هذا.. ولم يستفد - إلى الآن - من ظاهرة العقد البكرى فى الفلفل فى التغلب على ظاهرة سوء العقد فى الظروف البيئية القاسية برغم توفر هذه الظاهرة فى الفلفل. وقد اكتشفها Curtis & Scarchuk (١٩٤٨)، ووجدا أنها صفة بسيطة ومتنحية.

الفاصوليا

وجد Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أن صفة القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة - فى مختلف مراحل النمو - فى الفاصوليا تورّث مستقلة. وقد تمكنا من انتخاب سلالات ذات قدرة على العقد الجيد فى حرارة ١٦م من التلقيح NY 590 x BBL 92 .

المانجو

برغم عدم توفر صفة القدرة على تحمل البرودة الشديدة فى المانجو، إلاّ أن الأصناف تختلف فى مدى تأثرها بالحرارة المنخفضة لفترة طويلة خلال مرحلة الإزهار، حيث يتأثر محصول المانجو بشدة - كماً ونوعاً - وتظهر الحالة الفسيولوجية التى يطلق عليها - فى فلوريدا - كرة الجولف golf ball ، أو الخلو من البذور seedlesness ، أو الثمار غير المكتملة النمو nubbins.

وأكثر الأصناف تأثراً بهذه الحالة الصنف هادن Haden الذى يعطى ثماراً بكرية، ويكون عديم القيمة الاقتصادية فى مثل هذه الظروف (Knight ١٩٧١).

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لتحمل الحرارة المنخفضة - بصورة عامة - يراجع كل من: Li & Saki (١٩٧٨) ، و Christiansen (١٩٨٢)، و Marshall (١٩٨٢).

ثانياً : تحمل الحرارة المرتفعة

تقسم النباتات الراقية - من حيث تحملها للحرارة العالية إلى فئتين، هما :

١ - نباتات وسطية Mesophiles :

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكنها تحملها من ٣٥ - ٤٥م.

٢ ـ نباتات متوسطة التحمل للحرارة العالية Moderate Thermophiles

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكنها تحملها من ٤٥ ـ ٦٠°م.

هذا.. وتموت غالبية النباتات العشبية لدى تعرضها لحرارة قريبة من ٥٠°م، بينما يمكن للأنواع الخشبية تحمل حرارة تصل إلى ٦٠°م لفترات قصيرة.

ويتحدد مدى الضرر الذى يحدث للنباتات بمدة التعرض للحرارة العالية، وبمدى توفر الرطوبة الأرضية، لتأمين معدلات نتح عالية، يمكن أن تعمل على خفض درجة حرارة الأوراق.

ونجد ـ بصورة عامة ـ أن أعضاء التخزين المتشحمة ترتفع درجة حرارتها عن حرارة الهواء المحيط بها، بسبب الحرارة الناتجة من النشاط الأيضى، والتى لا تتسرب منها ـ إلى الجو المحيط بها ـ بسرعة كافية. هذا.. بينما تكون حرارة الأوراق أقل من حرارة الهواء المحيط بها ببضع درجات بسبب النتح. ويستثنى من ذلك الأوراق التى تكون مواجهة تماماً للأشعة الشمسية، حيث قد ترتفع حرارتها بضع درجات عن حرارة الهواء المحيط بها.

طبيعة الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية

تقسم الأضرار التى تنشأ عن تعرض النباتات للحرارة العالية إلى ثلاث فئات، كما يلى:

١ ـ أضرار بسيطة نسبياً:

وهى الأضرار التى تترتب على رفع الحرارة العالية لمعدلات كل من النتح والتنفس؛ حيث تؤدى زيادة النتح عن قدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة إلى ظهور أضرار الجفاف Drought Injury، بينما تؤدى زيادة معدل التنفس عن معدل البناء الضوئى إلى ظهور أضرار نقص الغذاء Starvation Injury.

وترجع الزيادة الحادة التى تحدث فى معدل النتح ـ عند ارتفاع درجة الحرارة ـ إلى عاملين؛ هما:

أ ـ التأثير المباشر للحرارة على انتشار الماء Diffusion Constant of Water، الذى يزيد بارتفاع الحرارة.

ب ـ زيادة الفارق فى ضغط بخار الماء بين المسافات البينية لأنسجة الورقة والهواء المحيط بها، فنجد ـ مثلاً ـ أن ارتفاع حرارة الورقة بمقدار ٥° مئوية عن حرارة الهواء المحيط بها يعادل حدوث انخفاض فى الرطوبة النسبية للهواء المحيط بها بمقدار ٣٠٪.

ونجد تحت ظروف الحقل أن أضرار الجفاف تكون مصاحبة للحرارة العالية إلى درجة يصعب معها فصل تأثير العاملين فى المحصول، حتى مع توفر الرطوبة الأرضية أحياناً.

ومن الطبيعى أن يتوقف النمو النباتى عند ارتفاع الحرارة إلى مستوى يقل عن الحرارة التى تقتله فى الحال. وكلما ازدادت فترة تعرض النباتات لدرجة الحرارة التى يتوقف عندها نموه احتاج إلى فترة أطول ليستعيد نموه الطبيعى بعد عودة الحرارة إلى الاعتدال. ويمكن إظهار الضرر التدريجى الذى يحدث إبّان تعرض النباتات للحرارة العالية بقياس معدل التنفس. فبعد فترة من التعرض للحرارة العالية ينخفض معدل التنفس تدريجيا إلى أن يتوقف تماماً مع انتهاء مخزون الغذاء فى النبات، لأن الحرارة المثلى للتنفس تزيد على تلك التى تناسب البناء الضوئى.

