٦

التربية لتحمل درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة

أولا : تحمل الحرارة المنخفضة

طرق التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة

تتنوع الطرق المتبعة فى تقييم النباتات لتحمل الحرارة المنخفضة حسب النوع النباتى، وحسب كون الهدف القدرة على الإنبات، أم النمو، أم العقد فى الحرارة المنخفضة، كما يلى:

١ ـ اختبارات القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة:

تجرى اختبارات التقييم للقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة تحت ظروف متحكم فيها ودقيقة فى المختبرات؛ حيث يتم قياس نسبة الإنبات ـ مباشرة ـ فى درجات الحرارة المرغوبة. كما يمكن إجراء التقييم تحت ظروف الحقل فى المواسم التى تسودها درجات الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للتقييم، مع تسجيل درجات حرارة التربة من الزراعة إلى حين انتهاء الاختبار. ويكون التقييم الحقلى أكثر واقعية، إلاّ أنه ربما لا ينجح بسبب التقلبات الجوية التى قد تؤدى إلى سيادة درجات حرارة شديدة الانخفاض، أو معتدله ـ ومناسبة للإنبات ـ خلال فترة الاختبار.

٢ ـ اختبارات النمو فى الحرارة المنخفضة وتحمل الصقيع :

يؤدى بقاء نباتات المواسم الدافئة فى درجات الحرارة المنخفضة (من ٢ ـ ١٢م) لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التى يسبق ـ أو يصاحب ـ ظهورها تغيرات فسيولوجية؛ أهمها: نقص معدل التنفس والبناء الضوئى، وبطء الحركة الدورانية للسيتوبلازم، وحدوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذتيها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا. كما تضار نباتات المواسم المعتدلة والباردة بطريقة مماثلة لدى تعرضها للصقيع، أو لحرارة قريبة من الصفر المئوى لفترة طويلة.

ويتطلب تقييم تحمل النباتات للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة التحمل لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التى تحدثها البرودة؛ حيث يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الحساسية قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة؛ وبذا.. يمكن الإسراع فى عملية التقييم، مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار.

وتجرى اختبارات التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة إما مباشرة بقياس معدل النمو النباتى فى المجال الحرارى المرغوب فيه، وإما بانتخاب سلالات خلايا Cell Lines من مزارع أنسجة تعرض لحرارة منخفضة، وإما بطرق غير مباشرة تسجل فيها قياسات ترتبط بقدرة النباتات على تحمل البرودة ؛ مثل :

أ ـ الضرر الذى يحدث للأغشية الخلوية لدى تعرضها للبرودة، والذى يتمثل فى زيادة نفاذيتها، وتسرب الأيونات منها ـ ومن الأنسجة النباتية بصورة عامة ـ بمعدلات عالية.

ب ـ التغيرات الكيميائية التى تحدث فى المواد الكربوهيدراتية، والأحماض الأمينية، والـ ATP.

جـ ـ الزيادة فى الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة فى حامض اللينولنيك Linolenic Acid.

د ـ التغيرات التى تحدث فى الكلوروفيل (عن Christiansen ١٩٧٩).

٣ ـ اختبارات القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة :

تجرى اختبارات التقييم لقدرة الثمار على العقد فى الحرارة المنخفضة ـ عادة ـ من خلال أحد أربعة محاور :

أ ـ قياس نسبة العقد الطبيعى فى ظروف الجو البارد، الذى تنخفض فيه درجة الحرارة إلى مستوى لا يناسب عقد الثمار.

ب ـ قياس كمية أو حيوية حبوب اللقاح المنتجة فى الحرارة المنخفضة.

جـ ـ إحداث العقد بحبوب اللقاح التى تتحمل الحرارة المنخفضة، بإنتاجها فى حرارة منخفضة، ثم استخدامها فى تلقيح أزهار النباتات المرغوب فيها فى حرارة منخفضة، أو معتدلة. وتعتمد هذه الطريقة على أمرين؛ هما:

(١) لا تضار ـ عادة ـ أعضاء التأنيث فى الأزهار عند تعرضها للحرارة المنخفضة بنفس القدر الذى تُضار به أعضاء التذكير.

