الفصل الثالث

الطماطم : التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية والتأقلم على وسائل الإنتاج

التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية

تستحوذ التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية فى الطماطم وغيرها من المحاصيل الاقتصادية الهامة على اهتمام كثيرين من مربى النبات فى مختلف أنحاء العالم . وتعد الطماطم من المحاصيل الرائدة فى هذا الجانب من التربية ؛ لما يتوفر فيها وفى الأنواع البرية القريبة منها من تباينات فى صفات القدرة على تحمل مختلف الظروف البيئية ، ولكونها من أهم محاصيل الخضر .

التربية لإسراع إنبات البذور

يعد إسراع إنبات البذور – فى حد ذاته – وسيلة فعالة لتجنب احتمالات تعرضها لظروف بيئية غير مناسبة ، ولتقيصر الفترة التى تظل البذور معرضة خلالها لهذه الظروف إن وجدت.

لقد لوحظت اختلافات واضحة بين أصناف الطماطم فى سرعة إنبات بذورها . ووجد Whittington & Fierlanger (١٩٧٢) أن سرعة الإنبات صفة وراثية تتميز بمايلى :

١ – أغلب التأثير الجينى فيها إضافى .

٢ – تتأثر بالتراكيب الوراثى للنبات الأم .

٣ – ترتبط إيجابياً بوزن البذرة .

كما تبين من دراسات Pet & Garretsen (١٩٨٣) وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى حجم بنورها ؛ حيث ظهرت صفة البنور الكبيرة فى هجين الطماطم إكستيز Extase . ويستدل من دراستهما على أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية . وقد أكدت الدراسة أن البنور الكبيرة تنبت بسرعة أكبر من الصغيرة ، وتنتج بادرات ذات أوراق فلقية أكبر حجماً ، ونباتات أقوى نمواً . إلاّ أن تأثير حجم البذرة يختفى - غالباً - فى النباتات الكبيرة .

التربية لتحسين إنبات البذور فى درجات الحرارة المنخفضة

ترجع أهمية التربية لتحسين إنبات البنور فى درجات الحرارة المنخفضة إلى أن ذلك يساعد على ما يلى :

- إمكانية الزراعة مبكراً فى شهر يناير ، دونما حاجة إلى تدفئة المشاتل لتشجيع الإنبات .

- تجانس الإنبات ؛ ومن ثم .. تجانس النضج فى حقول الحصاد الآلى التى تزرع بالبنور مباشرة ؛ الأمر الذى يزيد من كفاءة عملية الحصاد (عن De Vos ١٩٨١) .

ونتناول الموضوع - فيما يلى - من حيث التباينات فى الصفة ، ووراثتها ، وطبيعتها .

أولاً التباينات الوراثية فى قدرة البنور على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة :

قام Scott & Jones (١٩٨٢) بمقارنة ١٨ سلالة تنمو برياً فى الجبال على ارتفاعات كبيرة - حيث تكون الحرارة منخفضة - وتمثل خمسة أنواع من الجنس Lycopersicon ، مع ١٩ سلالة من الطماطم تتميز بقدرة بنورها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة ، وتوصل الباحثان إلى النتائج التالية :

١ - أظهرت سلالة الطماطم P.I. 120256 (وهى أهم سلالات الطماطم المعروفة بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة ، مقارنة بجميع سلالات الطماطم الأخرى ؛ حيث أنبتت ٣٠ ٪ من بنورها خلال ١٢ يوماً على درجة حرارة ١٠°م ؛ وتساوت فى ذلك مع السلالة P.I.126435

من النوع البرى L. peruvianum .

٢ – أنبتت السلالة LA 460 من النوع البرى L. chilense بنسبة ١٠٠٪ خلال فترة ١٢ يوماً على درجة حرارة ١٠°م ، علماً بأن صفات ثمارها ليست أسوأ حالاً من أكثر سلالات الطماطم قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة التى تبرز من ثمارها خطوط خضراء متعرجة ويبين جدول (٣-١) مقارنة بين السلالتين فى القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة . كما تميزت السلالة البرية بأن نموها الجذرى كان أطول كثيراً من سلالة الطماطم خلال أيام قليلة من بدء الإنبات .

جدول (٣-١) : مقارنة بين السلالتين L. esculentum P.I. 120256 ، و L. chilense L.A. 460 من حيث قدرة بذورهما على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة .

معاملة الإنبات	النسبة المئوية للإنبات فى السلالة	
	P.I. 120256	L A 460
١٠°م لمدة ١٤ يوماً	٤٠	١٠٠
٩°م لمدة ١٤ يوماً	قليل جداً	٩٩
٨°م لمدة ١٤ يوماً	صفر	٤٠
٨°م لمدة ٢٠ يوماً	صفر	١٠٠

٣ – أظهرت السلالات البرية التالية قدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة :

L. peruvianum P.I. 127831 , LA 1474 & P.I. 127832 .

L. hirsutum P.I. 127826 & LA 386 .

كما اختبر Michalska (١٩٨٥) ٣٥ سلالة من النوع L. esculentum ، وواحدة من L. pmpinellifolium ، و ٩ من L. hirsutum ، وواحدة من L. glandulosum للقدرة على الإنبات فى درجة حرارة ٥°م ، ووجد أن خمساً منها قادرة على الإنبات فى هذه الظروف ؛ وهي :

L. esculentum P.I. 341985 , P.I. 341988 & P.I 341994 .

L. hirsutum P.I. 127827 & LA386.

ثانياً :وراثة قدرة البنور على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة :

أجريت عدة دراسات على وراثة صفة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة ، تبين منها أن هذه الصفة متنحية ، وذات درجة توريث مرتفعة ، ويتحكم فيها من ١ -٣ أزواج من الجينات . فقد وجد أن الصفة يتحكم فيها جين واحد فى سلالة الطماطم P.I.341984 ، وثلاثة أزواج على الأقل فى سلالة الطماطم P.I.341985 ؛ كما وجد Cannon وآخرون (١٩٧٣) أن قدرة سلالة الطماطم P.I.341988 على الإنبات فى درجة حرارة ١٠°م يتحكم فيها جين واحد متنح . وأظهرت دراسات Ng & Tigchelaar (١٩٧٣) أن هذه الصفة يتحكم فيها ٣-٥ أزواج من العوامل الوراثية المتنحية ، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٩٧٪ عى النطاق العريض ، و ٦٦ ٪ على النطاق الضيق . كذلك تبين من دراسات De Vos وآخرين (١٩٨١) على ٧ سلالات وأصناف من الطماطم تتباين فى قدراتها على الإنبات فى درجة حرارة ١٠°م - وهى P.I.120256 ، و P.I. 341985 ، و P.I. 341988 ، و P.I. 280597 ، و Kanatto ، و Nova ، و Early Red Rock - أن هذه الصفة متنحية جزئياً ، ويكون فيها التأثير الأمى والتأثير الإضافى جوهريين ، بينما يكون التفاعل غير الأليلى قليل الأهمية . وقدرت الدراسة درجة توريث الصفة بنحو ٨٥٪ على النطاق العريض ، و ٦٩٪ على النطاق الضيق . وأخيراً .. أظهرت دراسات Michals-ka (١٩٨٥) أن صفة قدرة بنور سلالة الطماطم P.I.341985 على الإنبات فى درجة حرارة ٥°م يتحكم فيها جين واحد نو سيادة غير تامة ، مع احتمال وجود بعض الجينات المحورة .

ثالثاً : طبيعة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة :

لا ترجع القدرة على الإنبات - فى درجة الحرارة المنخفضة - إلى قدرة خاصة للنمو فى هذه الظروف . فبمقارنة سلالة الطماطم P.I. 341985 القادرة على الإنبات فى درجة ١٠°م مع الصنف سنتنيال Centennial الذى لاتتوفر به هذه الصفة ، وعدد من سلالات الجيل الرابع - للتلقيح بينهما - التى تختلف فى هذه الخاصية .. كانت جميعها متشابهة فى معدل نمو الجذير عند هذه الدرجة .

وقد أدى نقع البذور فى محلول لنترات البوتاسيوم وفوسفات أحادى البوتاسيوم ، بنسبة ٨ ر١٪ لكل منهما ، لمدة ١-٨ أيام إلى تحسين الإنبات فى كل من السلالة P.I.341985 ، والصنف سنتنيال على درجة ١٠°م ، إلاّ أن التحسن فى إنبات الصنف لم يصل إلى مستوى الإنبات فى السلالة ؛ أى إن التأثير البيئى لم يرق إلى مستوى التأثير الوراثى .

ويبدو أن عدم القدرة على الإنبات فى درجة ١٠°م يرجع - جزئياً - إلى أن البرودة تحفز البذرة على تكوين مواد مانعة للإنبات . وقد أدت إضافة الكربون المنشّط activated carbon إلى بيئة إنبات البذور إلى تحسين الإنبات فى درجة ١٠°م بالنسبة للسلالات غير القادرة - أصلاً - على الإنبات فى تلك الدرجة ، بينما لم يكن لهذه المعاملة أى تأثير على السلالات القادرة على الإنبات فى درجة ١٠°م (Maluf &Tigchelaar ١٩٨٢) .

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بذور سلالة الطماطم P.I.341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بذور نفس السلالة والسلالات الأخرى الحساسة للبرودة ، بينما كان الماء الذى نقعت فيه بذور الصنف رد روك Red Rock (الحساس للبرودة) مثبطاً لإنبات بذور نفس الصنف والسلالة المقاومة للبرودة فى درجات الحرارة المنخفضة (Abdul - Baki & Stoner ١٩٧٨) .

ويذكر أنه قد تحدث تغيرات فى الأغشية الخلوية للأصناف الحساسة للبرودة لدى تعرضها لدرجات حرارة منخفضة . كما وجد Maluf & Tigchelaar (١٩٨٠) أن القدرة على الإنبات فى درجة ١٠°م فى سلالة الطماطم P.I. 341985 ترتبط بزيادة فى نشاط إنزيم بيروكسيديز Peroxidase خلال الأيام العشرة الأولى للإنبات عند هذه الدرجة . وفى دراسة أخرى أجريت على عدد من السلالات ذت الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines - التى تتفاوت فقط فى قدرتها على الإنبات فى درجة ١٠°م - قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بذور هذه السلالات من الأحماض الدهنية ، ووجد الباحثان أن قدرة البذور على الإنبات فى درجة ١٠°م ترتبط سلبياً بمحتواها من حامض الأوليك oleic acid (معامل الارتباط r = ٨١ ر٠ وجوهرى جداً) ، وإيجابياً بمحتواها من حامض اللينولّيك linoleic acid (معامل الارتباط r = ٧١ . ٠ وجوهرى جداً) . ولم يتأثر محتوى البذور من الأحماض الدهنية بفترة الحضانة على ١٠°م ؛ كما تشابه محتوى الأحماض

الدهنية فى البذرة كلها مع محتوى الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية .

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة فى حامض اللينوليك فى السلالات القادرة على الإنبات فى درجة ١٠°م كانت مماثلة لنسبة النقص فى حامض الأوليك (معامل الارتباط r لنسبة الحامضين = ٧٩ ر٠ وجوهرى جداً) . واقترح الباحثان أن الجينات المسئولة عن قدرة البذور على الإنبات – فى درجات الحرارة المنخفضة – تؤدى إلى زيادة حالة عدم تشبع حامض الأوليك إلى حامض اللانوليك أثناء تكوين البذور .

التربية لتحسين إنبات البذور فى درجات الحرارة المرتفعة

تختلف أصناف وسلالات الطماطم فى قدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة ؛ كما يوجد ارتباط بين القدرة على الإنبات فى كل من درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة . وتتضح هاتان الحقيقتان فى جدول (٣-٢) ، الذى يبين استجابة ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على درجة ٣٥°م لمدة خمسة أيام . علما بأن ثمانى من هذه السلالات كانت تعرف – سلفاً – بقدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة . ويتضح من نتائج هذه الدراسة أن سبعاً من هذه السلالات كانت – كذلك – قادرة على الإنبات فى درجة الحرارة المرتفعة (Berry ١٩٦٩) . ويمكن أن يضاف إلى هذه القائمة السلالة P.I.341984 ، التى تتميز بالقدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة على حد سواء (عن Kaname وآخرين ١٩٦٩) .

وفى دراسة أخرى على ١١صنفاً وسلالة من الطماطم .. درس Coons وآخرون (١٩٨٩) تأثير معاملة استنبات البذور على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٥ ، أو ٣٠ ، أو ٣٥ ، أو ٤٠°م ، أو درجة حرارة متغيرة كل ١٢ ساعة بنظام حرارى ٢٥/٤٠ ، أو ٣٠/٤٠ ، أو ٣٥/٤٠°م . وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م كان فى السلالات Nema 1200 ، و P28693 ، و UC-28-L ، بينما كان أفضل إنبات على درجة حرارة متغيرة بنظام ٣٥/٤٠°م فى السلالات P28693 ، و P28793 ، و UC82-L . وقد تحسن إنبات بذور مختلف السلالات كثيرا لمجرد خفض درجة الحرارة بمقدار ١٠ أو١٥°م لمدة ١٢ ساعة كل ٢٤ ساعة ، مقارنة بالإنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م .

جدول (٣-٢) : تأثير معاملة استنبات البنور لمدة خمسة أيام على درجة حرارة ٣٥°م على بعض أنواع وسلالات الطماطم ، التى تتفاوت فى قدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة .

