنه يمكن الاستفادة من هذه الخاصية فى انتخاب النباتات المتنحية الأصيلة مبكراً .. إلا أنه لا ينصح باتباع هذه الطريقة ؛ لأنها لا تسمح بانتخاب التراكيب الوراثية التى يكون لون ثمارها الداخلى جيداً .

٥ – الطفرة " النضج الأخضر " Green Ripe :

يتحكم فى هذه الطفرة الجين السائد Gr الذى جاء ذكره لأول مرة فى عام ١٩٥٢ . وهو جين يؤدى إلى عدم تحلل الكلوروفيل فى الثمار الناضجة . وقد عزلت الطفرة من كيميرا ثمرية ظهرت فيها مقاطع خضراء وأخرى حمراء . وليست هذه الطفرة آليلية لأى من الجينات rin ، أو nor ، أو Nr .

وقد وجد Jarret وآخرون (١٩٨٤) أن ثمار النباتات الحاملة لهذا الجين يظهر بها الكلايمكترك ، وتنتج كميات متزايدة من الإيثيلين بعد الحصاد ، ولكن مع تأخر كبير ؛ حيث يبلغ أقصى إنتاج للإيثيلين بعد بداية الزيادة بنحو ٢٠ يوماً . كذلك .. فإن نشاط إنزيم الـPolygalacturonase يزيد مع تقدم الثمار فى العمر ، إلا أنه لا يصل إلى أكثر من ٣ – ٥ ٪ من نشاط الإنزيم فى الصنف رتجرز ؛ وعليه .. فإن الثمار الحاملة لهذا الجين تظل صلبة لفترة طويلة بعد الحصاد . وقد تبين أن تأثير الجين على كل من معدل إنتاج الإيثيلين ونشاط الإنزيم سائد سيادة تامة .

التربية للصلاحية للتعليب

تتطلب تعبئة ثمار الطماطم كاملة فى العلب إزالة جلد الثمرة دون الإضرار بها . وتؤدى هذه العملية إلى تلف نسبة كبيرة من الثمار ؛ ففى كاليفورنيا .. تتلف أربع ثمار مقابل كل ثمرة يتم سلخ جلدها بصورة جيدة تصلح معها للتعليب ؛ لذا .. فإن التربية لسهولة سلخ جلد الثمرة من الأهمية بمكان فى تلك الصناعة (عن Stevens ١٩٧٩) .

ويعتبر صنف الطماطم موريتا Murrietta من أصلح أصناف الطماطم للتعليب ؛ لسهولة سلخ جلد ثماره .

الارتباطات بين صفات الجودة وبعض الصفات النباتية الهامة

يوضح جدول (٢-٤) الارتباطات التى وجدت بين بعض صفات الجودة ، وبعض الصفات النباتية الهامة (Radwan وآخرون ١٩٧٩) .

جدول (٢-٤) : الارتباطات بين صفات الجودة وبعض الصفات النباتية الأخرى .

الصفة	نوع الارتباط	الصفات المرتبطة
النمو المحدود	موجب	المحصول المبكر ، والمحتوى المرتفع من كل من فيتامين جـ ، والحموضة المعايرة.
النمو غير المحدود	موجب	حجم الثمرة ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها .
قوة النمو الخضرى	سالب	محتوى الثمار من فيتامين جـ .
المحصول الكلى	موجب	وزن الثمرة ، وعدد الثمار بالنبات .
المحصول الكلى	سالب	المحصول المبكر ، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .
المحصول المبكر	موجب	عدد الثمار بالنبات ، ومحتواها من الحموضة المعايرة .
الحموضة المعايرة	موجب	محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .
المواد الصلبة الذائبة الكلية	سالب	حجم الثمرة .
نسبة السكريات	موجب	محتوى الثمار من فيتامين جـ .
الحموضة المعايرة	سالب	حجم الثمرة وعدد حجراتها .
صلابة الثمرة	سالب	حجم الثمرة ، وعدد حجراتها ، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بها .
صلابة الثمرة	موجب	سمك الجدر الثمرية .
وزن الثمرة	موجب	عدد الحجرات بالثمرة .
وزن الثمرة	سالب	محتوى الثمرة من فيتامين جـ ، والحموضة المعايرة .