(٢) نجد ـ حسب قانون هاردى/ فينبرج ـ أن حبوب اللقاح تُنتج بالنسبة العاليه q، مقارنة بالنسبة المنخفضة لتواجد النباتات المنتجة لها q^2.. فلو كانت q = ٠,١ فإن q^2 = ٠,٠١.

د ـ قياس قدرة الثمار على العقد البكرى فى ظروف الحرارة المنخفضة غير المناسبة للعقد الطبيعى.

جهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة

نستعرض ـ فيما يلى ـ الجهود التى أجريت فى مجال التربية لتحمل الحرارة المنخفضة ـ

فى عدد من المحاصيل الزراعية ـ سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجى للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثتها. ونقدم هذا العرض فى المجالات الثلاثة لهذا الموضوع؛ وهى: إنبات البذور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

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

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

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

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

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

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

١ ـ 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 بذورها خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠م؛ وتساوت فى ذلك مع السلالة P.I. 126435 من النوع البرى L. peruvianum.

٢ ـ أنبتت السلالة LA 460 من النوع البرى L. chilense بنسبة ١٠٠٪ خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠م، 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 (٦ ـ 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.

جـدول (٦ ـ ١) : مقارنة بـين 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
١٠م لمدة ١٤ يوماً	٤٠	١٠٠
٩م لمدة ١٤ يوماً	قليل جداً	٩٩
٨م لمدة ١٤ يوماً	صفر	٤٠
٨م لمدة ٢٠ يوماً	صفر	١٠٠

٣ ـ 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. pmpinellifoium، و٩ من L. hirsutum، وواحدة من L. glandulosum للقدرة على الإنبات فى حرارة ٥م، ووجد أن خمساً منها قادرة على الإنبات فى هذه الظروف؛ وهى :

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

L. hirsutum P.I. 127827, & LA 386.

ثانياً : وراثة قدرة البذور 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 ـ 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 حرارة ١٠م يتحكم فيها جين واحد متنح. وأظهرت دراسات Ng & Tigchelaar (١٩٧٣) أن هذه الصفة يتحكم فيها ٣ ـ ٥ أزواج من العوامل الوراثية المتنحية، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٩٧٪ على النطاق العريض، و٦٦٪ على النطاق الضيق.

كذلك تبين من دراسات De Vos وآخرين (١٩٨١) على ٧ سلالات وأصناف من الطماطم تتباين فى قدراتها على الإنبات فى حرارة ١٠م ـ وهى P.I. 120256، و P.I. 341985، و P.I. 341988 ، و P.I. 280597، و Kanatto، و Nova، و Early Red Rock ـ 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، و٦٩٪ على النطاق الضيق.

وأخيراً.. أظهرت دراسات Michalska (١٩٨٥) أن صفة قدرة بذور سلالة الطماطم P.I. 341985 على الإنبات فى حرارة ٥م يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، مع احتمال وجود بعض الجينات المحورة.

ثالثاً : طبيعة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

لا ترجع القدرة على الإنبات ـ فى درجة الحرارة المنخفضة ـ إلى قدرة خاصة للنمو فى هذه الظروف. فبمقارنة سلالة الطماطم P.I. 341985 القادرة على الإنبات فى ١٠م بالصنف سنتنيال Centennial الذى لا تتوفر به هذه الصفة، وعدد من سلالات الجيل الرابع ـ للتلقيح بينهما ـ 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 ١,٨٪ لكل منها، لمدة ١ ـ ٨ أيام إلى تحسين الإنبات فى كل من السلالة P.I. 341985،

والصنف سنتنيال على حرارة ١٠م، إلاّ أن التحسن فى إنبات الصنف لم يصل إلى مستوى الإنبات فى السلالة؛ أى إن التأثير البيئى لم يرقَ إلى مستوى التأثير الوراثى.

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

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بنور سلالة الطماطم P.I. 341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بنور 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 (Abul-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 حرارة ١٠م 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 ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines - التى تتفاوت فقط فى قدرتها على الإنبات فى حرارة ١٠م - قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بنور هذه السلالات من الأحماض الدهنية، ووجد الباحثان أن قدرة البنور على الإنبات فى حرارة ١٠م ترتبط سلبياً بمحتواها من حامض الأوليك Oleic acid (معامل الارتباط r = ٠,٨١ وجوهرى جداً)، وإيجابياً بمحتواها من حامض اللينوليك linoleic acid (معامل الارتباط r = ٠,٧١ وجوهرى جداً). ولم يتأثر محتوى البذور من الأحماض الدهنية بفترة الحضانة على ١٠م؛ كما تشابه محتوى الأحماض الدهنية فى البنور كلها مع محتوى الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية.