٢ ـ أضرار متوسطة الشدة:

ترجع الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية إلى تأثيراتها المباشرة على المراحل الأيضية الحساسة للحرارة، والتى يترتب عليها نقص فى أحد المركبات الهامة للنبات، أو تراكم مركبات معينة إلى درجة السمية، مثل تراكم الأمونيا فى الحرارة العالية.

كما يدخل ضمن الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية كل من: دنترة البروتينات، وسيولة الدهون (وما يترتب عليها من حدوث أضرار بالأغشية الخلوية)، وفقد الأحماض النووية، وخاصة حامض الـ RNA.

٣ ـ أضرار شديدة :

تحدث الأضرار الشديدة نتيجة لحدوث تفاعلات كيميائية معينة فى درجات الحرارة الشديدة الارتفاع، يترتب عليها موت الأعضاء النباتية حتى المنخفضة الرطوبة منها، مثل

البذور. ومن أمثله.. هذه التفاعلات زيادة معدل فقد البروتينات عن معدل تمثيلها؛ الأمر الذى يترتب عليه حدوث فقد فى الإنزيمات، وأضرار بالأغشية الخلوية. وقد يحدث الضرر نتيجة زيادة معدل هدم المركبات الهامة، أو نقص معدل تمثيلها، أو لكلا السببين.

وتتميز الأضرار المباشرة للحرارة العالية عن الأضرار غير المباشرة فى أن ظهورها يمكن أن يحدث بعد فترة قصيرة من التعرض للحرارة العالية. ونجد - على سبيل المثال - أن الـ Q_{10} لدنترة البروتين عالٍ جداً، حيث يتراوح من ٧١ - ١٢٠ لعديد من الأنواع المحصولية.

وسائل حماية النباتات لنفسها من أضرار الحرارة العالية

تقوم النباتات بحماية نفسها من أضرار الحرارة العالية بإحدى وسيلتين، هما :

١ - تفادى أضرار الحرارة Heat Avoidance:

لا يعنى تفادى النبات لأضرار الحرارة العالية أن تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الهواء المحيط به، وإنما أن يكون النبات قادراً على البقاء فى درجات حرارة لا تتحملها نباتات أخرى، وهو ما يحدث بالوسائل التالية:

أ - العزل الحرارى Insulation:

وهو ما يحدث فى جذوع الأشجار الكبيرة بفعل طبقة القلف السميكة التى توجد فيها.

ب - انخفاض معدل التنفس :

ربما لا يكون هذا العامل مهما فى الأوراق (حيث يكون تأثيره قليلاً جداً مقارنة بالحرارة التى تكتسبها الأوراق من جراء تعرضها للأشعة الشمسية)، ولكنه يكتسب أهمية كبيرة فى أعضاء التخزين الشحمية.

جـ - عدم اكتساب الأوراق الطاقة الضوئية الساقطة عليها:

يتحقق ذلك من خلال ظاهرة الانعكاس Reflectance ، والنفاذية Transmissivity، علما

بأن وجود الشعيرات وغيرها من الزوائد الورقية يزيد من ظاهرة انعكاس الضوء. وتتأثر النفاذية بلون الأوراق وسمكها، حيث تزيد فى الأوراق ذات اللون الأخضر الفاتح والقليلة السمك.

د ـ التبريد بالنتح Transpirational cooling:

يعتقد أن النتح يزيل نحو ٢٣٪ من الحرارة التى يكتسبها النبات خلال فترة منتصف النهار، وتتوقف مدى فاعليته على سرعة الرياح، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية.

٢ ـ تحمل الحرارة Heat Tolerance:

يتحمل النبات الحرارة العالية لأسباب قد يكون منها: زيادة معدل البناء الضوئى، ونقص معدل التنفس، وعدم تراكم السموم أو إبطال مفعولها، ووجود بعض المركبات الهامة بتركيزات عالية؛ فلا يترتب على نقصها قليلاً ـ بفعل الحرارة العالية ـ تأثيرات ضارة على النبات. كما قد يحدث التحمل للحرارة العالية نتيجة زيادة ثبات البروتينات تحت هذه الظروف، أو سرعة عودتها إلى حالتها الطبيعية إذا ما حدثت لها دنترة جزئية.

الأساس الفسيولوجى لتحمل الحرارة العالية

تُظهر بعض الأنواع النباتية تحملاً كبيراً للحرارة العالية من خلال ظواهر فسيولوجية محددة، لعل أبرزها أيض حامض الكراسيولاسيان Crassulacean Acid Metabolism (تكتب اختصارا: CAM). ففى هذه الحالة (حالة الـ CAM) تغلق الثغور فى أشد ساعات النهار حرارة. كما أن النباتات ذات مسار البناء الضوئى C_4 أكثر تحملاً للحرارة العالية عن النباتات ذى المسار C_3؛ لأن الأولى أكثر كفاءة فى الاستفادة من التركيزات المنخفضة لغاز ثانى أكسيد الكربون فى المسافات البينية للخلايا. كذلك تتوفر بين النباتات الـ C_4 ـ التى تتباين فى تحملها للحرارة العالية ـ اختلافات فى مدى ثبات إنزيم RuBP carboxylase فى ظروف الحرارة العالية، وفى كفاءة تمثيل الغذاء المجهز بها، وانتقاله إلى الأعضاء الأكثر تأثرا بالحرارة العالية.