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لصفات الجودة فى الطماطم .. يراجع Porter (١٩٦٠)، وStevens (١٩٨٦) .

التربية لمقاومة العيوب الفسيولوجية

تقتصر المناقشة فى هذا الجزء على التربية لمقاومة العيوب التى تظهر على الثمار ، ويكون مردها إلى أسباب فسيولوجية . أما التربية لمقاومة الظواهر الوراثية غير الطبيعية ، والآفات بأنواعها المختلفة .. فإنها تناقش فى الجزء التالى ، والفصل الرابع على التوالى .

التربية لمقاومة تشققات الثمار

تختلف أصناف الطماطم - كثيراً - فى قابلية ثمارها للتشقق . ومن بين الأصناف المنتشرة في الزراعة محلياً .. تعد الأصناف يوسى ٨٢ ، و بيتو ٨٦ ، وويسى ٩٧ -٣ أكثرها مقاومة ، والصنف فى إف إن ٨ أشدها قابلية للإصابة بالتشقق الدائرى . هذا .. بينما توجد أصناف أخرى شديدة القابلية للإصابة بالتشقق العمودى ، ولا تزرع محلياً ؛ مثل : بيربز صنى بروك إيرليانا Burpee's Sunnybrook Earliana ، وبنك سوبريم كليمبر Pink Supreme Climber .

تتطلب التربية لمقاومة تشققات الثمار تعريض النباتات أو الثمار لظروف مهيئة لظهور التشققات فى الأصناف أو السلالات القابلة للإصابة ، ثم تقدير درجة الإصابة حسب شدة الأعراض .

وتختبر قابلية الأصناف للإصابة بالتشقق بوسائل مباشرة ، وأخرى غير مباشرة كما يلى :

١ - رى الحقول رياً غزايراً أثناء مرحلة النضج الأحمر للثمار ؛ حيث يؤدى هذا الإجراء إلى إحداث تفلقات كثيرة وتشققات عمودية فى الثمار التى لديها الاستعداد لذلك . ويفيد الرى بالرش ، خاصة فى هذا الشأن .

٢ - أمكن استبعاد مختلف العوامل البيئية المؤثرة فى التشقق ؛ باختبار معملى تعرض فيه الثمار - وهى فى بداية مرحلة التلوين - لتفريغ جزئى وهى مغمورة فى الماء ، مع

استمرار التفريغ إلى أن يتوقف خروج الفقاعات من مكان عنق الثمرة ، ثم يوقف التفريغ ، مع استمرار غمر الثمار فى الماء تحت الضغط الجوى العادى . يؤدى الاختبار إلى إحداث تشققات فى الثمار تتناسب شدتها مع مدى قابلية التركيب الوراثى للإصابة .

٣ – اختبار مدى متانة جلد الثمرة كدليل على مدى مقاومتها للتشقق ، وبرغم أنه لم يقم دليل قوى على وجود علاقة مؤكدة بين الصفتين . هذا ... إلاّ أن Voisey وآخرين (١٩٧٠) وجدوا أن اختبار الوخز Puncture test – وهو مقياس لمتانة جلد الثمرة – أفاد فى تقييم درجة التشقق . وقد أوضح الباحثون أن مساندة الجدر الثمرية للجلد فى المقاومة للوخز يمكن أن تؤثر فى النتائج .

٤ – استفاد Chu & Thompson (١٩٧٢) من الارتباط بين المقاومة للتشقق وصفة الكأس اللحمى Fleshy Calyx فى الانتخاب لمقاومة التشقق . وتتميز صفة الكأس اللحمية – وهى مستمدة من النوع البرى L. hirsutum – بأن كأس الثمرة تكون سميكة ، وفصوصها عريضة ، خاصة عند القاعدة . وقد لاحظ الباحثان أن النباتات المنعزلة فى هذه الصفة كانت أكثر مقاومة للتشقق ، وبرغم أن صفة الكأس اللحمية بسيطة ، ويتحكم فيها جين واحد نو سيادة غير تامة (الجين fl) ، وأن هذا الجين ليس له تأثير متعدد على المقاومة للتشقق .. إلاّ أن الباحثين اعتقدا فى أهمية هذه الصفة عند الانتخاب لمقاومة التشقق .