الصنف أو السلالة (١)	الإنبات (٪) (٢)
U. A.I. 67 - 17 -1 (*)	٨٥ أ
U.A.I. 67 - 15 -1 (*)	٦٨ ب
U.A.I. 67 - 26 -1 (*)	٥٤ ب
Fireball	٤٨ ب
P.I. 174261 (*)	٤٦ ب جـ
U.A.I. 67 - 18 -1 (*)	٤٦ ب جـ
Cold Set (*)	٤٥ ب جـ
P.I. 263713 (*)	٣٣ د
Heinz 1350 (*)	صفر هـ
Campbell	صفر هـ
Early Fireball	صفر هـ

(١) تعرف السلالات المميزة بعلامة (*) بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة .

(٢) السلالات التى تشترك فى أحد الحروف الأبجدية لا تختلف عن بعضها جوهرياً فى نسبة الإنبات .

التربية للقدرة على النمو النباتى فى الجو البارد . وتحمل البرودة والصقيع

نتناول بالدراسة فى هذا الجزء جهود التربية لزيادة قدرة النباتات على النمو فى الجو البارد ، مع تحملها للبرودة الشديدة والصقيع . أما التربية لتحسين القدرة على عقد الثمار فى الجو البارد .. فإنها موضوع الجزء التالى .

يؤدى بقاء نباتات الطماطم فى درجة حرارة من ٢ -١٢°م لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التى يسبق - أو يصاحب - ظهورها تغيرات فسيولوجية ؛ أهمها : نقص معدل التنفس والبناء الضوئى ، وبطء الحركة الدورانية للسيتوبلازم ، وحدوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذيتها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا .

يتطلب تقييم مقاومة نباتات الطماطم للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة المقاومة لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التى تحدثها البرودة ؛ حيث يفضل تقدير درجة المقاومة أو شدة الإصابة قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة ؛ وبذا .. يمكن الإسراع من عملية التقييم ، مع تجنب احتمالات فقد الجيرميلازم أثناء الاختبار . ويتوفر هذان الشرطان فى الطريقتين التاليتين :

١ – قياس مدى التسرب الأيونى electrolyte leakage ، الذى يحدث نتيجة للأضرار التى تحدثها البرودة فى الغشاء البلازمى في السلالات الحساسة .

٢ – قياس مدى استشعاع الكلوروفيل Chlorophyl Fluorescence ؛ نظراً لما تحدثه البرودة من تأثيرات على المحتوى الكلوروفيللى فى السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧) . وقد أُستُخْدِم هذا الاختبار فى انتخاب أصناف من الذرة مقاومة للصقيع ، كما استخدمه Walker & Smith (١٩٩٠) فى تقييم مقاومة البرودة فى الطماطم والأنواع البرية القريبة منها ؛ حيث وجدا أن نسبة الاستشعاع المبدئية (F_o) إلى الاستشعاع المقدر بعد التعرض لمعاملة الحرارة المنخفضة (F_p) تزيد بزيادة الحساسية للبرودة (كما فى الصنفين H2653 ، و H722) ، بينما تبقى النسبة منخفضة فى التراكيب الوراثية المقاومة للبرودة (كما فى النوع البرى Solanum lycopersicoides والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxie ، الذى لم تظهر به سوى أضرار قليلة من جراء التعرض لمعاملة البرودة) . وتمشياً مع تلك النتائج .. تباينت نسبة F_o إلى F_p فى ٢٥ سلالة من الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الثانى (إلى السلالة H722) للهجين L. hirsutum x H722 ؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها فى الأبوين (البرى والمزروع) ؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع L. hirsutum .

وفى مجال التقييم لتحمل البرودة .. اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية ، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات فى الحرارة المنخفضة P.I.341988 ، والصنف الحساس للبرودة UC82 . كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية – فى مواطنها الأصلية – على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر ؛ ولذا .. افترض

مقاومتها للبرودة ؛ بسبب طبيعة الجو السائد فى هذه الارتفاعات ؛ وهى كمايلى :

L. hirsutum LA 1363 & LA 1777

L. chilense LA 1969 & LA 1971

Solanum lycopersicoides LA 1964

وقد استخدم الباحثون فى دراستهم عدة اختبارات ، وكانت النتائج كما يلى :

١ – أنبتت بذور سلالة الطماطم P.I. 341988 أسرع من الصنف يوسى ٨٢ وسلالات الأنواع البرية فى حرارة أعلى من ١٠°م ، وتوقف إنباتها تقريباً فى حرارة ١٠°م ، بينما استمرت السلالات البرية فى الإنبات ببطء على حرارة أقل من ١٠°م .

٢ – زاد معدل النمو فى سلالات الأنواع البرية عما فى الصنف يوسى ٨٢ عندما خفضت درجة الحرارة من ١٨/٢٤°م (نهار / ليل) إلى ١٢ / ٦°م (نهار/ ليل) .

٣ – أدى تعريض الأوراق لحرارة ١°م إلى انخفاض استشعاع الكلوروفيل ، ولكن النقص كان أكبر فى الصنف الحساس للبرودة يوسى ٨٢ ، مقارنة بالأنواع البرية .

هذا .. ويمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو فى درجة الحرارة المنخفضة ؛ كأساس لتقييم تحمل البرودة . ويمكن – فى هذا الاختبار – اتخاذ الفترة الزمنية التى تمر بين تكوين ورقيتن متتاليتين ؛ كدليل على مدى تأثر النمو النباتى بالبرودة . وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات – من التهجين الرجعى الثانى للطماطم – مماثلة فى مقاومتها للبرودة لسلالة النوع L. hirsutum التى استخدمت فى التلقيح الأصلى . واعتمد الباحثان فى ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين الأوراق الحقيقة الأولى عند تعرضها يومياً لدرجة حرارة ١°م ليلاً (لمدة ١٦ ساعة) ، و ٢٠°م نهارا (لمدة ٨ ساعات) . وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريباً للسلالة البرية أومماثلاً لها فى صفة القدرة على تحمل البرودة ؛ وهو ما يعنى إمكان استخدام حرارة الليل المنخفضة كوسيلة غير قاتلة لاختبار مدى مقاومة النباتات للبرودة ، خاصة أن صفة القدرة على تحمل البرودة قد تطورت فى مثل هذه السلالات البرية أثناء نموها فى ظروف يسود فيها الجو البارد ليلاً والمعتدل نهاراً .

ومن جهة أخرى .. فقد تبين من دراسات Maisonneuve وآخرين (١٩٨٦) أن الانتخاب للقدرة على تحمل البرودة (١٥°م نهاراً / ٨°م ليلاً) لم يكن فعالاً عندما أجرى على أساس اختبار مدى تحمل حبوب اللقاح لهذه الظروف .

هذا .. ويبدو واضحاً من الدراسات - التى أجريت على السلالات البرية التى تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة فى جبال الإنديز - أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين ، هما :

١ - بطء تحلل الكلوروفيل فيها عند تعرضها لظروف الليل البارد .

٢ - سرعة تعويض الكلوروفيل المفقود منها ليلاً بمجرد تعرضها لضوء النهار .

كما يبدو أن تأقلم هذه النباتات على الحرارة المنخفضة يتمشى مع النظام الحرارى السائد فى مناطق انتشارها ، والذى تنخفض فيه الحرارة ليلاً إلى الصفر المئوى ، بينما ترتفع نهاراً إلى ٢٠°م ؛ وعليه .. فإن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات مقاومة للبرودة هى تعريض النباتات لظروف مماثلة ، وليس لدرجة حرارة منخفضة ثابتة (Patterson ١٩٨٨) .

أما عن مصادر القدرة على تحمل البرودة فى الجنس Lycopersicon .. فقد وجدت -أساساً - فى بعض سلالات النوع البرى L. hirsutum ، وخاصة تلك التى وجدت نامية على ارتفاعات شاهقة في مواطنها الأصلية . فمثلاً .. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع L. hirsufum - وهى التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر على جبال الإنديز - ذات قدرة عالية على تحمل البرودة ؛ وظهر ذلك فى عدة صور كمايلى :

١ - أنبتت بذورها فى درجات الحرارة المنخفضة .

٢ - أمكنها إكمال دورة حياتها فى ظروف انخفضت فيها درجة الحرارة الصغرى - غالباً - عن ٦ °م

٣ - تكون فيها الكلوروفيل - أثناء تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة - بصورة أفضل مما فى السلالات الأخرى .

٤ - كانت حركة السيتوبلازم الدورانية فيها - أثناء تعرضها للحرارة المنخفضة - أسرع مما فى السلالات الأخرى .

٥ – بينما يتغير لون نباتات الطماطم العادية إلى اللون الأسود – إذا عرضت النباتات للظلام لمدة ٢٤ ساعة على درجة ١٠°م – فإن نباتات هذه السلالة لم تتأثر بهذه الصورة . وقد تمت بصورة جيدة فى نظام حرارى ١٢ / ٥°م (نهار / ليل) .

كذلك تتوفر صفة المقاومة للبرودة فى السلالة LA1363 من L. hirsutum ، والسلالة LA 1969 من L. chilense ، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز ، ونمت – بشكل جيد – فى ظروف حرارية ٢٠/ صفر°م (نهار ٨ ساعات / ليل ١٦ ساعة) ، بينما لم تكون الطماطم أوراقاً حقيقية تحت هذه الظروف .

وعن وراثة القدرة على تحمل البرودة .. وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) – من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى ، والنوع S. lycopersi-coides – أن تلك الصفة سائدة ، وليست سيتوبلازمية.

التربية لتحسين عقد الثمار فى درجات الحرارة المنخفضة

كانت بداية التقييم للقدرة على العقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى الأصناف التجارية ، ثم انتقلت الدراسات بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة ، ثم إلى الأنواع البرية القريبة . ونذكر – فيمايلى – جانباً من الجهود التى بذلت فى هذا المجال .

قيَّم Curme (١٩٦٢) عدداً من أصناف الطماطم فى نظام حرارى ٢٣ / ٧°م (نهار/ ليل) ، ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها ؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها – تحت هذه الظروف – من ٢ إلى ٦٠ ٪ . وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ضمن صفات الأصناف : إيرلى نورث Earlinorth ، ورد كوشن Red Cushion ، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief . وفى الهند .. أجرى Nandpuri وآخرون (١٩٧٥) اختباراً تحت الظروف الطبيعية اشتمل على ٤٢ صنفاً ، ووجدوا أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو البارد هى : كولد ست Cold Set ، وأفلانش Avalanche ، و إلاّ ليهين Illalihin .

وفى كندا .. أجرى Kemp (١٩٦٨) تقييما شمل ١٩ صنفاً وسلالة من الطماطم ، ووجد أن أكثرها قدرة على الإنبات والنمو والإزهار والعقد فى الحرارة المنخفضة هى الأصناف :

كولد ست ، وإيرلى نورث ، و بونيتا ، و أزربدزفسكى Azerbidzivisky ، والسلالتان : P.I.205040 ، و P.I.280597 . كما ذكر Smith & Millett(١٩٦٨) أن السلالة الأخيرة (P.I. 280597) تنتج حبوب لقاح بوفرة فى حرارة ١٠°م ، وتعقد بصورة جيدة فى نظام حرارى ٢٠/٧°م (نهار/ ليل) .

وفى Montfavet بجنوب فرنسا .. اختبر Maisonneuve & Philouze (١٩٨٢) ٣١ صنفاً وهجيناً من الطماطم للقدرة على إنتاج حبوب لقاح بوفرة تحت ظروف الصوبات غير المدفأة شتاء ، وصلت فيها درجة الحرارة إلى أقل من ١٠°م لعدة أسابيع ، بينما كانت نباتات المقارنة نامية فى صوبة مدفأة . وقد درس الباحثان إنتاج حبوب اللقاح (بالوزن لكل زهرة) وحيويتها (معبراً عنه بنسبة حبوب اللقاح التى تصبغ بالأسيتوكارمن aceto-carmine) . وقد وجدا توافقاً عالياً بين ترتيب الأصناف حسب قدرتها على العقد وبين حيوية حبوب اللقاح التى تنتجها ، وكانت أقل الأصناف حساسية للحرارة المنخفضة هى : Espalier ، و Precoce ، و Apeca ، و Apedice ، و Montfavet 63-4 ، و Pinkdeal ، و Montfavet 63-5 ، و Lucy ، و Supermarnamde . وقد تميزت هذه الأصناف بقدرتها - تحت ظروف البرودة - على إنتاج من ٢٠ - ٥٠ ٪ من حبوب اللقاح التى تنتجها - عادة - مع حيوية لاتقل عن ٧٠ ٪ . وفى مصر .. اختبر Radwan وآخرون (١٩٨٦) ٤٣ صنفاً وسلالةً من الطماطم تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء ، ووجدوا أن أكثرها إنتاجية وقدرة على العقد السلالتان إف إم ٥٢٠٠٩ FM 52009 ، و يوسى ٧٨ دبليو ٢٩ UC 78W29 ، والصنف يوسى ٨٢ UC 82 . وتتوفر القدرة على العقد فى فى الجو البارد فى الصنفين الكنديين صب أركتك ماكسى Sub - Arctic Maxi (Harris ١٩٧٥ أ) ، وصب أركتك شيرى Sub - Arctic Cherry (Harris ١٩٧٥ ب) .