١ ـ أيض حامض الكراسيولاسيان CAM :

يتميز الـ CAM بحدوث تغيرات يومية في محتوى الأحماض العضوية، يقابلها تغيرات عكسية في المواد الكربوهيدراتية؛ فنجد أن حامض الماليك يتراكم تدريجيا أثناء الظلام، بينما تختفي المواد الكربوهيدراتية. ويعقب ذلك ـ خلال فترة الضوء التالية ـ اختفاء حامض الماليك وظهور المواد الكربوهيدراتية نتيجة لتمثيل غاز ثاني أكسيد الكربون ـ الناتج من حامض الماليك ـ بواسطة النباتات ذات المسار الأيضي C_3 . وعليه.. فإن الـ CAM يعرف بأنه «تدفق الكربون» Carbon Flow من خلال حامض الماليك المتكون في الظلام، حيث يصبح حامض الماليك هو مصدر الكربون لتمثيل غاز ثاني أكسيد الكربون في عملية البناء الضوئي.

كذلك يتميز الـ CAM بأن الثغور تفتح ليلاً وتغلق نهاراً، وبذا.. فإن غاز ثاني أكسيد الكربون الخارجي يخزن في حامض الماليك ليلاً، ثم يستعمل في البناء الضوئي في النباتات ذات المسار C_3 خلال النهار التالي.

وأخيراً .. فإن النباتات التي يحدث فيها الـ CAM تتميز أيضاً بكونها عصيرية، وباحتواء أوراقها وسيقانها على عدة طبقات من الهيبودرمز hypoderms التي تحيط بخلايا برانشيمية كبيرة تحتوي على بلاستيدات خضراء، ويوجد فيها فجوات كبيرة لخزن الماء، وكمية صغيرة من السيتوبلازم المحيط بتلك الفجوات. ويعتقد أن الـ CAM يحدث في هذه الخلايا، وأن الفجوات الكبيرة التي توجد بها هي لتخزين حامض الماليك.

ونظراً لانغلاق الثغور أثناء النهار في النباتات التي يحدث فيها الـ CAM.. فإن حصة النتح Transpiration Ration (وهي نسبة وزن الماء المفقود بالنتح إلى وزن الكربون المكتسب بالبناء الضوئي) تكون منخفضة فيها، حيث تتراوح من ٤٠ ـ ٧٢، مقارنة بنحو ١٠٠ ـ ٣٠٠ في النباتات ذات المسار C_4، وأكثر من ٥٠٠ في النباتات ذات المسار C_3 التي لا يحدث فيها الـ CAM.

٢ ـ البناء الضوئي ذو المسار C_4:

للمسار البنائى C_4 مميزات خاصة فى ظروف الحرارة العالية والجفاف ـ مقارنة بالمسار C_3 ـ فهو يفيد فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى خلايا الحزم؛ الأمر الذى يسمح باستمرار دورة كالفن Calvin Cycle فى ظروف أفضل بالنسبة لتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون المُحدّد لمعدل البناء الضوئى أثناء ارتفاع درجات الحرارة.

وبرغم أن هذه الخاصية التى توجد فى النباتات الـ C_4 تزداد أهميتها للنبات مع ارتفاع درجة الحرارة ـ وخاصة عندما يكون هذا الارتفاع مصاحباً بزيادة فى شدة الإضاءة ـ إلاّ أنه تقل أهميتها فى الحرارة المنخفضة، وتنعدم تماماً فى الإضاءة الضعيفة. ومع ذلك فلا تعرف أية مساوئ للمسار الأيضى C_4.

ويعرف المسار الأيضى C_4 فى عديد من العائلات النباتية، كما يوجد كلا المسارين ـ الـC_3 والـC_4 ـ فى عدد من الأجناس، مثل الجنس Atriplex . وبالتهجين بين نوعين تابعين له، هما: A. rosa نو المسار C_4، و A. triangularis نو المسار C_3 كان الجيل الأول وسطاً بينهما فيما يتعلق بخصائص ونشاط الإنزيمات المسئولة عن البناء الضوئى. وبرغم أن عدد الجينات التى تتحكم فى كل مكون من مكونات المسار البنائى قليل، إلاّ أن الصفة نفسها تبدو كمية ومعقدة.

٣ ـ التباين فى ثبات إنزيم RuBPcase فى الحرارة العالية :

إن الإنزيم الرئيسى فى عملية البناء الضوئى فى النباتات ذات المسار C_3 هو ribulose bisphosphate carboxylase (اختصاراً: RuBPcase)، وهو إنزيم حساس للحرارة العالية. وتوضح الدراسات التى أُجريت فى هذا الشأن وجود اختلافات وراثية فى مدى ثباتّ هذا الإنزيم بين الأصناف التى تختلف فى مدى تحملها للحرارة العالية.