وتقاس التشققات – بعد إحداثها – بإحدى الطرق الآتية :

١ – باستخدام مقياس وصفى للدرجات المختلفة للتشقق .

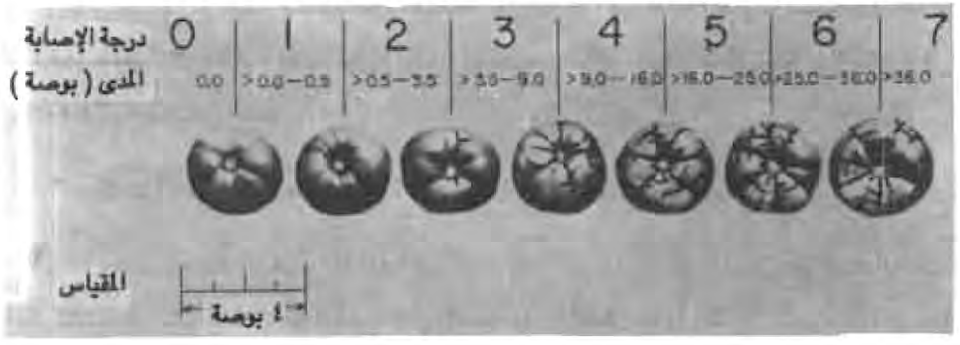
٢ – بعمل خريطة للتشققات ، ثم قياس أطوالها باستعمال بلانيمتر Planimeter . وتتميز هذه الطريقة بالدقة ، إلاّ أنها بطيئة للغاية ، ولا تصلح لأغراض التربية .

٣ – استخدم Armstrong & Thompson (١٩٦٩) مقياساً كمياً ، حول فيه قراءة التشقق س إلى سّ حيث :

$$\text{سّ} = \sqrt{\text{س} + ٠٫٥}$$

يؤدى هذا التحويل إلى جعل توزيع درجات التشقق أكثر ميلاً نحو التوزيع الطبيعى ،

بينما يجنح التوزيع العادى (بدون تحويل) نحو التشققات القليلة . ويوضح شكل (٢ – ٥) الدرجات المختلفة للتشقق ، حسب هذا المقياس الذى يعتمد على الشقوق الكلية ، سواء أكانت عمودية ، أم دائرية ، وإن كان من الممكن عمل مقياس مستقل لكل منهما . ويتضح من الشكل أن المقياس يأخذ – فى الحسبان – الاختلافات الضئيلة فى شدة التشقق فى درجاته المنخفضة ، بينما تتسع الفروق فى شدة التشقق بين الدرجات العالية من المقياس . وتلك هى نفس الفروق التى تسهل ملاحظتها بالعين المجردة .



شكل (٢–٥) : مقياس لدرجات التشقق فى ثمار الطماطم يصلح لأغراض التربية .

وقد وجد الباحثان ارتباطاً جوهرياً بين درجة التشقق المقدرة حسب هذا المقياس ، وشدة التشقق المحسوبة كمياً من أطوال الشقوق . ويتميز المقياس بالسرعة التى يمكن بها تقدير درجة التشقق ، وهى أمر مطلوب فى برامج التربية .

وقد أجريت عديد من الدراسات على وراثة صفة المقاومة للتشقق فى ثمار الطماطم ، وهى تكاد تجمع على أنها صفة كمية يتحكم فيها أكثر من جين . ومن النتائج التى أمكن التوصل إليها أن صفتى المقاومة للتشقق العمودى والتشقق الدائرى يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى ومستقلة عن بعضها البعض . كما وجد Gilbert عام ١٩٥٩ أن المقاومة لنيماتودا تعقد الجذور – المتحصل عليها من النوع البرى L. peruvianum – ترتبط بالقابلية للإصابة بالتشقق الدائرى ، إلا أنه أمكن كسر هذا الارتباط . كذلك ذُكِرَ أن المقاومة للتشقق الدائرى صفة متنحية ، بينما يتحكم فى المقاومة للتشقق العمودى ٢ –٣ أزواج من

الجينات الرئيسية – منها جين واحد على الأقل سائد – بالإضافة إلى عدة جينات أخرى أقل تأثيراً . كما وُجِدَ أن صفة المقاومة للتشقق تورث مستقلة عن صفة حجم الثمرة . أما صفة التفلق .. فقد وجد أنه يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية ؛ أحدهما سائد ، والثانى متنح ، وهى صفة تورث مستقلة عن التشقق بنوعيه (عن Walter ١٩٦٧) .