وفى إطار البحث عن مصادر للقدرة على العقد فى درجات حرارة أكثر انخفاضاً .. اتجه الباحثون إلى الأنواع البرية . فقام Patterson وآخرون (١٩٧٨) بدراسة القدرة على النمو والعقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى عدد من سلالات النوع L. hirsutum التى تنمو - برياً - على ارتفاعات مختلفة من سطح البحر فى بيرو وإكوادور ، ووجدوا أن أكثرها قدرة على تحمل البرودة السلالات التى جمعت من على ارتفاعات عالية فى بيرو .

وبذكر Zamir وآخرون (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 من النوع L. hirsutum تعد من أفضل مصادر القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة ؛ فهى تنمو وتعقد ثمارها بصورة طبيعية فى الجو البارد ، وتنبت حبوب لقاحها بنسبة ١٠٠٪ فى خلال خمسة أيام على حرارة ٥°م . وتنمو هذه السلالة فى بيئتها الأصلية فى بيرو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر فى جبال الإنديز . كذلك وجدت خاصية القدرة على إنتاج حبوب اللقاح ، وإنباتها ، وعقد الثمار فى الحرارة المنخفضة فى ثلاث سلالات أخرى من L. hirsutum هى : LA 1393 ، و LA 1363 ، و LA 1366 ؛ وجميعها تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة (عن Patterson ١٩٨٨) .

وقد تمكن R. Jones ومعاونوه (Zamir وآخرون ١٩٨١) من ادخال صفة القدرة على العقد الجيد فى الحرارة المنخفضة من السلالة LA1777 (من النوع البرى L. hirsutum) إلى الطماطم باتباع طريقة انتخاب الجاميطات Gamete Selection . وتعتمد الطريقة – ببساطة – على إجراء التلقيحات الرجعية والذاتية في برنامج التربية فى درجات حرارة منخفضة ؛ حيث لا تنبت وتشارك فى عملية الإخصاب سوى حبوب اللقاح التى تحمل جينات القدرة على إحداث العقد في هذه الظروف ؛ وبذا فهى توفر كثيراً من الوقت والجهد ؛ فلو فرض وكانت الصفة التى يُراد نقلها يتحكم فيها ١٢ جيناً .. فإن عدد الجاميطات المختلفة وراثياً التى يمكن – حينئذ – إنتاجها فى الجيل الأول يكون ٢ن = ١٢٢ = ٤٠٩٦ جاميطة .

ومثل هذا العدد من حبوب اللقاح يمكن وضعه على ميسم زهرة واحدة ؛ حيث لا تنبت منها – فى الحرارة المنخفضة – سوى التى تحمل الجينات المرغوبة فقط ، وهى التى تخصب البيضات . أما إن لم تتبع طريقة انتخاب الجاميطات .. فإنه تلزم – فى هذه الحالة – زراعة كل نباتات الجيل الثانى المختلفة وراثياً ، وعددها ٤ن = ١٢٤ = ١٦٧٧٧٢١٦ نباتا ؛ ليمكن انتخاب التركيب الوراثى المرغوب منها ، وهو ما يستلزم زراعة نحو ١٠٠ ألف فدان من الطماطم ؛ ليمكن التعرف على التركيب الوراثى المرغوب . وقد أوضح الباحثون أنه أمكن مضاعفة عدد الهجن المتحصل عليها من أى تلقيح فى حرارة ٦ / ١٢°م (ليل/ نهار) ؛ بخلط حبوب اللقاح المراد اختبارها مع حبوب لقاح سلالة عادية من الطماطم ليس لها القدرة علي الإنبات فى هذه الظروف .

وبالإضافة إلى ما تقدم .. فقد تمكن الباحثون من عزل إنزيمات متماثلة فى نشاطها وتأثيرها – ولكنها مختلفة فى شحنتها الكهربائية – ترتبط مباشرة بالقدرة على العقد فى درجات الحرارة المنخفضة . ويمكن التعرف على هذه الإنزيمات بسهولة بطريقة الفصل الكهربائى electrophoresis ، وهى التى تعرف باسم آيزوزيمات isozymes .

وقد كانت المجموعة الإنزيمية المرتبطة بصفة القدرة على العقد فى الجو البارد وهى الخاصة بإنزيم Phospnogluco jsomerase (يكتب اختصاراً : Pgi) ؛ حيث عزلت أيزوزيمات ترتبط بحالات الأصالة الوراثية والخلط الوراثى لهذه الصفة . ويستفاد من هذه الأيزوزيمات بزراعة بذور النباتات التى يراد انتخاب المتميزة منها فى صفة القدرة على العقد فى الحراة المنخفضة ، ثم استعمال جزء صغير من النسيج الورقى لكل منها – وهى فى طور البادرة – فى اختبار الفصل الكهربائى لفصل أيزوزيمات الإنزيم Pgi التى توجد بها ؛ وبذا يمكن التعرف على النباتات التى يمكنها العقد فى درجات الحرارة المنخفضة ، وهى التى يسمح لها بالنمو بغرض الانتخاب للصفات البستانية المرغوبة ، ثم بدء دورة جديدة من التلقيحات الرجعية .

وفى سلسلة من البحوث المنشورة – قدم لها Smeets & Hagenboom (١٩٨٥) – أجريت دراسة موسعة عن الاختلافات بين أصناف الطماطم فى الصفات الفسيولوجية ، ومدى إمكانية الاستفادة من هذه الصفات أو بعضها فى التربية للقدرة على النمو والعقد والإثمار الجيد فى ظروف الحرارة المنخفضة ؛ بهدف تربية أصناف جديدة تصلح للزراعة فى هذه الظروف . ويذكر الباحثان – استناداً إلى دراسات أخرى سابقة – أن خفض درجة حرارة البيوت المحمية بمقدار درجة أو درجتين أو ثلاث درجات أو أربع درجات مئوية يوفر فى تكاليف التدفئة – تحت ظروف هولندا – بمقدار ٨٪ ، و ٢ ر١٥٪ ، و ٢٢٪ ، و ٢٧٪ على التوالى ؛ وعليه بدأت الدراسة بتقييم ١٦ صنفاً من الطماطم للصفات التالية تحت ظروف الحرارة المنخفضة : معدل النمو النسبى Relative Growth Rate ، والكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate ، ونسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio، ووزن الأوراق الطازج Specific Leaf Weight ، ونسبة وزن الأوراق Leaf Weight Ratio ، وصافى البناء الضوئى Net photosynthesis ، والتنفس الظلامى Dark Respiration ، ومقاومة الثغور Stomatal Resistance ، ومحتوى النبات من كل من السكريات ، والنشا ، والنترات ،

والنيتروجين المختزل ، والفوسفور ، و البرولين .

وتلا ذلك دراسة وراثة هذه الصفات – تحت ظروف الحرارة المنخفضة – باختبار تلقيحات دايلل Diallel crosses بين الستة عشر صنفاً . وكان من نتائج هذه الدراسة أن وجدت اختلافات واضحة بين الأصناف – تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً والإضاءة الضعيفة نهاراً – فى كل من صافى البناء الضوئى ، والتنفس الظلامى (Van de Dijk & Maris ١٩٨٥) ، ومقاومة الثغور ، ووزن الأوراق الطازج ؛ حيث بدا أن الأصناف ذات الوزن الورقى الأقل كانت أكثر تأقلماً (Van de Dijk ١٩٨٥) .

أما عن وراثة صفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة .. فقد ذكر أنها صفة مندلية بسيطة متنحية ؛ وذلك اعتماداً على نتائج دراسة استخدم فيها الصنف المقاوم للبرودة إيرلى نورث ، والصنف الحساس مارجلوب . هذا .. إلا أنه – تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة شتاء فى مصر (Ibrahim ١٩٨٤) – سلكت صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى مسلك الصفات الكمية ، مع سيادة جزئية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف . وكانت درجات التوريث المقدرة لهذه الصفات منخفضة جداً ؛ مما يدل على شدة تأثرها بالعوامل البيئية .

التربية لتحسين عقد الثمار فى درجات الحرارة المرتفعة

حظيت التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المرتفعة – كذلك – باهتمام كبير من قبل مربى الطماطم . ولكن – على خلاف التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المنخفضة – فإن معظم الجهود محصورة داخل نوع الطماطم L. esculentum . ونعرض فيما يلى لأبرز تلك الجهود .

درس Schaible (١٩٦٢) الاختلافات بين أصناف الطماطم فى قدرتها على العقد فى ظروف الحرارة المرتفعة ، بلغت فيها درجة الحرارة ليلاً ٢٧°م ، ووجد أن أكثر الأصناف تحملاً هى : Porter ، و Narcarlang . وأوضح Doolittle وآخرون (١٩٦١) أن الأصناف ذات الثمار الصغيرة الحجم تعد أكثر قدرة على العقد فى الجو الحار ، وذكروا من أمثلتها : Summer Set ، و Hot Set ، و Summer Prolific ، و Porter . وبالرجوع إلى Minges

(١٩٧٢) .. أمكن استخلاص القائمة التالية من أصناف الطماطم التى ذكرت عنها القدرة على العقد فى الحرارة العالية كواحدة من أبرز صفاتها :

Early Summer Sunrise	Golden Marglobe
Lousiana All - Seasons	Mozark
Ohio WR Brookston	Pearl Harbor
Red Cloud	Red Global
Sioux	Spartan Red 8
State Fair	Summer Sunrise
Summer Sunset	Summer Prolific
Texto N0.1	VF14

وفى اختبار شمل سبعة أصناف .. كان الصنف Hot Set أكثرها قدرة على تحمل الحرارة العالية ؛ حيث بلغت نسبة عقد الثمار به ٧٧٪ تحت هذه الظروف (Levy وآخرون ١٩٧٨) . كما أوضحت دراسات Shelby وآخرين (١٩٧٨) قدرة الأصناف AU 165 ، وNagcarlang ، و Porter ، و Saladette الجيدة على العقد فى الحرارة العالية .

وفى الهند .. أجرى تقييم تحت الظروف الطبيعية شمل ٤٢ صنفاً ، وتبين منه أن أكثر الأصناف قدرة على العقد في الجو الحار هى : Avalanche ، و Punjab Tropic ، و P_4 Marzano (Nandpuri وآخرون ١٩٧٥) .

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرين (١٩٧٧) أن نسبة العقد فى ظروف ٢٢/٣٩°م (نهار/ ليل) بلغت ٥٦٪ - ٦٠٪ فى الصنف سالاديت Saladette ، بينما تراوحت من صفر إلى ٢٢ ٪ فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية .

يتميز هذا الصنف الذى أنتجه P.W.Leeper فى تكساس - بنموه الخضرى المحدود ، وثماره الصغيرة القليلة البذور . وفى لويزيانا .. اختبرت ستة أصناف وسلالات من الطماطم (هى L401 ، و S6916 ، و BL6807 ، و Saladette ، و Chico III ، و P.I. 262934 ، و Floradel) ، ووجد أن نسبة العقد تراوحت - تحت ظروف الحرارة المرتفعة -

من ١ ٪ فى السلالة L401 إلى ٥٠ ٪ فى السلالة BL 6807 ؛ أما فى الجو المعتدل أثناء الربيع .. فقد بلغت نسبة العقد ٧٨ ٪ ، و ٩٣ ٪ فى نفس هاتين السلالتين على التوالى (Hanna & Hernandez ١٩٨٢) .

وفى مصر .. قيمت ١٠٥ سلالة وصنفاً من الطماطم تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية) ، ووجد أن أكثر الأصناف إنتاجية وقدرة على العقد فى هذه الظروف هى : Peto 81 ، و UC 82 ، و Punjab Chu-hara ، و Peto 86 ؛ كما كانت سلالتا التربية W37-S-1 78 ، و S-78-296-2 ، والصنف Saladette من أفضل المصادر الوراثية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف (Radwan وآخرون ١٩٨٦ب) .

هذا .. وقد أجريت أكبر دراسة على تقييم الطماطم للعقد فى الحرارة المرتفعة فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر . وقد قيم فى هذه الدراسة ٤٠٥٠ صنفاً وسلالة من الطماطم والأنواع الأخرى القريبة من النوع Lycopersicon ، ووجد أن ٣٨ سلالة فقط (أى أقل من ١ ٪ من السلالات المختبرة) كانت ذات قدرة عالية على العقد فى الحرارة العالية ، واشتملت على ٣٠ سلالة من نوع الطماطم L. esculentum ، و٧ سلالات من النوع L. pimpinellifolium ، وسلالة واحدة من الهجين النوعى بينهما . كانت جميع هذه السلالات ذات ثمار صغيرة أو متوسطة الحجم ، ويرجع موطنها إلى ١٥ بلداً مختلفاً ، أى إنها تختلف فى المنشأ (Villareal وآخرون ١٩٧٨ ، و Villareal & Lai ١٩٧٩) .

وفيما يتعلق بالوسائل التى اتبعها الباحثون لتقييم القدرة على العقد فى الحرارة العالية.. تمكن Stoner & Otto من انتخاب النباتات المرغوبة فى صوبات تراوحت فيها درجة الحرارة العظمى من ٢٦ – ٣٧°م خلال فترة الاختبار ، مقارنة بأصناف تتوفر بها تلك الصفة . ففى هذه الظروف .. لم تتعد نسبة العقد ١٠ ٪ فى الأصناف الحساسة ، بينما بلغت ٣٢ ٪ فى الصنف Red Rock ، و ٦١ ٪ فى C28 ، و ٧٤ ٪ فى Merit ، و٩٢٪ فى ChicoIII ، وهى الأصناف التى استخدمت للمقارنة .