فمثلاً.. تعقد ثمار صنف الطماطم سالادت Saladette فى الحرارة العالية نسبياً، بينما لا يحدث ذلك فى الصنف الحساس روما Roma، وقد أُرجع ذلك ـ جزئياً ـ إلى اختلاف الصنفين فى مدى تأثر البناء الضوئى فيهما بالحرارة العالية، حيث كان الصنف سالادت

أقل تأثرا . وبمقارنة نشاط إنزيم RuBPcase فيهما .. وجد أن تعريض الإنزيم خارج النبات(in vitro) لحرارة ٥٠م لمدة ساعة خفض نشاطه بمقدار ٧٥٪ في الصنف روما، بينما لم يكن للمعاملة أية تأثيرات على نشاطه في الصنف سالادت.

٤ ـ التباين في كفاءة انتقال الغذاء المجهز إلى الأعضاء النباتية الأكثر تأثراً بالحرارة العالية :

تلعب القدرة على نقل الغذاء المجهز ـ بكفاءة عالية ـ تحت ظروف الحرارة العالية دوراً هاماً في النباتات التي تزرع ثمارها أو بذورها. فمن المعروف أن سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد يعد أمراً شائع الحدوث في درجات الحرارة العالية، وتلزم زيادة كفاءة انتقال الغذاء من أماكن تصنيعه بالأوراق إلى تلك الأعضاء النباتية لتجنب سقوطها؛ نظراً لزيادة معدل التنفس؛ ومن ثم زيادة استهلاك المواد الكربوهيدراتية أثناء ارتفاع درجة الحرارة.

ولقد وجد أن صنف الطماطم سالاديت ـ الأكثر قدرة على العقد في الحرارة العالية في الصنف الحساس روما ـ أكثر كفاءة في نقل الغذاء المجهز من الأوراق إلى الأزهار والثمار الحديثة العقد أثناء ارتفاع درجة الحرارة. وتتوفر أدلة على أن هذا التحسن في كفاءة انتقال الغذاء المجهز في الصنف سالاديت مرده إلى زيادة سرعة تحلل السكروز المتوفر بأوراقه إلى فركتوز وجلوكوز، حيث ارتبط معدل انتقال المواد الكربوهيدراتية بقوة بنسبة السكروز: الفركتوز والجلوكوز. كذلك نقص محتوى الأوراق من النشا ـ في هذا الصنف ـ بسرعة كبيرة في الحرارة العالية مقارنة بالصنف روما، مما يدل على أن الغذاء المجهز ينتقل ـ في الصنف سالاديت ـ بمعدلات عالية من أماكن تصنيعه إلى حيث تحتاج إليه الأزهار ـ والثمار الحديثة العقد خلال فترات ارتفاع درجات الحرارة.

ويرتبط بهذا الأمر ـ كذلك ـ ما وجد من بطء تكوُّن الكالوس في الأنابيب الغربالية للصنف سالاديت ـ خلال فترات ارتفاع الحرارة ـ مقارنة بما يحدث في الصنف روما الحساس للحرارة.

٥ ـ التباين فى استجابة إنزيم Nitrate Reductase للحرارة العالية:

أوضحت دراسة أجريت على ثلاث سلالات من الذرة مرباة تربية داخلية وحساسة للحرارة العالية، وثلاث أخرى أكثر تحملاً للحرارة وجود اختلافات بينها فى نشاط كل من إنزيمى Nitrate Reductase ، و Nitrite Reductase ، حيث لم يثبط نشاط إنزيم الـ Nitrate Reductase فى السلالات المتحملة للحرارة، وفى إحدى السلالات الحساسة ـ لدى تعريضها لحرارة ٤٠ ـ ٤٥م ـ مقارنة بالسلالتين الحساستين الأخريين (عن Stevens ١٩٨١).

طرق التقييم لتحمل الحرارة العالية

يصعب كثيرا التحكم فى درجة الحرارة تحت ظروف الحقل، كما لا يمكن ـ غالباً ـ فصل تأثير الحرارة العالية عن تأثير الجفاف فى تلك الظروف الطبيعية؛ ولذا.. فإن محاولة إجراء التقييم لتحمل الحرارة العالية تحت ظروف الحقل لا تكون مجدية فى معظم الحالات، ويتعين ـ غالباً ـ إما إجراء اختبار التقييم تحت ظروف متحكم فيها فى البيوت المحمية، وإما الاعتماد على الاختبارات المعملية غير المباشرة، مثل:

١ ـ قياس درجة التسرب الأيونى (بقياس الزيادة فى درجة التوصيل الكهربائى) بعد تعريض أجزاء من ورقة النبات تؤخذ بثاقبة الفلين (leaf discs) للمعاملة الحرارية العالية:

يعد هذا الاختبار سهلاً وسريعاً، وهو يرتبط باستجابة عمليات حيوية نباتية أخرى للحرارة العالية (مثل: مقاومة البروتينات الذائبة والإنزيمات للدنترة، وثبات البناء الضوئى فى الأوراق الكاملة)، وكذلك باستجابة النباتات الكاملة لدرجات الحرارة العالية تحت ظروف الحقل.