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة فى حامض اللينوليك فى السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة ١٠م كانت مماثلة لنسبة النقص فى حامض الأوليك (معامل الارتباط r

لنسبة الحامضين = ٠,٧٩ وجوهرى جداً). واقترح الباحثان أن الجينات المسئولة عن قدرة البنور على الإنبات - فى درجات الحرارة المنخفضة - تؤدى إلى زيادة حالة عدم تشبع حامض الأوليك إلى حامض اللانوليك أثناء تكوين البنور.

الفلفل

تتباين أصناف الفلفل التابعة للنوع Capsicum baccatum var. pendulum فى سرعة إنبات بنورها فى درجات الحرارة المنخفضة. ووجد Randle & Honma (١٩٨٠) أن صفة الإنبات البطىء - تحت هذه الظروف - سائدة جزئياً على الإنبات السريع، ويتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى مع تأثير سيادة.

الخيار

توجد سلالات من الخيار تنبت بنورها بسرعة أكبر من غيرها فى درجات الحرارة المائلة إلى البرودة. ووجد Wehner (١٩٨٤) أن درجة توريث سرعة إنبات البذور فى حرارة ١٧م تراوحت من ٠,٤٤ - ٠,٦١.

الفاصوليا

قام Kooistra (١٩٧١) بتقييم عدد من أصناف الفاصوليا والأنواع الأخرى، ووجد أن أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة كانت فى صنف الفاصوليا Comtesse de Chambord، وفى النوعين Phaseolus coccineus، و P. trilobus.

وفى دراسة أخرى.. قيم Austin & MacLean (١٩٧٢) ٣٠٥ أصناف وسلالة من الفاصوليا، ووجدا أن ٤٦ منها ذات قدرة جيدة على الإنبات فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٥م. كما أمكن التعرف على سلالات من الفاصوليا، قادرة على الإنبات فى حرارة ١٠م، والنمو فى حرارة ٧-١٣م، وسلالات أخرى يمكن لبنورها أن تبقى فى التربة الباردة دون أن تتعفن إلى أن ترتفع درجة الحرارة إلى المجال المناسب للإنبات (عن Morris ١٩٧١).

وقد لخص Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أهم مصادر القدرة على الإنبات فى الفاصوليا - فى الحرارة المنخفضة - كما يلى :

أ - الصنفان Comptesse de Chambord، و Widuse: تنبت بنورهما جيداً فى درجة حرارة ٩ - ٩,٥م، لكنهما تفقدان نموهما فى حرارة ١٠م.

ب ـ السلالة BBL 92: تنبت بذورها فى حرارة ٨ ـ ٩م على ورق الإنبات فقط، لكن إنباتها يكون رديئاً إذا تعرضت ـ تحت ظروف الحقل ـ لدرجة الحرارة المنخفضة فترة طويلة.

جـ ـ السلالتان NY 5-161، و NY 590: تنبت بذورهما جيداً فى حرارة ٩,٥ ـ ١٠م، وتنموان جيداً فى درجات الحرارة المنخفضة.

كما يُذكَرْ (J.Amer. Soc. Hort. Sci. ـ مجلد رقم ١١١ لسنة ١٩٨٦) أن سلالة الفاصوليا P.I. 165426 - BS (من المكسيك) تعد أفضل من معظم الأصناف التجارية؛ من حيث قدرة بذورها على الإنبات فى الأراضى الباردة الرطبة.

وقد أوضح Dickson (١٩٧١) أن قدرة بذور الفاصوليا على الإنبات ـ فى حرارة حرارة ١٠م نهاراً، و٨م ليلاً ـ ترتبط غالباً بصفة البذور الملونة، وهى التى كانت أقل تعرضاً للعفن فى التربة من البذور غير الملونة. كما وجد أن صفة القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة كمية، وقدرت درجة توريثها بنحو ٣٥٪.

كذلك بينت دراسات Dickson (١٩٨٠) أن نسبة الإنبات فى الحرارة المنخفضة فى كل من البذور الملونة والبذور الصغيرة الحجم أفضل منها فى البذور البيضاء، أو الكبيرة الحجم.