أما Tarakanov وآخرون (١٩٧٨) .. فيذكرون أن جمع حبوب اللقاح وتعريضها لدرجة حرارة ٤٠ – ٤٥°م لمدة ٦ ساعات كان كفيلاً بقتل حبوب اللقاح الحساسة . وقد أدى

استخدام حبوب اللقاح التى عرضت لهذه المعاملة فى التهجينات إلى تحسين نسبة العقد فى النسل .

وقد قدر Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار ، ونسبة إنبات حبوب اللقاح ونموها فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لدرجة حرارة ٤٠°م لمدة ٦٠ دقيقة ، ووجدا أن كلا من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية يرتبط إيجابياً - بصورة جوهرية - جداً بنسبة عقد الثمار ، وكان معامل الارتباط (r) هو ٩٨٨ ر٠ ، و٨١٥ ر٠ للصفتين على التوالى .

وقد أمكنهما - برفع درجة الحرارة التى عرضت لها الأزهار من ٤٠ إلى ٤٨°م - زيادة القدرة على التمييز بين التراكيب الوراثية الحساسة والمقاومة لزيادة الفارق بينهما فى حيوية حبوب اللقاح تحت هذه الظروف .

تعزى القدرة على العقد - فى الحرارة العالية - إلى أسباب كثيرة متباينة فى مختلف السلالات ، منها مايلى (عن Rudich وآخرين ١٩٧٧ ، و Levy وآخرين ١٩٧٨ ، و Kuo وآخرين ١٩٧٩ ، و Stevens &Rick ١٩٨٦) :

١ - نقص مستوى المواد الكربوهيدراتية فى النبات ؛ لضعف البناء الضوئى بسبب تأثر إنزيم RUBPcase ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette .

٢ - عدم انتقال المواد الكربوهيدراتية بكفاءة فى النبات ؛ بسبب امتلاء الأنابيب الغربالية بالكالوس ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette أيضاً .

٣ - قلة تكوين الأزهار ؛ بسبب سوء توزيع التمثيل البنائى ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى السلالة BL6807 .

٤ - ضعف إنتاج حبوب اللقاح ، واختلال عملية تكوينها .

٥ - عدم انتثار حبوب اللقاح بسبب عدم انشقاق المتوك ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette .

٦ - ضعف حيوية وإنبات حبوب اللقاح ، وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Nagcarlan .

٧ - ضعف حيوية البويضات ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Malintka 101.

٨ – بروز الميسم من الأنبوبة السدائية ؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنفين Saladette ، و VF36 .

٩ – جفاف المياسم ، وتلونها باللون البنى .

ولمزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا العقد فى الطماطم فى الحرارة العالية .. يراجع حسن (١٩٨٨) .

ونالت وراثة القدرة على العقد فى الحرارة العالية حظاً وافراً من الدراسة ، إلا أن نتائج هذه الدراسات كانت متباينة ، وهو ما قد يمكن إرجاعه إلى اختلاف الأصناف المستخدمة فى تلك الدراسة ، وبالتالى اختلاف الصفات المسئولة عن القدرة على تحمل الحرارة العالية فى كل منها . كما أن لطريقة الاختبار ذاتها أثرها البالغ فى النتائج . ونعرض – فيمايلى – لبعض هذه الدراسات .

أوضحت الدراسات الوراثية على سلالة الطماطم AU 160 – ذات القدرة على العقد فى الحرارة العالية – والصنف Floradel– الذى لا يعقد فى هذه الظروف – أن تلك الصفة سائدة جزئياً ، وذات درجة توريث منخفضة قدرت بنحو ٥٤ ٪ على النطاق العريض ، وبنحو ٨٪ على النطاق الضيق (Shelby وآخرون ١٩٧٥ ، ١٩٧٨) . وتوصل Villareal & Lai (١٩٧٩) إلى أن تلك الصفة معقدة . وقد بدا أن الجينات المسئولة عنها تتأثر بشدة بالعوامل البيئية (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦) .

وقد أجرى El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) دراسة موسعة تضمنت تلقيحات دياليل كامل بين ستة أصناف وسلالات من الطماطم ، منها صنف حساس للحرارة العالية ، وخمسة ذات قدرة على العقد فى الحرارة المرتفعة لأسباب متباينة (أى إنها تختلف فى طبيعة قدرتها على العقد تحت تلك الظروف) ، هى : عدد الأزهار في العنقود ، ونسبة العقد ، وعدد البذور فى الثمرة ، ومدى بروز ميسم الزهرة من الأنبوبة السدائية . وقد توصل الباحثان إلى النتائج التالية :

١ – فى درجات الحرارة المعتدلة والعالية .. كانت صفة عدد الأزهار بالعنقود مرتبطة بجينات متنحية ، وكانت درجة توريث هذه الصفة مرتفعة ؛ حيث قدرت بنحو ٧٦ ٪ .

٢ – فى الحرارة العالية .. تتحكم فى صفة عقد الثمار جينات ذات تأثير إضافى

أساساً ، وكانت درجة توريث هذه الصفة متوسطة ؛ حيث قدرت بنحو ٥٢ ٪ .

٣ – فى الحرارة المعتدلة والعالية ..تحددت صفة عقد البنور (معبراً عنها بعدد البنور فى الثمرة ، وهى مقياس لخصوبة الجاميطات) بتفاعلات بين جينات غير أليلية ، وكانت مكونات التباين الوراثى سائدة أساساً ، ودرجة توريث الصفة منخفضة ؛ حيث قدرت بنحو ٣٠ ٪ .

٤ – فى الحرارة العالية .. تتحكم فى صفة بروز الميسم من الأبنوبة السدائية جينات سائدة جزئياً وذات تأثير إضافى ، وكانت درجة توريث الصفة مرتفعة ؛ حيث قدرت بنحو ٧٩ ٪ .

وفى دراسة أخرى شملت تلقيحات نصف دايالليل بين سبعة أصناف وسلالات من الطماطم ، وجد مايلى (Hanna وآخرون ١٩٨٢) :

١ – كانت أفضل السلالات فى القدرة العامة على التآلف لصفة العقد الجيد فى الحرارة العالية هى S6916 ، وتلتها السلالة BL 6807 ، بينما كانت السلالة L401 أقلها فى هذه الصفة .

٢ – كان الفعل الإضافى للجينات أكثر أهمية من الفعل غير الإضافى فى التأثير على صفة العقد الجيد فى الحرارة العالية .

وفى مصر .. وجد – عندما أجريت دراسة وراثية تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية) – أن صفات العقد والمحصول المبكر والكلى كانت كمية ، كما لم يظهر تأثير سيادة للجينات الخاصة بالقدرة على العقد فى هذه الظروف . وقد أظهر الهجين Saladette x Cal Ace VF قوة هجين لصفة المحصول تحت هذه الظروف . وكانت درجات توريث صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى منخفضة جداً فى جميع التلقيحات ؛ مما يدل على شدة تأثر هذه الصفات بالعوامل البيئية (Ibrahim ١٩٨٤) .

هذا .. وتشير الأدلة إلى أن صفتى القدرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة مرتبطتان ببعضيهما ، بحيث يكون الصنف القادر على العقد فى الحرارة المرتفعة قادراً – كذلك – على العقد فى الحرارة المنخفضة ، وربما تتحكم نفس الجينات فى الصفتين (Asian Veg. Res Dev Center ١٩٧٦) . وكمثال على ذلك .. تميز الصنفان UC 82 ، و Peto 86 – فى مصر – بالعقد والإنتاجية العالية تحت الظروف الطبيعية

صيفاً (يونيو ويوليو) وشتاء (ديسمبر ويناير) (Ibrahim ١٩٨٤) .

ويذكر Nuez وآخرون (١٩٨٥) أن أصناف وسلالات الطماطم –التى أنتجت أصلاً للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة – كانت كذلك ذات قدرة جيدة على العقد فى الحرارة المرتفعة . ومن أمثلة تلك الأصناف : Farthest North ، و Severianin ، و Sub Arctic Plenty ، و BL 6807 . كما أنهم وجدوا أن سلالة الطماطم 0 - 1 - 29 - - 0 - 0 - 1104 – التى انتخبت فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر لمقاومة الحرارة – كانت كذلك مقاومة للبرودة .

التربية للقدرة على العقد البكرى

تعنى القدرة على العقد البكرى Parthenocarpic Fruit Set – أى بتكوين ثمار خالية من البذور – القدرة على العقد في جميع الظروف البيئية غير المناسبة ، سواء أكانت الحرارة مرتفعة ، أم منخفضة .

توجد صفة القدرة على العقد البكرى فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم . وقد حُصِلَ عليها – غالباً – من أحد مصدرين ؛ هما : الهجن النوعية بين الطماطم وكل من النوعين L. hirsutum ، و L. peruvianum وباستحداث الطفرات . فمثلا .. حُصِلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعى :

(Byzon x (Gruntovij Gribovskuj x L. hirsutum)

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى في جميع الظروف غير المناسبة للعقد ، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية – الذكرية والأنثوية –خصبة بدرجة عالية (Philouze & Maissonneuve ١٩٧٨) . وقد وجدت Philouze (١٩٨١) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز pat-2 ؛ تمييزاً له عن الجين pat (نسبة إلى Parthenocrpy أى العقد البكرى) ، الذى وجد فى سلالات أخرى تعقد بكرياً . وقد تأكدت وراثة صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين فى دراسات أخرى لكل من Lin (١٩٨٢) ، و Hassan وآخرين (١٩٨٧) . هذا .. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩ أ) توصلوا من دراستهم إلى

أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفريانين يتحكم فيها جينان متنحيان ، أحدهما الجين Pat -2 وهو جين رئيسى - والآخر هو الجين mp - وهو ثانوى ، ويؤثر فى ظهور صفة العقد البكرى عند وجود الجين pat .

وقد عقد هذا الصنف بكرياً فى مصر خلال شهرى يناير وفبراير بالقناطر ، وتفوق على الأصناف UC 82 ، و Peto 86 ، و VF 145 - B- 7879 ، و Floradade ، وسلالة التربية UC 78 W 29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة ، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧) . وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن القعد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية ؛ حيث إنها تنتج ثماراً عادية فى الظروف المناسبة للعقد ، وثماراً بكرية في الظروف غير المناسبة لذلك ، مثلما تكون عليه الحال فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهاراً . هذا . برغم أن الحرارة العالية لم تكن لها تأثيرات سيئة على الجاميطات أو تركيب الزهرة ؛ وهو ما يعنى أن الظروف البيئية المحفزة للعقد البكرى تؤثر فى الأنسجة الجرثومية Sporophytic tissues للزهرة ، وليس فى أنسجتها الجاميطية gametophytic tissues .

وتأكيداً لذلك .. وجد Scott & George (١٩٨٤) أن المعاملات التى تمنع التلقيح (مثل الخصى ، وإزالة الميسم ، وإزالة الأطراف البعيدة لكل من قلم الزهرة والأسدية) منعت تكوين البذور ، ولكنها لم تمنع عقد الثمار ؛ هذا بينما لم يكن للتلقيح - بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية - أىُ تأثير على نسبة العقد البكرى . وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفريانين وسلالة أخرى - هى PSET-1 - تحمل نفس الجين pat-2 ، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكرياً - هى RP75/59 - وتختلف فى جينات العقد البكرى .

وقد درس Hassan وآخرون (١٩٨٧) الاختلافات بين الصنف سيفيريانين والأصناف البذرية UC 82 ، و VF 145 - B - 7879 ، والهجن بينها فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريللينات الكلية الحرة ، ووجدوا أنها تبلغ فى الصنف سيفيريانين نحو ثلاثة أمثال أىٍّ من الصنفين الآخرين . ولم تلاحظ فروق واضحة بين نباتات الجيل الأول ونباتات الآباء البذرية ، أو بين محتوى الهجن والهجن العكسية فى محتوى مبايض الأزهار من الجبريللينات الكلية الحرة ؛ الأمر الذى يتمشى مع نتائج الدراسات الوراثية من أن الصفة متنحية ، ويدلل

على أهمية المحتوى المرتفع من الجبريللينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم .

هـذا .. وكـان الجـين pat قـد ظهـر كطفرة فى أحـد أصناف الطمـاطم الإيطاليـة (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى مـعـاملتـهـا بالـ ethylmethane sulphonate . تبـعـد هذه الطفـرة بمقـدار ١٢ ر٠ وحـدة عـبور من الجين sha (نسـبـة إلى Short anthers أى الأسـدية القصيرة) . كما ظهرت طفرة أليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمـز sha - pat ؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524 . وكلتا الطفرتين pat ، و sha - pat تنتج ثماراً بكرية ، وتتميز بالعقم الأنثوى . وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى – أطلق عليهـا اسم Montfavet 191 – فى إحـدى سلالات الطمـاطم الطبيعية . وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة – كما فى طفرة sha ، ولكنها تعقد بكرياً – كما في الطفرة sha - pat (السلالة 2524) . ويتلقيح هذه الطفرة مع السلالة sha - pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة ، وأنتجت ثماراً بكرية ؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 – التى ظهرت تلقائياً – تحمل نفس الجين sha - pat الذى يوجد فى السلالة الأصلية (Pecaut & Philouze ١٩٧٨) .

وتعد السلالة الألمانية RP 75 / 59 من السلالات التى تعقد ثماراً بكرية طبيعية المظهر فى الظروف غير المناسبة للعقد ، ولكنها تعقد ثماراً طبيعية في الظروف البيئية المناسبة للعقد ؛ وهى تتشابه فى ذلك مع الصنف سيفيريانين .