وقد استخدم هذا الاختبار ـ بنجاح ـ فى تقييم أصناف وسلالات فول الصويا والسورجم للحرارة العالية، حيث أفاد فى التمييز بينها، ولكنه لا يفيد كثيراً عند الرغبة فى إجراء الانتخاب فى الأجيال الانعزالية؛ لأنه ـ أى الاختبار ـ يُجرى على عدة leaf discs من عدة نباتات تُمثل العشيرة التى يُراد اختبارها؛ الأمر الذى لا يمكن تحقيقه فى الأجيال الانعزالية التى تمثلها نباتات مفردة.

٢ ـ قياس مدى تأثر الحركة الدورانية للسيتوبلازم بالحرارة العالية.

٣ ـ قياس مدى تأثر معدل البناء الضوئي بمعاملة التعريض للحرارة، ويتم تقدير ذلك على الأوراق المفردة ـ غير المفصولة عن النبات ـ باستعمال أجهزة خاصة يسهل نقلها واستعمالها في الحقل (عن Marshall ١٩٨٢).

جهود التربية لتحمل الحرارة العالية

لقد وجدت اختلافات وراثية في القدرة على تحمل الحرارة العالية بين أصناف عديد من المحاصيل، منها: السورجم، والذرة، وفول الصويا، والشوفان، وغيرها. وكان التقييم في معظم الحالات يرتبط بالقدرة الإنتاجية العالية تحت ظروف الحرارة العالية، وهو الهدف النهائي من التربية في هذا المجال. ولكن تحقيق تقدم مستمر في هذا الأمر يتطلب دراسة الأساس الفسيولوجي لتحمل الحرارة العالية، ليمكن الجمع بين مصادر الصفة ـ التي تختلف في أساسها الفسيولوجي ـ في تركيب وراثي واحد.

ونستعرض ـ فيما يلي ـ الجهود التي أجريت في مجال التربية لتحمل الحرارة المرتفعة ـ في عدد من المحاصيل الزراعية ـ سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجي للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثتها. ونقدم هذا العرض ـ كما سبق أن قدمناه بالنسبة لجهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة ـ في المجالات الثلاثة لهذا الموضوع، وهي: إنبات البذور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

تختلف أصناف وسلالات الطماطم في قدرة بذورها على الإنبات في درجات الحرارة المرتفعة؛ كما يوجد ارتباط بين القدرة على الإنبات في كل من درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. وتتضح هاتان الحقيقتان في جدول (٦ ـ ٤)، الذي يبين استجابة ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على حرارة ٣٥م لمدة خمسة أيام. علما بأن ثماني من

هذه السلالات كانت تعرف سلفاً ـ بقدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة. ويتضح من نتائج هذه الدراسة أن سبعاً من هذه السلالات كانت ـ كذلك ـ 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 (عنKaname وآخرين ١٩٦٩).

جدول (٦ ـ ٤) : تأثير معاملة استنبات البذور لمدة خمسة أيام على حرارة ٣٥م 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 فى نسبة الإنبات.

وفي دراسة أخرى على ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم.. درس Coons وآخرون (١٩٨٩) تأثير معاملة استنبات البذور على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥، أو ٤٠م، أو درجة حرارة متغيرة كل ١٢ ساعة بنظام حراري ٢٥/٤٠، أو ٣٠/٤٠، أو ٣٥/٤٠م. وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م كان في السلالات Nema 1200 ، و P28693 ، و UC-28-L، بينما كان أفضل إنبات على درجة حرارة متغيرة بنظام ٣٥/٤٠م في السلالات P28693، و P28793، و UC82-L . وقد تحسن إنبات بذور مختلف السلالات كثيرا لمجرد خفض درجة الحرارة بمقدار ١٠ أو ١٥م لمدة ١٢ ساعة كل ٢٤ ساعة، مقارنة بالإنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م.

الفلفل

تتفاوت أصناف الفلفل التجارية التابعة للنوع C. annuum في قدرة بذورها على الإنبات في درجات الحرارة المرتفعة؛ فقد وجدت Coons وآخرون (١٩٨٩) أن أصناف الفلفل تتباين في هذه الخاصية عندما يكون الإنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٣٥م، وكان أكثرها قدرة على الإنبات عند هذه الدرجة الصنفين Mercury وYolo Wonder B ، وبالمقارنة.. فإن إنبات جميع الأصناف كان جيداً على درجتي الحرارة ٢٥، و٣٥م، وسيئاً عند درجة ٤٠م، بينما كان إنبات جميع الأصناف وسطاً عند درجة حرارة متغيرة مقدارها ٢٥/٤٠م (نهار/ليل)، وانخفض - تدريجياً - بارتفاع حرارة الليل إلى ٣٠ و٣٥م. وقد أوضحت اختبارات التترازوليم Tetrazolium Tests أن نسبة عالية من البذور التي لم تنبت في الحرارة العالية (٤٠م) كانت حيويتها مازالت عالية بعد انتهاء الاختبار.