وعن طبيعة المقاومة للتشقق .. أوضحت دراسات Cotner وآخرين (١٩٦٩) أن الثمار المقاومة للتشقق تميزت بما يلى :

١ – كانت خلايا البشرة منبسطة ومفلطحة Flattened فى حالة المقاومة للتشقق الدائرى – مقارنة بالثمار القابلة للإصابة – بينما لم تلاحظ أية فروق فى شكل خلايا البشرة فى حالة المقاومة للتشقق العمودى .

٢ – كانت الأنسجة الوعائية أكثر كثافة فى الثمار المقاومة للتشقق بنوعيه .

كما وجد أن جلد الثمار المقاومة للتشقق احتوى على عدد أقل من طبقات الخلايا الكولنشيمية ، كما كانت هذه الخلايا أقل انضغاطا ، وتغلغل بينها الكيوتين بدرجة أكبر مما فى الثمار القابلة للإصابة . ووجد Voisey وآخرون (١٩٧٠) أن المقاومة للتشقق لا ترتبط بسمك جلد الثمرة ، وإنما بمدى متانته وقابليته للتمدد . وتتوقف هاتان الخاصيتان على مدى تغلغل طبقة الكيوتين الخارجية بين خلايا الطبقة الخارجية للجلد .

من جهة أخرى .. توصل Batal وآخرون (١٩٧٢) إلى أن معاملة ثمار الطماطم ببعض منظمات النمو أدى إلى خفض تشقق الثمار فى الصنف مارجلوب Marglobe القابل للإصابة بالتشقق ، إلى مستوى التشقق فى الثمار غير المعاملة للصنف المقاوم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 ، وكانت أكثر المعاملات تأثيراً هى :

١ – حامض الجبريلليك بتركيز ١٥ جزءاً فى المليون – منفرداً – أو بالإضافة إلى IAA بتركيز ١٥ جزءاً فى المليون .

٢ – IAA بتركيز ١٥ ، أو٣٠ جزءاً فى المليون مع الكاينتين بتركيز ١٥ جزءاً فى المليون.

وقد وجد الباحثون تشابهاً فى شكل خلايا البشرة ، وحجم خلايا تحت البشرة ، وخلايا

الجدر الثمرية الوسطية mesocarp بين ثمار الصنف مارجلوب المعاملة ، وثمار الصنف هاينز ١٣٥٠ غير المعاملة .

أما بالنسبة لصفة الكأس اللحمى – التى وجد أنها مرتبطة بصفة المقاومة للتشقق – فقد ذكر Chu & Thompson (١٩٧٢) أن الأوراق (السبلات) اللحمية ربما تعمل على تجنيب امتصاص الثمرة لكميات زائدة من الماء ؛ الأمر الذى يقلل من إصابتها بالتشقق .

التربية لمقاومة تعفن الطرف الزهرى

تتعرض جميع أصناف الطماطم للإصابة بتعفن الطرف الزهرى blossom end rot ، إلاّ أن حدة الإصابة تزداد فى الأصناف الكمثرية ؛ مثل سان مارزانو San Marzano . وتعتبر الأصناف ذات الثمار المستطيلة elongated – مثل كاسلونج Castlong – أكثرها قابلية للإصابة ؛ حيث تظهر عليها أعراض الإصابة بشدة ، عندما لا تتوفر لها الرطوبة الأرضية بانتظام .

ترتبط صفة مقاومة تعفن الطرف الزهرى بقدرة النبات على امتصاص وتمثيل الكالسيوم . وتأكيداً لذلك .. وجد Greenleaf & Adams (١٩٦٩) فى ثلاث سلالات من الطماطم العلاقات التالية :

١ – كانت السلالة Au-1 مقاومة بدرجة عالية لتعفن الطرف الزهرى ، وذات قدرة كبيرة على امتصاص الكالسيوم وتركيزه فى النبات .