وقد أظهرت دراسات Philouze & Maisonneuve (١٩٧٨أ) بفرنسا أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية ، ولا يتحكم فيها أى من الجينات sha ، أو pat ، أو pat-2 . وتبعاً لـ Ho & Hewitt (١٩٨٦) .. فإن Philouze قد أوضحت عام ١٩٨٣ أن صفة العقد البكرى فى السلالة الألمانية RP 75 / 59 يتحكم فيها ثلاثة جينات متنحية ذات تأثير إضافى ، وأكدت ذلك دراسات Vardy وآخرين (١٩٨٩) .

وفى الولايات المتحدة .. أنتج Baggett & Fraizer (١٩٨٢) السلالة Oregon 11 التى تعطى ثماراً بكرية فى الجو البارد بنسبة ٦٦ ٪ . تتميز ثمارها البكرية بأنها صلبة ولحمية ، ونادراً ما تكون مفصصة ، أو تظهر بها حيوب . يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالى ٣٠جم ، ومتوسط قطرها من ٥ ر٣ –٤ سم ، ويوجد بها ٣ –٤ مساكن ؛ وهى جيدة الطعم واللون ،

وذات جلد سميك ولكنه يتشقق أحياناً . كذلك أنتجت السلالة Oregon T5 - 4 التى تعقد ثماراً بكرية بنسبة ٣٠ ٪ فى الجو البارد ، وثماراً عادية فى الجو العادى ، إلا أنها تختلف عن الصنف سيفريانين فى احتياج أزهارها إلى التلقيح لكى تعقد بكرياً فى الجو البارد . وقد وجد Kean & Baggett (١٩٨٦) أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية ، ويتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية ، يختلفان عن الجين pat-2 . هذا .. وقد اكتسبت سلالات أوريجون صفة العقد البكرى من الصنف الكندى Farthest North .

وبينما لا توجد – حالياً – أصناف تعقد بكرياً وتصلح للزراعة التجارية إلاّ أن تلك الصفة تتوفر فى عدة مصادر ، ويمكن تقسيمها حسب درجة العقد البكرى بها – كما يلى (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦) .

١ – درجة العقد البكرى منخفضة ، وتتوفر فى : Atom ، و Bubjekosoko ، و Sub Arctic Plenty ، و Oregon Cherry ، و Pobeda .

٢ – درجة العقد البكرى متوسطة ، وتتوفر فى : Lycopera ، و Earliorth ، و Ore-gon T 5-4 ، و Parteno .

٣ – درجة العقد البكرى عالية ، وتتوفر فى : RP75 / 59 ، و Severianin .

التربية لتحمل نقص الرطوبة الأرضية والتحكم فى النمو الجذرى

نظراً لأن النمو الجذرى الجيد يعد أحد العوامل الهامة التى تزيد من قدرة النبات على تحمل نقص الرطوبة الأرضية .. فإن المناقشة فى هذا الجزء تتضمن كلا من هدفى التربية.

وجدت المقاومة للجفاف فى المصادر التالية :

١ – النوع البرى L. pennellii :

ينمو هذا النوع – برياً – في مناطق شديدة الجفاف فى غربى بيرو ، تنعدم فيها الأمطار – تقريباً – بينما تحصل النباتات على معظم احتياجاتها من الرطوبة مما يتكثف على سطح أوراقها من ندى .. علما بأن الضباب يكون كثيفاً فى تلك المناطق . وتتميز النموات الخضرية لهذا النوع باحتياجاتها القليلة من الرطوبة ، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء

فى أنسجتها ؛ أما نموها الجذرى .. فهو ضعيف .

٢ – إحدى سلالات النوع L. peruvinum التى وجدت نامية فى وسط الصحراء بأمريكا الجنوبية .

٣ – إحدى سلالات النوع L. chilense التى تتميز بمجموعها الجذرى الكثيف المتعمق فى التربة (عن Rick ١٩٧٧) .

درس Taylor وآخرون (١٩٨٢) إنبات البذور والنمو الأولى للبادرات – تحت ظروف الجفاف مع الحرارة المرتفعة ، أو المعتدلة – فى كل من الطماطم والسلالات المقاومة للجفاف من النوعين البريين L. chilense ، و L. pennellii ، ووجدوا – على غير المتوقع – أن الأنواع البرية كانت أكثر حساسية للجفاف من الطماطم فى درجة حرارة ٢٥°م ، بينما تساوت مع الطماطم فى الإنبات والنمو الأولى للبادرات – تحت ظروف الجفاف – عندما كانت درجة الحرارة ٣٠ أو ٣٥°م .

ويستدل من الدراسات الوراثية على أن المقاومة للجفاف فى النوع L. pennellii صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية (عن Stevens ١٩٨٠) . وقد لقح هذا النوع مع الطماطم وأمكن المحافظة على صفة قدرة الأوراق على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها بعد عدة تلقيحات رجعية ؛ مما يعنى إمكان الاستفادة من هذه الخاصية فى خفض الاحتياجات المائية للطماطم (عن Rick ١٩٨٠) .

هذا .. ويتجه بعض الباحثين إلى الاهتمام بالنمو الجذرى على أساس أنه يمكِّن النبات من الاستفادة من الرطوبة التى توجد فى قطاع أكبر من التربة . وذُكرت – فى هذا المجال – طفرة الجذر القطنى Cottony root ، التى اكتشفت أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور . وقد وجدت هذه الطفرة فى السلالة P.I.121665 ، وتميزت باحتوائها على عدد كبير جداً من الشعيرات الجذرية ، فضلاً على كفاءتها العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور . وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أُعطى الرمز crt .

ويذكر Zobel (١٩٨٦) عدة طفرات تتحكم فى النمو الجذرى لنبات الطماطم ،

منها مايلى :

١ – الطفرة المتنحية dgt ، وهى غير قادرة على إنتاج جنور جانبية .

٢ – الطفرة المتنحية ro ، وهى غير قادرة على إنتاج جنور عرضية .

وقد وجد أن النبات الأصيل المتنحى فى الطفرتين (dgt dgt ro ro) – وهو الذى يفترض أن يكون خالياً من أية جنور غير الجذر الأولى – ينمو به عدد يصل إلى ١٢ جذراً من السويقة الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر الأولى . كما أن المجموع الجذرى للنبات dgt dgt يكون طبيعياً إذا طعم عليه نبات - Dgt .

٣ –الطفرة المتنحية brt (نسبة إلى bushy root) ، التى يظهر بها عدد كبير من الجنور من الجزء القاعدى للسويقة الجنينية السفلى ومن الجذر الرئيسى ؛ أما نموها الخضرى فهو صغير وضعيف . وقد وجد أن هذا الشكل المظهرى يتكون نتيجة لتراكم النشا فى قاعدة الساق والجذر . وقد تبين أن تطعيم الطفرة brt brt على أصل طبيعى يجعل النمو الخضرى للطعم طبيعياً ، بينما يؤدى تطعيم النبات الطبيعى على الطفرة إلى جعل النمو الخضرى للطعم طفرياً .

٤ – طفرة الجذر المتقزم dwarf root التى تجعل النمو الجذرى متقزما ، دون أن يكون لها أى تأثيراً فى النمو الخضرى . ويمكن أن تفيد هذه الطفرة فى حالة الرى بالتنقيط ، وعند الزراعة بنظام تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique .

التربية لتحمل الزيادة الكبيرة فى الرطوبة الأرضية

نظراً إلى الوعى المتزايد لدى العامة والمتخصصين بشأن النقص فى كميات الماء الصالحة للرى على المستوى العالمى .. فإن تربية الطماطم لتحمل الزيادة الكبيرة فى الرطوبة الأرضية تبدو أمراً غير منطقى . وبالرغم من ذلك .. فإن جهوداً كبيرة تبذل فى هذا الاتجاه .. والهدف فى كل الحالات هو زيادة فرصة نجاح زراعة الطماطم فى المناطق الغزيرة الأمطار ، التى تكون أراضيها غدقة لفترة طويلة من موسم الزراعة ، والتى تتعرض للفيضانات Floods من حين لآخر .

تتوفر القدرة على تحمل الرطوبة الأرضية العالية فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم؛ منها : السلالة LA 1421 (Rebigan وآخرون ١٩٧٧) ، والصنف VF 134 . ففى تجربة أجريت فى نيوزيلندة - لتقييم بعض أصناف الطماطم - هطلت أمطار غزيرة بلغت ٥٧ سنتيمتراً فى يوم واحد ، وأدت إلى القضاء على جميع الأصناف فيما عدا الصنف VF134 (W. L. Sims اتصال شخصى) .

وقد أجريت دراسة موسعة على التقييم لتحمل الرطوبة الأرضية العالية فى المعهد الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر ، قام بها Kuo وآخرون (١٩٨٢) . تضمنت الدراسة ٤٦٣٠ صنفاً وسلالة من الجنس Lycopersicon . ووجد الباحثون أن ثمانى سلالات منها فقط - أى أقل من ٢ ر ٠ ٪ من العدد الكلى - أظهرت قدرة على تحمل فترات قصيرة من الإغراق بالماء Flooding المصاحب بارتفاع فى درجة الحرارة ، وكانت أفضل السلالات هى L-123 . وبالرغم من ذلك .. فقد كانت هذه السلالة أكثر حساسية للإغراق من سبعة أنواع أخرى من الخضر قورنت بها تحت نفس الظروف . وفى الولايات المتحدة .. وجدت المقاومة العالية للإغراق بالماء (لمدة خمسة أيام) فى سلالة الطماطم P.I.406966 (McNamara & Mitchell ١٩٨٩) .

يؤدى تعرض نباتات الطماطم للإغراق بالماء إلى ظهور سلسلة من الأعراض التى يمكن التنبؤ بها ؛ وهى : انحناء أنصال الأوراق إلى أسفل leaf epinasty ، وانغلاق الثغور ، وضعف النمو الخضرى فى خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى . ثم تظهر أعراض الاصفرار chlo-rosis ، وسقوط الأوراق الكبيرة بعد ٧٢ - ٩٦ ساعة من بداية التعرض للغرق . وتظهر الجذور العرضية على الأجزاء القاعدية من الساق - عادة - بعد ٢٤ ساعة أخرى . وتلعب القدرة على تكوين هذه الجذور العرضية دوراً كبيراً فى القدرة على تحمل الإغراق . ويتناسب مقدار النقص المشاهدة فى الوزن الجاف للنبات ، ومساحة الأوراق والمحصول - عكسياً - مع قدرة النبات على تكوين الجذور العرضية .

وقد وجد Poysa وآخرون (١٩٨٧) أن هذه الجذور العرضية شكلت أكثر من ٥٠ ٪ من النمو الجذرى فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بالماء بصورة مستمرة ، بينما كان نموها محدودا فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بصورة متقطعة . وقد اقترح

McNamara & Mitchell (١٩٨٩) أن المقاومة للإغراق بالماء ربما يكون مردها إلى احتياج جذور السلالات المقاومة إلى كميات أقل من الأكسجين لتنفسها ، وقدرتها على التخلص من المركبات السامة التى تتكون أثناء تعرضها للإغراق .

وفى دراسة لاحقة (McNamara & Mitchell ١٩٩٠) .. وجد أن سلالة الطماطم المقاومة للإغراق P.I.406966 كونت جذوراً عرضية كثيرة فى خلال خمسة أيام من معاملة التعرض للإغراق مقارنة بالسلالة P.I.128644 من L. peruvianum var. dentatum غير المقاومة التى كونت جذوراً عرضية قليلة . كما ازدادت مسامية السويقة الجنينية السفلى فى السلالة المقاومة للإغراق بنسبة ٣ - ٦ ٪ ، و ٨ ٪ بعد ٣٦ ، و ٧٢ ساعة من التعرض للإغراق بالماء على التوالى ، بينما لم تتأثر المسامية فى السلالة غير المقاومة .

وعلى صعيد آخر .. وجد Kuo & Chen (١٩٨٠) تماثلاً كبيراً بين تأثير كل من معاملة الإغراق بالماء Flooding ، والمعاملة بالإيثيفون عن طريق ماء الرى على نباتات الطماطم . فكلاهما أدى - فى عدد من الأصناف - إلى ضعف نمو الساق ، واصفرار الأوراق وميلها لأسفل ، ونمو الجذورالجانبية . وقد كانت أكثر السلالات تحملا للإغراق - وهى L 123 - أقلها فى تراكم الحامض الأمينى بروالين proline بها تحت هذه الظروف . هذا .. علماً بأن مستوى البروالين فى النبات يتحدد بمدى النقص فى مستوى الأكسجين فى التربة أثناء التعرض للإغراق . فكلما ازداد النقص فى الأكسجين .. ازداد تراكم البروالين فى أنسجة النبات . وقد أدى ذلك إلى اعتقاد الباحثين أن مقاومة السلالة L 123 للإغراق مردها - جزئياً - إلى قدرتها على نقل الأكسجين من النموات الهوائية إلى الجذور .

التربية لمقاومة الملوحة

أجريت عديد من الدراسات على الطماطم ؛ بغرض زيادة قدرتها على تحمل الملوحة العالية - سواء أكانت هذه الملوحة فى التربة أم فى ماء الرى - وسنتناول - فيما يلى - هذا الموضوع بالدراسة ؛ من حيث : طرق التقييم ، ومصادر المقاومة ، ووراثة المقاومة ، وطبيعة المقاومة ، والتقدم فى التربية للمقاومة .