نمو النباتات

الطماطم

من الوسائل الكمية التى استخدمت فى تقييم مقاومة نباتات الطماطم للبرودة قياس مدى استشعاع الكلوروفيلChlorophyl Fluorescence؛ نظراً لما تحدثه البرودة من تأثيرات فى المحتوى الكلوروفيللى فى السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧). وقد استخدم هذا الاختبار بواسطة Walker & Smith (١٩٩٠) فى تقييم تحمل 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، وH722)، بينما تبقى النسبة منخفضة فى التراكيب الوراثية التى تتحمل البرودة (كما فى النوع البرى Solanum lycopersicoides والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسىSub-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 تحملها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد فى هذه الارتفاعات؛ وهى كما يلى :

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 ١٠م، وتوقف إنباتها تقريباً فى حرارة ١٠م، بينما استمرت السلالات البرية فى الإنبات ببطء على حرارة أقل من ١٠م.

٢ - زاد معدل النمو فى سلالات الأنواع البرية عما فى الصنف يوسى ٨٢ عندما خفضت درجة الحرارة من ١٨/٢٤م (نهار/ليل) إلى ١٢/١٦م (نهار/ليل).

٣ - أدى تعريض الأوراق لحرارة ١م 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 ورقتين متتاليتين - دليلاً 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 الحقيقية الأولى عند تعرضها يومياً لحرارة ١٠م ليلاً (لمدة ١٦ ساعة)، و٢٠م نهاراً (لمدة ٨ ساعات). وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريباً من السلالة البرية أو مماثلاً 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 (١٥م نهاراً / ٨م ليلاً) لم يكن فعالاً عندما أجرى على أساس اختبار مدى تحمل حبوب اللقاح لهذه الظروف.

هذا.. ويبدو واضحاً من الدرسات - 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، الذى تنخفض فيه الحرارة ليلاً إلى الصفر المئوى، بينما ترتفع نهاراً إلى ٢٠م؛ وعليه.. فإن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات تتحمل البرودة 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 فى مواطنها الأصلية. فمثلاً.. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع L. hirsutum - وهى التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر على جبال الإنديز - ذات قدرة عالية على تحمل البرودة؛ وظهر ذلك فى عدة صور كما يلى :

١ - أنبتت بذورها فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢ - أمكنها إكمال دورة حياتها فى ظروف انخفضت فيها درجة الحرارة الصغرى - غالباً - عن ١٠م.

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

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

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

كذلك تتوفر صفة تحمل البرودة فى السلالة LA 1363 من L. hirsutum، والسلالة LA 1969 من L. chilense ، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز، ونمت ـ بشكل جيد ـ فى ظروف حرارية ٢٠/صفرم (نهار ٨ ساعات/ ليل١٦ ساعة)، بينما لم تكون الطماطم أوراقاً حقيقية تحت هذه الظروف.

وفى سلسلة من البحوث المنشورة ـ قدم لها Smeets & Hagenboom (١٩٨٥) ـ 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 ـ استناداً إلى دراسات أخرى سابقة ـ أن خفض درجة حرارة البيوت المحمية بمقدار درجة أو درجتين أو ثلاث درجات أو أربع درجات مئوية يوفر فى تكاليف التدفئة ـ تحت ظروف هولندا ـ بمقدار ٨٪، و١٢ و١٥٪، و٢٢٪، و٢٧٪ 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 Resitance، ومحتوى النبات من كل من السكريات، والنشا، والنترات، والنيتروجين المختزل، والفوسفور، والبرولين.

وتلا ذلك دراسة وراثة هذه الصفات ـ تحت ظروف الحرارة المنخفضة ـ باختبار تلقحيات

دايلل Diallel Crosses بين الستة عشر صنفاً. وكان من نتائج هذه الدراسة أن وجدت اختلافات واضحة بين الأصناف ـ تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً والإضاءة الضعيفة نهاراً ـ 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 Dijk١٩٨٥).

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

الفلفل

أمكن الحصول على سلالات خلايا Cell Lines من الفلفل قادرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة بالانتخاب فى مزارع الأنسجة. ويتم الانتخاب للصفة على أساس قدرة الخلايا المفردة على البقاء والتكاثر بعد تعريض تجمعات الخلايا، أو أجزاء الكالوس لدرجات حرارة منخفضة.