٢ – كانت السلالة Au-3 مقاومة بدرجة متوسطة للعيب الفسيولوجى ، ولزم لها كميات أقل من الكالسيوم ؛ حتى لا تظهر عليها أعراض الإصابة .

٣ – كانت السلالة Au-2 شديدة القابلية للإصابة بالعيب الفسيولوجى ، ذات احتياجات كبيرة من الكالسيوم ، إلاّ أن قدرتها على امتصاص ونقل الكالسيوم فى النبات كانت منخفضة .

وقد أوضحت الدراسات الوراثية وجود ارتباط قوى بين شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى ، وصفة النضج الأخضر المتجانس ؛ حيث زادت الإصابة جوهريا فى الثمار uu

عما فى الثمار UU ، أو Uu .

التربية لمقاومة النضج المتبقع

تختلف أصناف الطماطم فى قابليتها للإصابة بالنضج المتبقع blotchy ripening . فعلى سبيل المثال .. وجد لدى مقارنة أربعة أصناف أن الصنف هيالنى Healani كان مقاوماً ، وتلاه الصنف والترWalter الذى كان أقل مقاومة ، بينما كان الصنف هومستد Homstead 24 ٢٤ قابلاً للإصابة ، والصنف فلورادید Floradade أكثرها تعرضاً للإصابة (Picha & Hall ١٩٨١) .

وعن وراثة المقاومة .. أوضح Phillip وآخرون (١٩٦٦) أن إصابة الطماطم بفيرس تبرقش الدخان تحدث أعراضاً مماثلة للتبقع البنى الداخلى والجدر الرمادية – وهما عرضان من أعراض النضج المتبقع – وأن ظهور هذه الأعراض عقب الإصابة بالفيرس يحكمها زوجان من العوامل الوراثية المتنحية . ولكن Dick & Shattuck (١٩٩٠) أوضحا أن الظاهرة – ذاتها – كمية ، وأن الجينات التى تتحكم فيها ذات تأثير إضافى أساساً .

أما عن طبيعة المقاومة للنضج المتبقع .. فلم يجد Picha & Hall (١٩٨١) اختلافات فى محتوى البوتاسيوم ، أو الكالسيوم ، أو المغنيسيوم ، أو الفوسفور فى الجدر الثمرية لأربعة أصناف من الطماطم ، تختلف فى مقاومتها وقابليتها للإصابة بالنضج المتبقع (وهى الأصناف التى سبقت الإشارة إليها) . هذا .. برغم أن أعراض النضج المتبقع تقل مع زيادة التسميد البوتاسى ، الذى يكون مصاحباً بزيادة فى محتوى الجدر الثمرية من هذا العنصر .

التربية لمقاومة الجيوب

تختلف أصناف الطماطم – كثيراً – فى استعدادها الوراثى للإصابة بالجيوب Puffiness . وقد اختبر Palevitch & Kedar (١٩٧٠) عدداً من الأصناف ، ووجدا أن بونر Bonner ، وبوتنتيت Potentate كانت أكثرها مقاومة ، بينما كانت الأصناف إكسبشن Exhibition ، و منى ميكر Moneymaker ، و إى إس ١ E.S.1 ، وبركو Berco ، وأيلساكريج Ailsa Craig أكثرها قابلية لإصابة . كذلك يعتبر الصنفان فينتورا Ventura ،

وبيس سيتر Pacessetter شديدى القابلية للإصابة بالجيوب . ويعتقد أن الأصناف ذات الثمار الكبيرة المنضغطة المتعددة المساكن أقل تعرضاً للإصابة بالجيوب من الأصناف ذات الثمار الكروية ، أو الكمثرية الصغيرة القليلة المساكن .

وقد تبين من الدراسات الوراثية التى أجراها Palevitch & Kedar (١٩٧٠) – تحت ظروف الحقل – أن المقاومة للجيوب صفة سائدة جزئياً ، ويتحكم فيها عدد قليل من الجينات ، وأنها ذات درجة توريث مرتفعة نسبياً .