أولاً : طرق التقييم لمقاومة الملوحة ومصادر المقاومة :

قام Taha(١٩٧١) بمقارنة عدد من أصناف الطماطم ؛ من حيث قدرتها على تحمل الملوحة ، ووجد أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كما يلى :

١ – أصناف حساسة .. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace ، و بيرل هاربر Pearl Harbor .

٢ – أصناف متوسطة المقاومة .. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Pritchard .

٣ – أصناف مقاومة .. ومن أمثلتها الصنف الكريزى الثمار جريب Grape .

وظهرت المقاومة فى عدة صور كما يلى :

١ – كان الصنف المقاوم أكثر قدرة على الإنبات تحت ظروف الملوحة .

٢ – كما كانت بذوره أسرع إنباتا فى هذه الظروف .

٣ – أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيا (من صفر إلى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون من كلوريد الصوديوم) إلى حدوث نقص متزايد فى الوزن الطازج والجاف للنباتات ، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة بها . وكانت هذه التأثيرات فى الصنف جريب أقل وضوحاً مما فى بقية الأصناف .

٤ – أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل ، وكان هذا التأثير أقل وضوحاً فى الصنف المقاوم .

٥ – احتوت الجذور والنموات الهوائية بالصنف الحساس أيس على أعلى نسبة من الصوديوم والكلور ، وأقل نسبة من البوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم مقارنة بالصنف المقاوم جريب ، الذى احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور ، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم ، بينما كان الصنف برتشارد وسطاً بينهما .

٦ – مع زيادة الملوحة .. نقص وزن الثمرة وحجمها ، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، والسكريات الذائبة والمختزلة ، وفيتامين جـ .

٧ – بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح .. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقاً للنمو الخضرى بدرجة كبيرة ، بعكس كبريتات الصوديوم التى كانت شديدة الضرر على

الأعضاء الزهرية والثمرية . وكان الضرر أكثر فى الصنف أيس مقارنة بالصنف جريب .

وقد قارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفاً وسلالة من الطماطم ؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم ، ووجدوا أنها - جميعا - كانت حساسة ، وكان الصنف إدكاوى أقلها حساسية . وقد تأكدت - بعد ذلك - المقاومة النسبية لهذا الصنف من دراسات Mahmoud وآخرين (١٩٨٦) ، و Hashim وآخرين (١٩٨٨) .

وتتوفر القدرة على تحمل الملوحة العالية فى عدد من سلالات بعض الأنواع البرية . ويعد النوع L. cheesmanii f. minor - الذى ينمو برياً فى جزر جالاباجوس - أكثر أنواع الجنس Lycopersicon مقاومة للملوحة . ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA 1401 أكثرها مقاومة ، وهى سلالة جمع C.M. Rick بنورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار ، وبارتفاع مترين من خط المَد بالساحل الشمالى الغربى لجزر جالاباجوس . كانت هذه النباتات معرضة لتركيزات عالية جدا من الملح ؛ بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط ؛ كما وجد نامياً بجانبها عدد من النباتات المحبة للملوحة halophytes . وباختبار هذه السلالة فى محلول مغذ لماء البحر .. استمرت النباتات فى النمو ، مع زيادة تركيز نسبة ماء البحر فى المحلول المغذى ، إلى أن وصلت إلى ١٠٠ ٪ ، بينما لم يمكن لنباتات الطماطم البقاء عندما وصل تركيز ماء البحر فى المحلول المغذى إلى ٥٠ ٪ . وقد حدث نقص فى معدل نمو كل من الطماطم والسلالة البرية تحت ظروف الملوحة ؛ مما يعنى أن أياً منهما لم يكن مستفيداً من - أو بحاجة إلى التركيزات - المرتفعة من الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٦) .

هذا .. إلا أن دراسات أخرى نشرت بعد ذلك أكدت حساسية هذه السلالة - LA 1401 من L. cheesmanii f. minor - للملوحة العالية . فأوضح Hassan & Desouki (١٩٨٢) أن هذه السلالة كانت الأكثر حساسية للملوحة من بين ٢٢ صنفاً وسلالة قاما باختبارها . كما وجد Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) أنها كانت أكثر حساسية من الصنفين أيس ، وإدكاوى .

وقد ذُكر أن النوع L. peruvianum أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم ، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهرية بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص

الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم ؛ مثل : معدل النتح ، وكثافة الثغور ومدى اتساعها ، ومستوى حامض الأبسيسك (Phills وآخرون ١٩٧٩) .

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين L. peruvianum ، و L. pen-nellii أقل حساسية للملوحة من الطماطم ؛ حيث نقص وزنهما الجاف ومحتواهما النسبى من الرطوبة – بدرجة أقل – عند تعرضهما للملوحة العالية ، وظلا أكثر غضاضة ، وتراكم بهما كميات أكبر من الصوديوم والكلورين ، وكميات أقل من البوتاسيوم . وقد وجد الباحثان أن هذين النوعين ، وكذلك النوع L. cheesmanii ، تنمو بدرجة أسرع من الطماطم فى البيئة الملحية ، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم فى الظروف الطبيعية . وقد أظهر النوع L. pennellii – فى هذه الدراسة – أكبر درجة من الغضاضة ، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية . كما استخدم Sacher (١٩٨٣) السلالة PI 124502 من L. pennellii كمصدر لصفة القدرة على تحمل الملوحة فى برنامج للتربية .

كذلك أظهرت دراسة أجراها Dehan & Tal (١٩٧٨) على الطماطم والنوع L.pennellii أن النموات القمية والجذرية لهذا النوع لم تتأثر – جوهرياً – بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم . وقد حدث – فى النوع البرى – تراكم لأيونى الكلورين والصوديوم ، ونقص لأيون البوتاسيوم – مع زيادة الملوحة – مقارنة بالطماطم . كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع L. pennellii يتراكم فيها الصوديوم دون أن يكون لذلك تأثير كبير على النمو النباتى ؛ الأمر الذى يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون .

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من L. pimpinellifolium ، و ٨ سلالات من L. peruvianum ، ووجدوا – من بينها – ٤ سلالات من النوع الأول تميزت بقدرتها على تحمل الملوحة ؛ وهى PIM -85 ، و PIM - 847 ، و PIM - 1135 ، و PIM - 2350 . وفى اختبار شمل ١٠٦ أصناف وسلالة من سبعة أنواع من الجنس Lycopersicon .. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) المقاومة للملوحة فى كل من السلالة

L.esculentum var. cerasiforme ، والسلالتين LA 1579 ، و P.I. 365967 من L. pimpinellifolium ؛ كما كانت السلالات العشر التالية مقاومة نسبياً :

L. pimpinellifolium P.I. 309907, P.I.365959, P.I.375937, P.I. 379023, P.I. 379025, and P.I. 390716 .

L. hirsutum P.I. 365907 and P.I. 365934 .

L. peruvianum P.I. 306811 .

L. chmielewskii P.I. 379030 .

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين L. peruvianum ، و L. pennellii ، وثلاث سلالات من النوع L. esculentum var. cerasiforme ، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نمواً وأكثرها قدرة على البقاء ، وأقلها تضرراً من الملوحة .

وخلافا لكل ما ذكر عن مقاومة بعض الأنواع البرية للملوحة .. فقد وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهرياً – عن الأنواع L. cheesmanii ، و L. peruvianum ، و L. pennellii فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول من ملحى كلوريد الصوديوم ، وكلوريد الكالسيوم بنسبة مولارية قدرها ١ : ١ . ومع زيادة تركيز الأملاح تدريجيا من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥ : ١ فى مزرعة رملية .. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA 1401 من L. cheesnanii . وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفاً فى التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه فى التركيزات العالية . ولكن الصورة قد تتضح – بشكل أفضل – بإعادة الإشارة إلى ما وجده Hassan & Desouki (١٩٨٢) ، والذى أكده Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) من أن هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى اختبرت معها .

وعموما .. فإنه يبدو – كما ذكر Phills وآخرون (١٩٧٩) – أن هذا النوع L. chees-

manii – ليس مقاوماً بذاته ، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد . وكان ذلك الاستنتاج قريباً مما توصل إليه Sacher وآخرون (١٩٨٢) بشأن مقاومة النوع L. pennellii للملوحة ؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة علي تحمل الملوحة في سلالات الجيل التاسع للتلقيح :

(New Yorker x L. pennellii) x New Yorker

تأتى من الأبوين –المزروع والبرى – وتتفاعل معاً بطريقة إضافية .

من المفضل اختبار مقاومة النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر ، بدلاً من الرى بمحلول لأحد الأملاح أو لمخلوط من أملاح معينة ؛ ذلك لأن توازن الأملاح الذى يوجد فى ماء البحر يجعله أكثر المحاليل الملحية قرباً إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات ؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنسيوم والكبريتات والكربونات ، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨٠) .

ومن أهم خصائص ماء البحر مايلى :

١ – يبلغ محتواه من الأملاح ٣ر٥ ٪ ؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون .

٢ – يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٥ ر٠ مولاراً ، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءاً فى المليون ، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزءاً في المليون .

٣ – تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٣ ر٤٦ مللى موز / سم (Weast ١٩٧٦) .

ويبين جدول (٣-٣) تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى ، والمحلول المغذى ، وماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩) .

جدول (٣-٣) : تركيز العناصر المغذية الرئيسية فى كل من المحلول الأرضى والمحلول المغذى وماء البحر .

العنصر	التركيز بالجزء فى المليون		
	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠ ويعد غنياً بالعنصر
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠ ويعد غنياً بالعنصر
المغنسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢ ويعد غنياً جداً بالعنصر
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠٫٠٠١ – ٧٠ ر٠ ويعد فقيراً جداً بالعنصر
الفوسفور	٠٫٠١٥	٦٢	أقل من ٠٫٠٠١ – ١ر٠ ويعد فقيراً جداً بالعنصر
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤ ويعد غنياً جداً بالعنصر

أجرى Hassan & Desouki (١٩٨٦) اختبارات التقييم لمقاومة الملوحة بإنتاج شتلات الطماطم فى وسط عادى (مخلوط من الرمل والبيت موس بنسبة ١ : ١) ، ثم شتلها فى أصص بقطر ٢٠ سم – مملوءة بالرمل المغسول – بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص – وريها لمدة ٢ – ٤ أسابيع بمحلول مغذ حتى تستعيد نموها ، ثم تبدأ بعد ذلك معاملة الملوحة ، وتستمر لحين موت جميع نباتات المقارنة ، ويمكن أن تستمر لمدة أسبوع أو أسبوعين آخرين لزيادة فاعلية الانتخاب . وقد أجرى الباحثان معاملة الملوحة بالرى خمس مرات – أسبوعياً – بمحلول مغذ فى ٥٠ – ٧٥ ٪ ماء بحر . استعمل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيفة ، وفى حالات الإضاءة الضعيفة . كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعياً ، بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجياً . كما أدت عملية الغسيل إلى نقل الأملاح إلى منطقة الجذور ؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة فاعلية عملية الانتخاب لمقاومة الملوحة . وقد سجل الباحثان عدد النباتات الميتة بفعل الملوحة يومياً ، وعرضا النتائج كنسبة مئوية متراكمة للنباتات الميتة مع الزمن .

وفى دراسة أخرى .. أجرى Hassan وآخرون (١٩٨٩) اختبار التقييم فى حجرة للنمو ، مع رى البادرات ابتداء من عمر خمسة عشر يوماً – لمدة شهر – بمياه جوفيه خفف فيها

تركيز الأملاح من نحو ٥٠ مللى موز / سم إلى ١٥ مللى موز / سم . أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠ ٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة .

واستخدام Mahmoud وآخرون – فى تقييمهم لمقاومة الملوحة – محلولاً ملحياً يتكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (بنسبة ٣ : ١) ؛ بتركيزات ١٠ آلاف جزء فى المليون ، وكان دليلهم على تحمل الملوحة صفات وزن النبات ، وعدد العناقيد الزهرية ، والمحصول الكلى .

وبالمقارنة .. وجد Cruz وآخرون (١٩٩٠) أن أفضل دليل لاختبارات تحمل الملوحة (اشتملت الاختبارات على ٣٩ سلالة وصنفاً من خمسة أنواع من الجنس Lycopersicon) هو قياسات طول النبات ، والوزن الجاف للأوراق ، والوزنين الجاف والطازج للسيقان ، ومحتوى الأوراق من عنصرى الكلور والصوديوم .

ويعتمد بعض الباحثين – فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة – على أمرين ؛ هما :

١ – مستوى الملوحة المحتمل Salinity Threshold .. وهو الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن للنبات أن يتحمله دون أن ينخفض محصوله .

٢ – الانحدار Slope .. وهو الارتداد الخطى linear regression للنقص فى المحصول، مقابل الزيادة فى مستوى الملوحة بعد المستوى المحتمل .

ويمكن أن يكون المحصول هو محصول الثمار الفعلى فى الأصناف التجارية ، أو الوزن الجاف للسيقان ، وللأوراق فى أى من الأصناف التجارية ، أو السلالات البرية .

وقد استخدم Bolarin وآخرون (١٩٩١) تلك الطريقة فى تقييم ٢١ سلالة تنتمى إلى أربعة أنواع برية من الجنس Lycopersicon ، وكانت أكثر السلالات تحملا للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من L. pimpinellifolium ، وتلتها السلالات PE - 45 ، (L. pennelli) ، و PE- 34 ، و PE - 43 (L. hirsutum)، و PE-16 (L. eperuvianum).