وأوضحت الدراسات ـ التى أجريت على معدلات التنفس فى سلالات خلايا حساسة وأخرى تتحمل البرودة ـ وجود اختلافات بينها مماثلة لتلك التى توجد بين الأنواع النباتية التى تتفاوت فى حساسيتها للبرودة (عن Dix ١٩٨٠).

البطاطس

قسم Richardson & Weiser (١٩٧٢) درجة تحمل الصقيع Frost Tolerance فى ٥٧ نوعاً من الجنس Solanum إلى المجموعات التالية :

١ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى ـ٥°م وربما إلى أقل من ذلك، وهى :

S. acaule

S. chomatophilum

S. commersonii

S. x juzepczukii

S. multidissectum

٢ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى ـ٤ إلى ـ٥م، وهى :

S. ajanhuiri

S. x curtilobum

S. demissum

S. megistacrolobum

S. microdontum

S. vernei

٣ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى ـ٣ إلى ـ٤م، وعددها ٢٤ نوعاً منها:

S. tuberosum ssp. andigena

٤ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى ـ٢ إلى ـ٣م، وعددها ١٦ نوعا.

٥ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى ـ١ إلى ـ٢م وعددها ٦ أنواع، منها:

S. tuberosum ssp. tuberosum

كما أمكنهما الحصول على سلالات على درجة عالية من المقاومة للصقيع من بعض الأنواع المزروعة الحساسة للصقيع؛ مثل:

S. phureja

ومن التلقيح S. phureja x S. tuberosum ssp. andigena.

ويدل ذلك على أن المقاومة للصقيع ربما كانت متنحية، أو يتحكم فيها جينات مكملة لبعضها البعض، أو يوجد بينها تفاعلات تفوق. كما تدل على إمكان انتخاب طرز مقاومة للصقيع من الطرز الحساسة.

وفى محاولة أخرى.. قسم Chen & Li (عن Li & Fennell ١٩٨٥) ٢٤ نوعاً من

الجنس Solanum إلى خمس مجموعات حسب كونها تتحمل الصقيع والبرودة أم حساسه لهما، وما إذا كانت تستجيب أم لا تستجيب لمعاملة الأقلمة acclimation على درجة حرارة منخفضة قبل التعرض لمعاملة الصقيع (جدول ٦ ـ ٢).

وتبعاً لهذا التقسيم.. فإن أربعة أنواع (هى S. acaule ، و S. commersonii ، و S. multidissecum ، و S. chomatophilum) تتحمل ـ بعد أقلمتها بالبرودة ـ الانخفاض فى درجة الحرارة حتى ـ٨,٥م إلى ـ١١,٥م بينما وضعت البطاطس فى مجموعة الأنواع الحساسة للصقيع، التى لا تستجيب لمعاملة الأقلمة بالبرودة، والتى لا تتحمل انخفاض درجة الحرارة لأكثر من ثلاث درجات تحت الصفر.

تركزت معظم الدراسات الوراثية الخاصة بتحمل الصقيع على التهجين :

S. acaule x S. tuberosum

وقد وضحت سيادة صفة المقاومة للصقيع فى التهجين بين S. tuberosum وأى من الأنواع التالية :

S. acaule

S. bulbasovii

S. x curtilobum

S. demissum

S. x juzepczukii

كما أظهرت هذه التلقيحات أن المقاومة للصقيع صفة كمية، برغم أنها قد تتضمن جيناً رئيسياً واحداً مع الجينات الأقل تأثيراً فى ظهور الصفة.

ولكن ظهر من التلقيح :

S. tuberosum x S. demissium

أن المقاومة للصقيع صفة بسيطة ذات سيادة غير تامة (Richardson & Weiser ١٩٧٢).

جدول (٦ ـ ٢) : تقسيم أنواع الجنس Solanum حسب تحملها للصقيع والبرودة، واستجابتها لمعاملة الأقلمة بالبرودة.