النمو النباتي

البطاطس

قيم Reynolds & Ewing (١٩٨٩) ١١٩ سلالة - تنتمي إلى ٥٩ نوعاً تكون درنات من الجنس Solanum لتحمل الحرارة العالية Heat Tolerance. درست في البداية قدرة السلالات

على تكوين نمو خضرى قوى فى حرارة ٣٠ ـ ٤٠م مع تعريضها لفترة ضوئية طويلة مدتها ١٨ ساعة يومياً لمنع تكوين الدرنات. وتلا ذلك اختبار السلالات التى أعطت نمواً خضرياً قوياً تحت هذه الظروف للقدرة على إنتاج الدرنات فى نفس ظروف الحرارة العالية (٣٠ ـ ٤٠م)، ولكن مع تعريضها لفترة إضاءة قصيرة. وبرغم تباين السلالات فى إنتاجها للدرنات تحت هذه الظروف.. فإن عدداً قليلاً منها ـ ينتمى لأنواع قليلة ـ أنتج درنات بانتظام فى حرارة ٣٠ ـ ٤٠م.

الكرنب الصينى

يقصد بالقدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة فى الكرنب الصينى إمكان إنتاج رؤوس مندمجة فى ظروف لا يقل فيها متوسط درجة الحرارة الشهرى عن ٢٥م. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية ـ فى الكرنب الصينى ـ صفة مندلية بسيطة ومتنحية (Opena & Lo ١٩٧٩). كما وجد ارتباط بين القدرة على تحمل الحرارة العالية والقابلية للتعرض للإزهار المبكر (Ryder ١٩٧٩).

إن تكوين الرؤوس يبدأ بين مرحلتى نمو الورقتين الحقيقيتين الثامنة والعاشرة إذا كانت الحرارة منخفضة (أقل من ٢٥م)، أو إذا كانت الأصناف مقاومة للحرارة. وتتكون الرؤوس نتيجة للاستمرار فى تكوين أوراق جديدة، ويعد احتفاظ الأوراق بنضارتها وامتلاء خلاياها بالرطوبة (leaf turgidity) شرطاً أساسياً لتكوين الرؤوس. وبينما يفقد هذا الشرط فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية.. فإن الأصناف المقاومة تبقى أوراقها نضرة تحت تلك الظروف؛ ويرجع ذلك إلى تميز تلك الأصناف بما يلى :

أ ـ زيادة امتصاصها للماء عند بداية تكوينها للرؤوس.

ب ـ زيادة سمك أوراقها.

جـ ـ زيادة درجة التوصيل الكهربائى لعصيرها الخلوى بالأوراق.

د ـ زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل.

هـ ـ نقص عدد الثغور بأوراقها.

ويبدو أن العوامل السابقة تزيد من توصيل الماء إلى الأوراق واحتفاظها به فى الحرارة العالية (Kuo وآخرون ١٩٨٨).

الخـوخ

تعد احتياجات البرودة فى الخوخ من أهم الصفات فى المناطق ذات الشتاء المعتدل البرودة؛ لأنها الفترة التى يجب أن تتعرض لها النباتات لدرجة حرارة أقل من حد معين لكى تتهيأ براعمها للنمو الطبيعى بعد فترة الراحة شتاء. ويتحدد ذلك ـ عادة ـ بعدد الساعات التى يجب أن تتعرض لها الأشجار فى حرارة أقل من ٤٥ف (٧,٢م) خلال الفترة من أول نوفمبر إلى منتصف فبراير. ويختلف التحديد الدقيق لتلك الفترة باختلاف منطقة الزراعة.

ويؤدى عدم حصول النباتات على حاجتها من البرودة إلى ما يلى :

١ ـ تأخير ظهور الأوراق، وظهورها بشكل غير منتظم.

٢ ـ تشوه وعقم الأزهار، وسقوط البراعم الزهرية.

٣ ـ نقص المحصول، وضعف نمو الأشجار إذا تأخر التوريق كثيراً.

وتتأثر استجابة النباتات لفترة التعرض للحرارة المنخفضة بعديد من العوامل، منها ما يلى:

١ ـ تناوب فترات من الحرارة المرتفعة مع الحرارة المنخفضة؛ الأمر الذى يضعف تأثير الحرارة المنخفضة.

٢ ـ شدة الضوء والفترة الضوئية:

فتحتاج البراعم ـ التى تتكون على الأفرخ التى تنمو متأخرة فى الخريف ـ إلى قدر أكبر من البرودة لكسر سكونها عن تلك التى تتكون على الأفرخ التى يكتمل تكوينها عند بداية فترة التعرض للبرودة.

وقد أمكن إنتاج أصناف من الخوخ ذات احتياجات منخفضة من البرودة، وتصلح للزراعة فى المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية، ومن أمثلتها: Early Amber، و Florida-sun، و Floridabelle، و Floridawon، و Red Cylon، وSaharanbur (الحمادى ١٩٧٣).

وتظهر صفة احتياجات البرودة فى الجيل الأول فى حالة وسطية بين الآباء، ويكون لها توزيع مستمر فى الجيل الثانى، تظهر فيه كل الأشكال المظهرية (احتياجات البرودة)، بما فى ذلك الأشكال المظهرية للأبوين (Bowen ١٩٧١).

البلوبرى

أمكن إنتاج أصناف من البلوبرى blue berry ذات احتياجات منخفضة من البرودة، مع احتفاظها بنوعية جيدة. وتنتج بعض هذه الأصناف ثماراً جيدة فى ولاية فلوريدا الأمريكية؛ حيث يتراوح متوسط درجة الحرارة فيها ـ خلال أشد شهور السنة برودة ـ حوالى ١٤,٥م، ولا تحصل النباتات فيها على أكثر من ٣٠٠ ـ ٤٠٠ ساعة فى حرارة أقل من ٧,٢م (Sharp & Sherman ١٩٧١).