التربية للتخلص من الظواهر الوراثية غير الطبيعية

التربية للتخلص من جدرى الثمار

إن جدرى الثمار Fruit Pox مرض وراثى ، يظهر على ثمار الطماطم فى شكل بقع صغيرة أدكن لوناً من بقية الثمرة ، تصبح ذهبية اللون عن اكتمال نضج الثمرة . تجف البقع وربما تتفتح عندما تتعرض الثمار المصابة لأشعة الشمس ؛ مما يسمح بإصابتها بالفطريات المسببة للعفن . وتلك حالة وراثية يتحكم فى ظهورها جين واحد متنح . وتستبعد النباتات الحاملة لهذا الجين أولا بأول فى برامج التربية (Univ. of Calif. ١٩٨٢) .

التربية للتخلص من اللون الأخضر فى جيلاتين المساكن

تظهر المادة الجلاتينية المحيطة بالبذور – أحياناً – بلون أخضر ، برغم اكتمال نضج الثمار .

تعرف هذه الحالة باسم green gel ، وهى ظاهرة وراثية ، تتأثر حدتها بالعوامل البيئية، وتتباين أصناف الطماطم فى قابليتها للإصابة بها . ويذكر Walter (١٩٦٧) أن هذه الصفة يتحكم فى ظهورها زوجان من العوامل الوراثية المتنحية .

التربية لمقاومة التلون الفضى للأوراق

تعرف حالة التلون الفضى لأوراق الطماطم بالاسم Slivering ، وقد تكون مصاحبة بتشوهات فى الأوراق leaf distortion ، وتبرقشات محدودة بها leaf flecking . وتظهر الأعراض على معظم أصناف الطماطم ، عندما يكون نموها فى درجة حرارة منخفضة ،

تتـراوح من ١٣ – ١٥°م ، ولا تظهـر فى درجـات الحـرارة الأقل من ذلك ؛ نظراً لأن تطور الإصابة يتطلب حداً أدنى من النمو ، بينما لا تنمو الطماطم فى درجات الحرارة الأقل من ذلك . تكون أعراض التلون الفضى على صورة مساحات خضراء باهتة اللون بالأوراق لا يكون لها شكل محدد ؛ وإذا حدثت الإصابة فى بداية النمو .. فإن الأنسجة الصغيرة تكون – عادة – بيضاء أو فضية اللون . كذلك تظهر تشوهات الأوراق والتبرقشات المحدودة تحت نفس الظروف .

وقد تبين أن جميع هذه الحالات تسببها طفرات سيتوبلازمية ، تحدث عند تعرض النباتات لدرجات حرارة منخفضة تستمر لعدة أسابيع . تحدث هذه الطفرات فى طبقة تحت البشرة Sub epidermal layer (التى تأخذ الرمز L2) فـقط ، ولا تورث إلاّ عن طريق السيتوبلازم ويبدو أن الطفرات المسئولة عن التلون الفضى وتشوهات الأوراق تحدث مبكراً خلال المراحل الأولى لنمو الساق ، أو أنها تحدث فى القمة النامية للنبات . أما الطفرات المسئولة عن التبرقشات البيضاء المحدودة بالأوراق .. فإنها تحدث فى المراحل المتأخرة من النمو الورقى .

توجد المقاومة للتلون الفضى فى بعض الأنواع البرية مثل L. hirsutum ، و L. pimpinellifolium ، وأمكن نقلها إلى الطماطم المزروعة . كذلك وجد أن سيتوبلازم الصنف سانو Sano كان خالياً من طفرات اللون الفضى ، إلاّ أنه تظهر به طفرات التبرقشات البيضاء المحدودة عند نمو النباتات فى درجات حرارة منخفضة عن تلك التى تنمو فيها الطماطم تجارياً (Grimbly ١٩٨١ ، و ١٩٨١ أ) .

التخلص من الجين ned :

لايظهر تأثير الجين المتنحى ned إلاّ فى درجات الحرارة الأعلى من ٢٨° ؛ حيث يؤدى إلى ظهور بقع بنية متحللة بالأوراق والثمار ، قد يزداد عددها وتتصل ببعضها ؛ لتشغل مساحات واسعة من الأعضاء النباتية المصابة (R.Provvidenti – اتصال شخصى١٩٨٣) .