المجموعة والأنواع	درجة الحرارة المميتة للنبات (م°) قبل الأقلمة(أ)	بعد الأقلمة(ب)
المجموعة الأولى مقاومة للصقيع وتستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. acaule	٦,٠-	٩,٠-
S. commersonii	٤,٥٠-	١١,٥-
S. multidissectum	٤,٠-	٨,٥-
S. chomatophilum	٥,٠-	٨,٥-
المجموعة الثانية مقاومة للصقيع ولا تستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. bolviense	٤,٥-	٤,٥-
S. megistacrolobum	٥,٠-	٥,٠-
S. sanchae - rosae	٥,٥-	٥,٥-
المجموعة الثالثة: حساسة للصقيع وتستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. oploocense	٣,٠-	٨,٠-
S. polytrichon	٣,٠-	٦,٠-
المجموعة الرابعة: حساسة للصقيع ولا تستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. brachistotrichum	٣,٠-	٣,٠-
S. cardiophyllum	٣,٠-	٣,٠-
S. fendleri	٣,٠-	٣,٠-
S. jamesii	٣,٠-	٣,٠-
S. kurtzianum	٣,٠-	٣,٠-
S. microdontum	٣,٠-	٣,٠-
S. pinnatisectum	٣,٠-	٣,٠-

الجدول مستمر

openkandil.com

تابع جدول (٦ ـ ٢) .

المجموعة والأنواع	درجة الحرارة المميتة للنباتات (م°)	
	قبل الأقلمة(أ)	بعد الأقلمة(ب)
S. stenotomum	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. stoloniferum	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. sucrense	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. tuberosum	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. venturii	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. vernei	٣,٠ـ	٣,٠ـ
S. verrucosum	٣,٠ـ	٣,٠ـ
المجموعة الخامسة: حساسة للبرودة		
S. trifidum	٣,٠ـ	تموت(جـ)

(أ) كانت ظروف النمو للنباتات غير المؤقلمة بالبرودة ـ قبل تعريضها للبرودة القاتلة ـ هى: ٢٠م نهاراً، و١٥م ليلاً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(ب) كانت ظروف الأقلمة بالبرودة ـ قبل تعريض النباتات للبرودة القاتلة ـ هى ٢م ليلاً ونهاراً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(جـ) كانت النباتات ميتة عقب تعريضها لحرارة حرارة ٢م ليلاً ونهاراً لمدة ٢٠ يوماً.

الكرنب

درس Dickson & Stamer (١٩٧٠) الارتباط بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع فى عدد من أصناف الكرنب وكرنب بروكسل. تراوحت نسبة المادة الجافة فى هذه الأصناف من ٦,٥ ـ ١٨٪، وتراوحت درجة توريث تلك الصفة من ٠,٥٠ ـ ٠,٦٠، وكانت نسبة المادة الجافة مرتبطة ـ جوهرياً ـ مع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وقد وجد الباحثان علاقة وثيقة بين

نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع؛ حيث ازدادت المقاومة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة؛ كما هو موضح فى جدول (٦ ـ ٣).

جدول (٦ ـ ٣) : العلاقة بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع فى أصناف الكرنب وكرنب بروكسل.

معاملة البرودة	نوع الضرر	متوسط نسبة المادة الجافة (والمدى)	عدد النباتات
ـ ٥م	نباتات متجمدة	٧,٤ (٦,٤ ـ ٨,٦)	٦٨
	أضرار بأطراف الأوراق فقط	٨,٥ (٧,٤ ـ ٩,٢)	٩٦
	أضرار بسيطة	٩,١ (٨,٣ ـ ١٠,٣)	٦٤
	لا توجد أضرار	١١,١ (٩,٠ ـ ١٣,٥)	٥٤
ـ ١٥م	نباتات متجمدة	٨,٥ (٧,١ ـ ١٠,٣)	٣٣
	نباتات متجمدة جزئياً	٩,٣ (٨,٢ ـ ١١,٣)	١١
	لا توجد أضرار	١٣,٤(١٠,٣ ـ ١٦,٤)	٢٢

المانجو

تتوفر صفة القدرة على تحمل البرودة فى نحو ٣٠ صنفاً من المانجو، ومن بينها: الصنفين لانجرا Langara، وقلب الثور Bullock's Heart، اللذان يتميزان بكبر حجم أشجارهما؛ الأمر الذى قد يوفر لهما درجة أكبر من الحماية من البرودة، ولكن تلك القاعدة لم تنطبق على الصنف الإندونيسى جدونج Gedong. ومن ناحية أخرى.. يعد الصنف ألفونسو Alfonso من أكثر الأصناف حساسية للبرودة (Knight ١٩٧١).