عقد الثمار الطبيعى

إن العمليات الضرورية لعقد الثمار هى :

١ ـ إنتاج حبوب لقاح خصبة.

٢ ـ انتقال حبوب اللقاح إلى الميسم.

٣ ـ إنبات حبة اللقاح، ونمو الأنبوبة اللقاحية فى قلم الزهرة.

٤ ـ إندماج نواة ذكرية مع بويضة خصبة.

ولا يعنى الإخصاب تأمين بقاء الزهرة الحديثة العقد من السقوط؛ فلو استمرت الحرارة عالية لفترة تكفى لحدوث حالة عدم توازن فى الكربوهيدرات فى الثمرة العاقدة حديثا.. لأدى ذلك إلى سقوطها، ومع ذلك.. فإن أكثر مراحل العقد تأثراً بالحرارة العالية هى إنتاج حبوب اللقاح الخصبة، وانتقالها إلى الميسم.

ومن أهم المحاصيل التى أجريت عليها دراسات التربية للقدرة على عقد الثمار فى الحرارة العاليه ما يلى :

الطماطم

حظيت التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المرتفعة 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 ٢٧م، 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 Sum-mer 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	Rearl Harbor
Red Cloud	Red Global
Sioux	Spartan Red 8
State Fair	Summer Sunrise
Summer Sunset	Summer Prolific
Texto NO.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، و Nag-carlang، و Porter، و Saladette الجيدة على العقد فى الحرارة العالية.

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

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرين (١٩٧٧) أن نسبة العقد فى ظروف ٢٢/٣٩م (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 Leeper P.W. 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٪، و٩٣٪ فى نفس هاتين السلالتين على التوالى (Hanna & Hernandez ١٩٨٢).

وفى مصر.. قيمت ١٠٥ من سلالات وأصناف 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، وUC82 ، و Punjab Chuhara، 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 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 (١٩٧٥) من انتخاب النباتات المرغوبة فى صوبات تراوحت فيها درجة الحرارة العظمى من ٢٦ ـ ٣٧م 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، و٦١٪ فى C28، و٧٤٪ فى Merit، و ٩٢٪ فى Chico III، و وهى الأصناف التى استخدمت للمقارنة.

أما Tarakanov وآخرون (١٩٧٨).. فيذكرون أن جمع حبوب اللقاح وتعريضها لحرارة ٤٠ ـ ٤٥م 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 حبوب اللقاح ونموها فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠م لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا أن كلا من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية يرتبط إيجابياً ـ بصورة جوهرية ـ جداً بنسبة عقد الثمار، وكان معامل الارتباط (r) هو ٠,٩٨٨، و٠,٨١٥ للصفتين على التوالى.

وقد أمكنهما ـ برفع درجة الحرارة التى عرضت لها الأزهار من ٤٠ إلى ٤٨م ـ 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 ما يلى (عن Rudich وآخرين ١٩٧٧، و Levy وآخرين ١٩٧٨ ، وKuo وآخرين ١٩٧٩ ، و Stevens & Rick ١٩٨٦):

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

٢ - عدم انتقال المواد الكربوهيدارتية 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 اللقح 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 Sala-dette، 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، وبالتالي اختلاف الصفات المسئولة عن القدرة على تحمل الحرارة العالية في كل منها. كما أن لطريقة الاختبار ذاتها أثرها البالغ في النتائج. ونعرض - فيما يلي - لبعض هذه الدراسات.

أوضحت الدراسات الوراثية على سلالة الطماطم AU160 ذات القدرة على العقد في الحرارة العالية - والصنف Floradel - الذي لا يعقد في 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 المرتفعة وخمسة ذات قدرة على العقد في الحرارة العالية لأسباب متباينة (أي إنها تختلف في طبيعة قدرتها على العقد تحت تلك الظروف)، هي: عدد الأزهار في العنقود، ونسبة العقد، وعدد البذور في الثمرة، ومدى بروز ميسم الزهرة من الأنبوبة السدائية. وقد توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

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

٢ - في الحرارة العالية.. تتحكم في صفة عقد الثمار جينات ذات تأثير إضافي أساساً، وكانت درجة توريث هذه الصفة متوسطة؛ حيث قدرت بنحو ٥٢٪.

٣ - في الحرارة المعتدلة والعالية.. تحددت صفة عقد البذور (معبراً عنها بعدد البذور في الثمرة، وهي مقياس لخصوبة الجاميطات) بتفاعلات بين جينات غير أليلية، وكانت مكونات التباين الوراثي سائدة أساساً، ودرجة توريث الصفة منخفضة؛ حيث قدرت بنحو ٣٠٪.

٤ ـ فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة بروز الميسم من الأنبوبة 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 ما يلى (Hanna وآخرون ١٩٨٢) :

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

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

وفى مصر.. وجد ـ عندما أجريت دراسة وراثية تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية) ـ 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 ـ كذلك ـ على العقد فى الحرارة المنخفضة، وربما تتحكم نفس الجينات فى الصفتين (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦). وكمثال على ذلك.. تميز الصنفان UC82 وPeto 86 ـ فى مصر ـ بالعقد والإنتاجية العالية تحت الظروف الطبيعية صيفاً (يونيو ويوليو) وشتاء (ديسمبر ويناير) (Ibrahim ١٩٨٤).