وهناك من الباحثين من اعتمدوا فى اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور فى وسط ملحى . فاختبر Jones (١٩٨٦) سرعة إنبات بذور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية

من الجنس Lycopersicon ، و ٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ ملي مول من كلوريد الصوديوم ، وكانت أسرع السلالات إنباتاً – مرتبة تنازلياً – هى :

السلالة PI 126435 من L. peruvianum .

السلالة LA 716 من L. pennellii .

السلالة PI 174263 من L. esculentum .

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية فى الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم ، وكانت من النوعين L. pimpinellifolium ، و L. peruvianum. هذا .. إلاّ أن معاملة الملوحة أخّرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول) ؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهرياً – كذلك – فى غياب كلوريد الصوديوم . كذلك وجد Sin-el'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطمّ Yusupovskii ، و Karlik 1185 كانا مقاومين ؛ حيث أنبتت بذورهما على درجة حرارة ٢٢°م فى محلول ملحى يحتوى على ٨٥ر٠٪ من كلوريد صوديوم ؛ بنسبة إنبات بلغت ١٠٠ ٪ ، و ٩٦ ٪ للصنفين على التوالى . وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلهما فى أصص وريهما بمحلول ملحى ، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما .

وجرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة وتبعاً لـFillippone (١٩٨٥) .. فإن أفضل تركيز لملح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٥ ر٠٪ . وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعا على بيئة Lin-smaier & Skoog ، أضيف إليها IBA ، و BA . وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يوماً من بداية الاختبار ؛ مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينها فى القدرة على تحمل الملوحة .

كذلك تمكن Bourgeais وآخرون (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى صنف الطماطم سانت بيير St - Pierre ، على صورة زيادة مضطردة فى النمو النباتى ، مع النقل المتكرر إلى بيئات مغذية ، تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم ، وصلت

إلى ٧٥ أو ١٠٠ ملى مول . وقد استمرت الزيادة فى القدرة علي تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث ؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين وقد استخدام الباحثون فى هذه الدراسة – لمزارع الأنسجة – إما النسيج الطرفى للسيقان (بما فى ذلك البرعم القمى والسلاميات الأخيرة) ، وإما نسيج الكالوس المتكون من جذور أو سيقان النباتات .

وفى محاولة لربط جينات المقاومة للملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophoresis دونما حاجة إلى اختبارات التقييم فى وسط ملحى .. قام Zamir & Tal (١٩٨٧) بدراسة الآباء ، والجيل الأول ، والجيل الثانى لهجين نوعى بين الطماطم الحساسة للملوحة ، والنوع البرى L. pennellii المقاوم فوجدا – كما كان معروفا من قبل – أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم . وبتحليل ١١٧ نباتاً من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيماً (موزعة على تسعة من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر) بطريق الفصل الكهربائى .. أمكن التعرف على أربعة مواقع جينية ذات تأثير كمى على امتصاص أيونى الصوديوم والكلورين ، وموقعين آخرين مؤثرين على امتصاص أيون البوتاسيوم .

ثانياً : وراثة القدرة على تحمل الملوحة :

أجمعت الدراسات القليلة – التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة فى الطماطم – على أنها صفة كمية معقدة . ومع ذلك .. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من L. cheesmanii f. minor كمصدر لها (Rush & Epstein ١٩٨١) ، ولكن تطلب الأمر الانتخاب للصفة حتى الجيل الثالث قبل كل تلقيح رجعى (Hassan & Desouki ١٩٨٦) . وكما سبق بيانه .. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح :

(New Yorker x L. pennellii) x New Yorker

أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى) ، وتتفاعل معاً بطريقة إضافية .

ثالثاً : طبيعة القدرة على تحمل الملوحة :

تبين – لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة على كل من الطماطم والنوع البرى L. cheesmanii المقاوم للملوحة – مايلى :

١ – حدثت فى كليهما زيادة فى محتوى النباتات من النيتروجين الأمينى والحموضة الحرة ، وكانت تلك الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى .

٢ – كان الحامض الأمينى برولين proline أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة.

٣ – حدثت كذلك زيادة واضحة جداً فى تركيز الحامض الأمينى أسبارتك aspartic مع زيادة الملوحة ، إلا أنه لم تظهر اختلافات بين الطماطم والنوع البرى فى هذا الشأن .

٤ – صاحبت زيادة الملوحة زيادة كبيرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

٥ – تراكم بأوراق النوع البرى كميات كبيرة من الصوديوم دون أن يتأثر بشدة ، أو تبدو عليه علامات التسمم من الصوديوم ، بينما لم يحدث ذلك التراكم فى أنسجة أوراق الصنف الحساس VF 36 (Rush & Epstein ١٩٧٦) .

كما وجد Rush & Epstein (١٩٨١أ) – من دراستهما على جذور صنف الطماطم والتر Walter والسلالة LA 1401 من L. cheesmanii – أن جذور النوع البرى امتصت كميات من البوتاسيوم أكبر بكثير مما امتصت الطماطم فى أى من تركيزات الملوحة التى استعملت فى هذه الدراسة ، خاصة في التركيزات المنخفضة (من ٠,١ إلى ١,٠ مللى مول كلوريد صوديوم) ، وفى التركيزات المرتفعة (٥٠ – ١٠٠ مللى مول) ؛ وانتقل إلى النموات الخضرية فى النوع البرى كميات من الصوديوم أكبر بكثير مما انتقل إلى الطماطم ، بينما كان انتقال البوتاسيوم من الجذور إلى النموات الخضرية محدوداً . وقد حل الصوديوم – جزئيا – محل البوتاسيوم فى النوع البرى ، بينما لم يحدث ذلك فى الطماطم .

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من L. cheesmanii ببعض أصناف الطماطم ، ووجد أن النوع البرى هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة ؛ وكان مرد ذلك إلى قدرته

على تحمل تراكم الصوديوم فى أوراقه ، وهو العنصر الذى امتصه النوع البرى ونقله إلى الأوراق بمعدلات أكبر من الطماطم ؛ حيث تركز فى أماكن معينة منها .. وهو ما يعرف باسم Compartmentation .

كانت الدراسات السابقة ترتكز على كون السلالة LA 1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها ؛ ولكن دراسات أخرى – سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki ١٩٨٢ ، و Mahmoud وآخرون ١٩٨٦) – أوضحت خلاف ذلك ؛ حيث كانت هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها ، وبالرغم من ذلك .. فلم يتغير نمط تراكم الأملاح بها .. فعندما قارن Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) هذه السلالة (التى كانت أكثر حساسية للملوحة فى اختبارهم) بالصنفين : أيس (المعروف بحساسيته للملوحة) وإدكاوى (الذى كان أكثر تحملاً للملوحة) .. وجدوا أن أوراق السلالة البرية ، والصنف إدكاوى احتوت على تركيزات أعلى من أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور، وتركيزات من أيون البوتاسيوم أقل من أوراق الصنف أيس ، الذى كان – كذلك – أقل نضارة Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة .

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة في الأنسجة النباتية – تحت ظروف الملوحة العالية لا يرتبط بمقاومة النباتات للملوحة ، كما تدل على ذلك دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٣) . وقد قارن الباحثون صنف الطماطم New Yorker بالسلالة P.I.246502 من النوع البرى L. pennellii ، و ١٦ سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (١ ر ٠ مولار كلوريد صوديوم) ، وفى الظروف العادية . وقد أظهرت هذه الدراسة وجود مجال واسع من القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات التربية التى كانت أكثر تحملا من الصنف التجارى . وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطاً – بشكل جوهرى – بالقدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأوراق النباتات ، بينما لم يوجد أى ارتباط بين القدرة على النمو تحت الظروف الملحية وبين التركيز المطلق لأى من الصوديوم أو الكلورين بأوراق النباتات فى هذه الظروف . وتُحدَّد القدرةُ النسبيةُ لتنظيم تراكم الصوديوم بأنها نسبة الأيون بأوراق النباتات النامية تحت الظروف الملحية إلى نسبته بأوراق نفس التركيب الوراثى عند نموه فى الظروف العادية . وتدل النسبة المنخفضة على زيادة قدرة البنات التنظيمية للأيون .

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher وآخرين (١٩٨٢) أن القدرة على تحمل الملوحة فى هذه السلالات كان مردها إلى القدرة على تنظيم استبعاد أيون الصوديوم ، مع زيادة فى قدرة الأنسجة على تحمل الزيادة المتوسطة فى تركيز الملح . كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وآخرون ١٩٨٨) فى مستويات مختلفة من الملوحة أنه – مع زيادة الملوحة – حل الصوديوم محل البوتاسيوم بدرجة واحدة فى جذور الصنفين . لكن هذا الإحلال للبوتاسيوم اختلف بين الصنفين فى الأنسجة الأخرى التى درست ؛ حيث أبقى الصنف المقاوم على تركيزات أعلى من البوتاسيوم فى السيقان والأوراق فى مختلف مستويات الملوحة . ومع زيادة الملوحة ، حافظ الصنف Edkawy على نسبة أفضل بين أيونى البوتاسيوم والصوديوم فى كل الأنسجة ، وبين أيونى الكالسيوم والصوديوم فى الجذور من الصنف الحساس E6203 . أما أيونى الكلورين .. فقد كان الأنيون الرئيسى المؤثر فى حالة التوازن فى النبات : فقد تراكم – بدرجة أكبر – فى الجذور ، وبدرجة أقل فى السيقان والأوراق فى الصنف الحساس عما فى الصنف المقاوم – خاصة فى المستويات العالية من الملوحة (حتى ٢٥٠ ملى مول كلوريد صوديوم) – بينما كانت مستويات الصوديوم أقل فى الجذور وأعلى فى الأوراق فى الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨أ) .

وعن مستوى البرولين proline فى النباتات المعرضة لظروف الملوحة .. سبقت الإشارة إلى ما وجده Rush & Epstein (١٩٧٦) من أنه أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة . وقد قارن Katz & Tal (١٩٨٠) مستوى البرولين المتراكم فى أنسجة الكالوس المتحصل عليها من أوراق أصناف الطماطم التجارية والنوع البرى L. peruvianum فى بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين . ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعى فى أنسجة الكالوس الخاصة بالأصناف التجارية ازداد عند تعرضها لزيادة كلوريد الصوديوم ، بدرجة أكبر مما حدث فى أنسجة النوع البرى ، وكان مماثلاً لما يحدث – عادة – فى النباتات الكاملة لدى تعرضها لظروف قاسية . وقد تراكم البرولين فى أنسجة الكالوس النامية فى بيئة أضيف إليها البرولين بدرجة واحدة فى الطماطم والنوع البرى إلا أن تركيز الحامض الأمينى تناقص فى أنسجة الكالوس – مع الوقت – فى

النوع البرى بدرجة أكبر مما فى الطماطم .

رابعاً : التقدم فى التربية لمقاومة الملوحة :

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA 1401 من النوع البرى L. cheesmanii f. minor ، وأنتجا الجيلين الأول والثانى ، والتهجينات الاختبارية ، والجيل الثالث للتهجين الرجعى الأول إلى صنف الطماطم . وقد انتخبا من هذا الجيل الرجعى الأول سلالات كانت على درجة عالية من المقاومة للملوحة ؛ حيث أمكنها البقاء ، وأنتجت محصولاً من الثمار ، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية ، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠ ٪ . ويبين شكل (٣-١ ، فى آخر الكتاب) أوراق وثمار النوع البرى ، والطماطم ، وثمار السلالات المنتخبة من التهجين الرجعى الأول للطماطم .

وقد حصل Hassan & Desouki (١٩٨٦) - كذلك - على سلالات مشابهة فى الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الأول بين صنف الطماطم Peto 86 ونفس السلالة البرية السابقة .

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضاً على سلالات مقاومة للملوحة ، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأولى إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى L. pennellii . ويتضح مما تقدم أن محاولات التربية لمقاومة الملوحة - التى نما علمها للمؤلف - لم تتعد - إلى الآن - مرحلة التهجين الرجعى الأول .

التربية لتحمل النمو فى الأراضى الحامضية

لا تجود زراعة معظم محاصيل الخضر - بما فى ذلك الطماطم - فى الأراضى العالية الحموضة التى يقل فيها الـ pH عن ٥ ر٥ ، وهى الأراضى التى يصبح فيها الحديد والألومنيوم ذائبين بدرجة عالية ، بحيث يصبح تركيزهما ساماً للنباتات . وقد ذكر Foy وآخرون (١٩٧٣) أنه وجدت اختلافات جوهرية بين أصناف الطماطم فى قدرتها على النمو فى أراض ذات pH ٢ ر٤ . وكانت أكثر الأصناف حساسية هى Tuckers Favorite ، وAnahu ، وأكثرها تحملاً Ace ، و Owyhee .

وقد احتوت جذور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما فى جذور

الأصناف الحساسة . ويعنى ذلك أنه يمكن التربية لإنتاج أصناف من الطماطم تصلح للزراعة فى الأراضى الحامضية التى لا يمكن علاجها بصورة اقتصادية .