عقد الثمار

الطماطم

كانت بداية التقييم للقدرة على العقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى الأصناف

obeikandl.com

التجارية، ثم انتقلت الدراسات بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر ـ فيما يلى ـ جانباً من الجهود التى بذلت فى هذا المجال.

قُيم Curme (١٩٦٢) عدداً من أصناف الطماطم فى نظام حرارى ٢٣/٧م (نهار/ليل). ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها ـ تحت هذه الظروف ـ من ٢ إلى ٦٠٪. وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ضمن الأصناف: إيرلى نورث Earlinorth، ورد كوشن Red Cushion، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief. وفى الهند.. أجرى Nandpuri وآخرون (١٩٧٥) اختباراً تحت الظروف الطبيعية اشتمل على ٢٤ صنفاً، ووجدوا أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو البارد هى: كولد ست Cold Set، وأفلانش Avalanche، وإلاليهين 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، وبونيتا، وأزربدزفسكى Azrbidziviky، 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 ١٠م، وتعقد بصورة جيدة فى نظام حرارى ٢٠/٧م (نهار/ليل).

وفى Montfavet بجنوبى فرنسا.. اختبر Maisonneuve & Philouze (١٩٨٢) ٣١ صنفاً وهجيناً من الطماطم للقدرة على إنتاج حبوب لقاح بوفرة تحت ظروف صوبات غير مدفأة شتاء، وصلت فيها درجة الحرارة إلى أقل من ١٠م 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 acetocarmine) . 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 Su-permarnamde. وقد تميزت هذه الأصناف بقدرتها - تحت ظروف البرودة - على إنتاج من ٢٠ - ٥٠٪ من حبوب اللقاح التى تنتجها - عادة - مع حيوية لا تقل عن ٧٠٪.

وفى مصر.. اختبر Radwan وآخرون (١٩٨٦) ٤٣ صنفاً وسلالة من الطماطم تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء، ووجدوا أن أكثرها إنتاجية وقدرة على العقد السلالتان إف إم ٥٢٠٠٩ FM 52009 ، ويوسى ٧٨ دبليو ٢٩ UC 78 W29، والصنف يوسى ٨٢ UC 82. وتتوفر القدرة على العقد فى الجو البارد فى الصنفين الكنديين صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxi (Harris ١٩٧٥ أ)، وصب أركتك شيرى Sub-Arctic Cherr (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.

ويذكر 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 إدخال صفة القدرة على العقد الجيد فى الحرارة المنخفضة من السلالة LA 1777 (من النوع البرى L. hirsutum) إلى الطماطم باتباع طريقة انتخاب الجاميطات Gamete Selection. وتعتمد الطريقة - ببساطة - على إجراء التلقيحات الرجعية والذاتية فى برنامج التربية فى درجات حرارة منخفضة؛ حيث لا تنبت وتشارك فى عملية الإخصاب سوى حبوب اللقاح التى تحمل جينات القدرة على إحداث العقد فى 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 = $^{١٢}٢$ = 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 = $^{١٢}٤$ = ١٦٧٧٧٢١٦ نباتاً؛ 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 ١٢/٦م (ليل/نهار)؛ بخلط حبوب اللقاح المراد اختبارها مع حبوب لقاح سلالة عادية من الطماطم ليس لها القدرة على 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 أيزوزيمات isozymes.

وقد كانت المجموعة الإنزيمية المرتبطة بصفة القدرة على العقد فى الجو البارد وهى الخاصة بإنزيم Phosphogluco isomerase (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 الحرارة 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.

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.

الفلفل

من بين أصناف الفلفل التى يمكنها العقد فى الجو البارد نسبياً كل من الصنفين Penn-wonder، و Vinedale. وبالمقارنة.. يعتبر الصنفان Albig و Keystone Resistant Giant قادرين على العقد فى الحرارة العالية نسبياً.

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 توّرث مستقلة. وقد تمكنا من انتخاب سلالات ذات قدرة على العقد الجيد فى حرارة ١٦°م 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 - ٤٥°م.