ويذكر Nuez وآخرون (١٩٨٥) أن أصناف وسلالات الطماطم ـ التى أنتجت أصلاً للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ـ 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 ـ التى انتخبت فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر لمقاومة الحرارة ـ كانت كذلك مقاومة للبرودة.

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لعقد ثمار الطماطم فى الحرارة العالية.. يُراجع Chandler (١٩٨٣).

الفاصوليا

تبعاً لـ Schaff وآخرين (١٩٨٧).. فإن سلالات وأصناف الفاصوليا التالية تعد مقاومة للحرارة العالية: P.I. 16516، و P.I. 281711، و P.I. 271997، و P.I. 271998، و P.I. 285695، و P.I. 313241، و P.I. 324607، و P.I. 324616، و Provider، و Bush Blue Lake .

وقد تمكن Dickson & Petzodt (١٩٨٨ ، ١٩٨٩) من الانتخاب للقدرة الجيدة على العقد فى الحرارة العالية؛ بتعريض نباتات الجيل الأول ـ أثناء الإزهار ـ لحرارة عالية، وكان تقديرهما لدرجة توريث هذه الصفة ـ على النطاق العريض ـ من ١٩ ـ ٧٩٪ وعلى النطاق الضيق من صفر ـ ٢٤٪.

عقد الثمار البكرى

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

الطماطم

توجد صفة القدرة على العقد البكرى فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم. وقد حصلَ عليها ـ غالباً ـ من أحد مصدرين؛ هما: الهجن النوعية بين الطماطم وكل من النوعين

L. hirsutum، و L. peruvianum ، وباستحداث الطفرات. فمثلاً.. حُصِلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعى:

Byzon x (Grnutovij Gribovskuj x L. hirsutum)

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى فى جميع الظروف غير المناسبة للعقد، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية ـ الذكرية والأنثوية ـ خصبة بدرجة عالية (Philouze & Mais-sonneuve 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)، وHassan وآخرين (١٩٨٧). هذا.. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩أ) توصلوا من دراستهم إلى أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفريانين يتحكم فيها جينان متنحيان، أحدهما الجين pat-2 ـ وهو جين رئيسى ـ 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 UC78W29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧). وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية؛ حيث إنها تنتج ثماراً عادية فى الظروف المناسبة للعقد، وثماراً بكرية فى 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 للتقليح – بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية ـ أى تأثير فى نسبة العقد البكرى. وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفريانين وسلالة أخرى ـ هى PSET-1 ـ تحمل نفس الجين pat-2، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكرياً ـ هى RP 75/59 ـ 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، ويدل على أهمية المحتوى المرتفع من الجبريللينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم.

هذا.. وكان الجين pat قد ظهر كطفرة فى أحد أصناف الطماطم الإيطالية (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى معاملتها بالـ ethylmethane sulphonate . تبعد هذه الطفرة بمقدار ١٢,. وحدة عبور من الجين sha (نسبة إلى Short anthers أى الأسدية القصيرة). كما ظهرت طفرة أليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز 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 ـ أطلق عليها اسمMontfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة ـ كما فى طفرة sha ـ ولكنها تعقد بكرياً ـ كما فى الطفرة sha - pat (السلالة 2524). وبتلقيح هذه الطفرة مع السلالة sha - pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثماراً بكرية؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 ـ التى ظهرت تلقائياً ـ 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 فى 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 جيوب. يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالى ٣٠جم، ومتوسط قطرها من ٣,٥-٤سم، ويوجد بها ٣-٤ مساكن؛ وهى جيدة الطعم واللون، ذات 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 إلا 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 ـ درجة العقد البكرى متوسطة، وتتوفر فى: Lycopera، و Earlinorth، و- Oregon T 5 4، وParteno .

٣ ـ درجة العقد البكرى عالية، وتتوفر فى : RP 75/59، وSeverianin .

الخيار

تعقد سلالات الخيار البكرية العقد ثماراً فى الظروف البيئية القاسية التى لا تناسب عقد الثمار فى الأصناف العادية. كما تناسب هذه الصفة الصوبات؛ حيث لا تتوفر الحشرات الملقحة والأصناف الأنثوية التى لا تتوفر بها الأزهار المذكرة.

وقد وجد Pike & Peterson (١٩٦٩) أن صفة العقد البكرى فى الخيار يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، يأخذ الرمز Pc؛ حيث: PcPc: تظهر الثمرة البكرية الأولى قبل العقدة الخامسة ، و Pcpc: تظهر الثمار البكرية بعد ذلك وتكون أقل عدداً، و pcpc: لا تظهر أية ثمار بكرية. ويتأثر فعل هذا الجين بكل من الخلفية الوراثية والعوامل البيئية.

وفى دراسة أخرى على عدد من سلالات الخيار ـ التى تختلف فى درجة العقد البكرى ـ وجد Ponti & Garrrtsen (١٩٧٦) أن صفة العقد البكرى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية ذات تأثير إضافى، مع ارتباط هذه الجينات بالجينات المتحكمة فى صفات الأنوثة.