التربية لتحمل نقص العناصر الغذائية

أجريت دراسات عديدة ؛ بهدف زيادة قدرة الطماطم -وراثياً - على تحمل نقص العناصر الغذائية . ويفيد ذلك عند الزراعة فى الأراضى الفقيرة بطبيعتها فى هذه العناصر، وفى الأراضى القلوية التى يثبت فيها كثير من العناصر فى صورة غير ميسرة للنبات ، وفى المناطق الى لا يوجد فيها وعى بأهمية عملية التسميد . ففى هذه الحالات .. تستفيد النباتات - التى تتحمل نقص العناصر - من القدر الضئيل الذى قد يكون متوفراً منها فى التربة . ونذكر - فيما يلى - جهود التربية فى هذا المجال مقسمة حسب العناصر :

١ - النيتروجين :

قيم O'sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذ ، يحتوى على مستوى منخفض من الآزوت ؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجراماً فقط لكل نبات ، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر ، معبراً عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التى يُصَنِّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص . وتحت هذه الظروف .. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة أعلى بمقدار ٤٥ ٪ من السلالات القليلة الكفاءة .

وقد تبين من الدراسات الوراثية - التى أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة فى الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت - أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات ، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة ، مع ظهور تفاعلات أليلية من النوع الإضافى × الإضافى .

٢ - الفوسفور :

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافا فى معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور فى بيئة الزراعة ، علماً بأن هذه السلالات تتماثل فى معدل نموها فى ظروف التغذية الطبيعية . وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣ ٪ . وأوضحت

الدراسة أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن أو طول الجذر كان عاملاً أولياً فى تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر . كذلك كان لمدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور الممتص دور هام فى إبراز فروق النمو بينهما تحت ظروف نقص العنصر .

ونظراً لأن الفوسفور لا ينتقل فى التربة .. فإن كفاءة النباتات فى الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذرى فى التربة (عن Bliss ١٩٨١) . وقد أوضحت دراسات Coltman (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة فى امتصاص العنصر ، كما كانت شعيراتها الجذرية – تحت ظروف نقص العنصر – أطول ، وغطّت الجذور لمسافة أطول مما فى السلالات الحساسة .

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة فى امتصاص الفوسفور من محلول مغذ يحتوى على العنصر – بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومول – أن السلالة P.I. 121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة . وقد تميزت هذه السلالة – دون غيرها – بكثافة شعيراتها الجذرية ؛ لذا أطلق على هذا الشكل المظهرى اسم الجذر القطنى Cottony root . وبرغم أن سلالة أخرى – هى P.I.1102716 – كانت على نفس القدر من الكفاءة فى امتصاص الفوسفور ..إلا أن جذورها كانت عادية . وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطنى متنحية ، ويتحكم فيها جين واحد أُعطى الرمز crt.

٣ – البوتاسيوم :

قيم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات ، ووجدوا اختلافات كبيرة بينها فى كفاءتها فى استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر ؛ معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم الممتص . وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة فى الاستفادة من البوتاسيوم – تحت هذه الظروف – يزيد بمقدار ٧٩ ٪ عن أقل السلالات كفاءة . وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩ ٪ ، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩ ٪ فى أنسجتها مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة . وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التى تتحكم فى الكفاءة العالية ذات تأثير إضافى أساساً ، بينما كان

تأثير السيادة والتفوق أقل .

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضرورياً لنمو الطماطم ، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم فى أمور عامة ؛ مثل تنظيم الضغط الآسموزى لذا .. فإن فصل تأثيرات كفاءة أستفادة النبات من عنصر البوتاسيوم - فى الأمور التى ليس للصوديوم علاقة بها - عن التأثيرات فى الأمور التى يكون للصوديوم علاقة بها .. يعد ضرورياً لتحديد كفاءة السلالات فى الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل ؛ وبناء على ذلك .. قام Figdore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم فى محلول مغذ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠٧١ ر٠ ملى مول فى غياب ، أو وجود الصوديوم (المضاف) ؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات فى كفاءة استعمال البوتاسيوم ، وفى كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم ، وفى تراكم الصوديوم بالأوراق العليا .

واعتماداً على النتائج المتحصل عليها .. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الصفات السابقة ، وأجريت بينها كل التلقيحات الممكنة لدراسة وراثة تلك الصفات . وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم - فى غياب الصوديوم - منخفضة ، وتتأثر جوهرياً جداً بكل من فعل الإضافة والسيادة والإضافة × الإضافة . وكانت درجة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية ، وتأثرت جوهرياً جداً بفعل الإضافة والسيادة . كذلك كانت درجة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق العاليا عالية ، وتأثرت - جوهريا جداً - بفعل الإضافة . هذا .. وكان Makmur وآخرون قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة .

٤ - الكالسيوم :

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفاً وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ٥ر١٦ ملليجراماً كالسيوم لكل نبات ، ووجدا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر ، معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص . كانت أكثر

السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I.205040 ، والسلالة P.I.129021 من الهجين النوعى L. esculentum × L. pimpinellifolium اللتين احتفظتا بكفاءتهما العالية حتى فى المستويات المرتفعة من الكالسيوم .

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم ، ووجودا اختلافات وراثية بينها فى كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها ؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزناً جافاً يزيد بمقدار ٨١ ٪ على السلالات القليلة الكفاءة ، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقارباً حينما كان الكالسيوم متوافرا بتركيز كاف قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات . وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر ، وأكثر كفاءة فى الاستفادة مما تمتصه منه .

كما تبين من دراسة وراثية - أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة - أن هذه الصفة تتأثر أساساً بالفعل الإضافى للجينات . وفى دراسة وراثية أخرى -أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) - وجد أن الكفاءة (معبراً عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكمة فى الصفة ، التى تراوحت درجة توريثها - على النطاق العريض - من ٦٣ ٪ إلى ٧٩ ٪ ، وعلى النطاق الضيق .. من ٤٧ ٪ إلى ٤٩ ٪ ، ومن ٦٨ ٪ إلى ٧٥ ٪ فى عائلتين مختلفتين .

٥ - الحديد :

وجد أن سلالة الطماطم T 3820 غير قادرة على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفى بحاجة النبات من هذاالعنصر ؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعى ، بالرغم من توفر العنصر للنبات . وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح (Brown وآخرون ١٩٧٢) .

٦ - البورون :

أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات نفس السلالة السابقة (T 3820)

كانت – كذلك – غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفأ ١٥ مرة منها فى امتصاص العنصر .

كما اكتشف Wall & Andrus(١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة – أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem – لا يمكنها نقل البورون داخل النبات . وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز btl .

التربية لتحمل تلوث البيئة

أولى الباحثون مقاومة الأوزون اهتماماً خاصاً ؛ لأنه من أكثر المركبات إسهاماً فى تلوث البيئة . فقيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة ، ووجدوا أن النوع L. pimpinellifolium أكثرها حساسية ، والنوع L. esculentum أقلها حساسية للأوزون . وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هى P.I.203229 ، و P.I.247089 ، و P.I. 304234 ، و P.I. 309915 ، و VFN8 .

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفاً من الطماطم للأوزون بتعريضها لتركيز ٤٠ (pphm) لمدة ساعة ونصف فى الصباح ، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز فى المساء كان الضرر أكبر منه فى الصباح ، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF ، و Red Cherry ، وأقلها حساسية (أى أقلها تضرراً من الغاز) هى VF 145 - B و Heinz 1439 . كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هى P.I. 109835 ، و P.I.237136 ، و P.I. 285663 ، و P.I. 303792 ، و New Yorker ، و Heniz 1439 .

التربية للتأقلم على وسائل الإنتاج

كثيراً ما يتطلب الجانب الاقتصادى استحداث طرق جديدة فى إنتاج المحصول ، تكون أقل تكلفة من سابقتها . ونظراً لأن هذا الجانب غالباً ما يفرض وجوده .. فإن الأنظار تتجه إلى المربى لإنتاج أصناف جديدة تساير هذه التغيرات الجديدة فى وسائل الإنتاج . وكمثال على ذلك .. نتناول بالدراسة . فى هذا المقام – موضوعين ؛ هما التربية للصلاحية للحصاد

الآلى (واليدوى) ، والتربية للقدرة على تحمل مبيدات الحشائش الهامة .

التربية لصلاحية للحصاد الآلى

كانت بداية الحصاد الآلى للطماطم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية فى الستينيات ، ومنها انتشرت تلك الطريقة فى الحصاد فى بقية أرجاء العالم . وحالياً .. تحصد جميع حقول طماطم التصنيع فى كاليفورنيا آلياً ، كما أن نسبة حقول طماطم الاستهلاك الطازج التى تحصد آليا آخذة فى الازدياد . 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 .

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

وتحصد أصناف التصنيع عندما تبلغ نسبة الثمار فى أية درجة من درجات التلوين ٨٠ ٪ ، ويفضل أن تكون النسبة ٩٠ ٪ ، ويتوقف حصادها آلياً عندما توجد نسبة عالية من الثمار الزائدة النضج ؛ لأنها تكون طرية ، وتتهتك ، وتعيق عملية الفرز ، وتبطىء 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 مركزاً ، وأن تكون النباتات محدودة النمو .

٢ - أن تكون الثمار صلبة ؛ لكى تتحمل عمليات الحصاد والتداول دون الحاجة إلى

استعمال عبوات صغيرة .

٣ – تفضل – بالنسبة لأصناف التصنيع – الأشكال المربعة الدائرية ، 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 – حتى تنضج بقية الثمار . ولاينطبق هذا الشرط على أصناف الاستهلاك الطازج التى تحصد آلياً؛ وذلك لأنها تحصد أثناء طور النضج الأخضر ، أو فى بداية التلوين .

٥ – تفضل الأصناف التى تتفصل 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 ماكينة الحصاد .

٦ – تفضل الأصناف ذات الثمار العديمة المفصل jointless (شكل ٣ –٢) ؛ حتى لايتبقى جزء من العنق بعد الحصاد يمكنه أن يخترق الثمرة المجاورة . ويعد هذا الشرط أكثر ضرورة فى أصناف الاستهلاك الطازج التى تحصد آلياً .

شكل (٣ –٢) : ثمار عديمة المفصل jointless من الصنف Floradade .

يتكون عنق الثمرة فى الثمار العديمة المفصل من جزء واحد لايحتوى على مفصل joint ؛ كالذى يوجد في ثمار الأصناف التى تتكون في عنقها منطقة انفصال abcession zone . وتفيد هذه الصفة فيما يلى :

أ – تمنع انفصال وسقوط الثمار مبكراً قبل التقاط ماكينة الحصاد للثمار .

ب – تجعل انفصال الثمار من العنق تاماً ، 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 (عن Robinson ١٩٧٤ ، و Stevens ١٩٧٩) .

ويوجد جينان يؤثران على صفة انعدام المفصل ، هما :

(١) الجين J - 2 : ومصدره إحدى سلالات النوع البرى L. cheesmanii . وهذا الجين يلغى المفصل نهائياً .

(٢) الجين J - 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 أنتج 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 Wihtaker ١٩٧٩) . وللتفاصيل الخاصة لقصة إنتاج هذا الصنف .. يراجع Stevens & Rick (١٩٨٦) . يتوفر فى هذا الصنف عدد كبير من الصفات التى سبقت الإرشارة 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 ، 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 ، و E 6203 .

التربية للصلاحية للحصاد اليدوى

لا يتضمن الحصاد اليدوى أية تقنيات جديدة ، ولكن مربى الطماطم يحاولون خفض تكاليف تلك العملية بإنتاج أصناف جديدة يسهل حصادها يدوياً . 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 جداً ؛ حيث كان كل التباين الوراثى فيها إضافياً .

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 .

وتمشياً مع هذا الاتجاه .. قيمّ Coyne & Burnside (١٩٦٨) ٥٠٨ من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة منها ؛ لمقاومة مبيد الحشائش 2 , 4 - D ، ووجدا ما يلى :

١ – كانت أكثر السلالات قدرة على تحمل المبيد هى :P.I.129131 ، و P.I.190858 ، و P.I. 203229 . استعادت هذه السلالات نموها – بشكل جيد – بعد فترة من تعرضها

للمبيد .

٢ – كان أكثر الأصناف قدرة على تحمل المبيد الصنف Roma ، الذى لم يتأثر محصوله إلا قليلاً نتيجة للمعاملة به . كذلك أجريت دراسات استهدفت التربية لمقاومة مبيد الحشائش متر يبوزين Metribuzin ، الذى يستخدم فى حقول الطماطم ؛ إما قبل الزراعة، وإما بعد الإنبات ، ولكن المعاملة الأخيرة تُحدث – أحيانا أضراراً – كبيرة بالطماطم ، خاصة فى الجو الملبد بالغيوم . وقد قيمّ Phatak & Jaworski (١٩٨٥) ٢٩٣ صنفا من الطماطم ، و ١٩٨٦ سلالة من سبعة أنواع من الجنس Lycopersicon ، ووجدا أن أكثرها قدرة على تحمل المبيد كانت هى سلالتا الطماطم UG 113 MT ، و uGA 1160 MT اللتان تحملتا تركيزات بلغت ١٦ ضعف التريكز الموصى به (وهو ١٢ر١ كجم / هتكار) حتى فى الجو الملبد بالغيوم . وكان Machado وآخرون (١٩٨٢) قد ذكرا أن صنفى الطماطم Vision ، و Fireball يتحملان هذا المبيد ، واستخداماهما فى دراسة وراثية مع الصنف الحساس Heinz 1706 ، استدلا منها على أن القدرة على تحمل المبيد (معبرا عنها بغياب أعراض التسمم ، وطول البادرات ، ووزنها الجاف) صفة بسيطة سائدة ، تتأثر بجينات أخرى محورة ، وذات درجة توريث عالية ، قدرت على النطاق العريض بنحو ٥٨ ٪ إلى ٧٢ ٪ .