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 جنوع 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 تحملا 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 فى محتوى الأحماض العضوية، يقابلها تغيرات عكسية فى المواد الكربوهيدراتية؛ فنجد أن حامض الماليك يتراكم تدريجيا أثناء الظلام، بينما تختفى المواد الكربوهيدراتية. ويعقب ذلك ـ خلال فترة الضوء التالية ـ اختفاء حامض الماليك وظهور المواد الكربوهيدراتية نتيجة لتمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون ـ الناتج من حامض الماليك ـ بواسطة النباتات ذات المسار الأيضى C_3 . وعليه.. فإن الـ CAM يعرف بأنه «تدفق الكربون» Carbon Flow من خلال حامض الماليك المتكون فى الظلام، حيث يصبح حامض الماليك هو مصدر الكربون لتمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى.

كذلك يتميز الـ CAM بأن الثغور تفتح ليلاً وتغلق نهاراً، وبذا.. فإن غاز ثانى أكسيد الكربون الخارجى يخزن فى حامض الماليك ليلاً، ثم يستعمل فى البناء الضوئى فى النباتات ذات المسار C_3 خلال النهار التالى.

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

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

٢ ـ البناء الضوئى 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 والـ C_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: RuBPease)، وهو إنزيم حساس للحرارة العالية. وتوضح الدراسات التى أُجريت فى هذا الشأن وجود اختلافات وراثية فى مدى ثبات 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٪ فى الصنف روما، بينما لم يكن للمعاملة أية تأثيرات على نشاطه فى الصنف سالادت.

٤ ـ التباين فى 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 فى النباتات التى تزرع ثمارها أو بذورها. فمن المعروف أن سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد يعد أمراً شائع الحدوث فى 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 فى الحرارة العالية فى الصنف الحساس روما ـ أكثر كفاءة فى نقل الغذاء المجهز من الأوراق إلى الأزهار والثمار الحديثة العقد أثناء ارتفاع درجة الحرارة. وتتوفر أدلة على أن هذا التحسن فى كفاءة انتقال الغذاء المجهز فى 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 فى هذا الصنف ـ بسرعة كبيرة فى الحرارة العالية مقارنة بالصنف روما، مما يدل على أن الغذاء المجهز ينتقل ـ فى 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 فى الأنابيب الغربالية للصنف سالاديت ـ خلال فترات ارتفاع الحرارة ـ مقارنة بما يحدث فى 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 الضوئى بمعاملة التعريض للحرارة، ويتم تقدير ذلك على الأوراق المفردة ـ غير المفصولة عن النبات ـ باستعمال أجهزة خاصة يسهل نقلها واستعمالها فى الحقل (عن Marshall ١٩٨٢).

جهود التربية لتحمل الحرارة العالية

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

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

إنبات البذور

الطماطم

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 (٦ ـ ٤)، الذى يبين استجابة ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على حرارة ٣٥°م لمدة خمسة أيام. علما بأن ثمانى 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.

obeikandl.com

وفى 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 حرارى ٢٥/٤٠، أو ٣٠/٤٠، أو ٣٥/٤٠م. وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠م كان فى السلالات Nema 1200 ، و P28693 ، و UC-28-L، بينما كان أفضل إنبات على درجة حرارة متغيرة بنظام ٣٥/٤٠م فى 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 فى قدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ فقد وجدت Coons وآخرون (١٩٨٩) أن أصناف الفلفل تتباين فى 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 درجتى 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 التى لم تنبت فى الحرارة العالية (٤٠م) كانت حيويتها مازالت عالية بعد انتهاء الاختبار.

النمو النباتى

البطاطس

قيم Reynolds & Ewing (١٩٨٩) ١١٩ سلالة - تنتمى إلى ٥٩ نوعاً تكون درنات من الجنس Solanum لتحمل الحرارة العالية Heat Tolerance. درست فى 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 نموا 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، وبعد 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 ـ على خلاف التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المنخفضة ـ 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. pimpi-nellifolium ، 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 اللقلح 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

obeikandl.com

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 آليلية، 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 دياليل 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 - أى تأثير فى 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 RP 75/59 - 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.

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 آليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز pat - sha؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524. وكلتا الطفرتين pat، و pat - sha تنتج ثماراً بكرية، وتتميز بالعقم الأنثوى. وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى - أطلق عليها اسمMontfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة - كما فى طفرة sha - ولكنها تعقد بكرياً - كما فى الطفرة pat - sha (السلالة 2524). وبتلقيح هذه الطفرة مع السلالة pat - sha الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثماراً بكرية؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 - التى ظهرت تلقائياً - تحمل نفس الجين pat - sha 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، و4Parteno .

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.