# 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 ١٠أم، 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 ١٠أم يرجع - جزئياً - إلى أن البرودة تحفز البذرة على تكوين مواد مانعة للإنبات. وقد أدت إضافة الكربون المنشّط activated carbon إلى بيئة إنبات البذور إلى تحسين الإنبات فى حرارة ١٠أم بالنسبة للسلالات غير القادرة - أصلاً - على الإنبات فى تلك الدرجة، بينما لم يكن لهذه المعاملة أى تأثير على السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة١٠أم (Maluf & Tigchelaar ١٩٨٢).

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بذور سلالة الطماطم P.I. 341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بذور نفس السلالة والسلالات الأخرى الحساسة للبرودة، بينما كان الماء الذى نقعت فيه بذور الصنف رد روك Red Rock (الحساس للبرودة) مثبطاً لإنبات بذور نفس الصنف والسلالة المقاومة للبرودة فى درجات الحرارة المنخفضة (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 ١٠أم 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 ١٠أم - قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بذور هذه السلالات من الأحماض الدهنية، ووجد الباحثان أن قدرة البذور على الإنبات فى حرارة ١٠أم 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 ١٠أم؛ كما تشابه محتوى الأحماض الدهنية فى البذور كلها مع محتوى الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية.

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة فى حامض اللينوليك فى السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة ١٠أم 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 بنورها 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 بنورهما 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 بنور الفاصوليا على الإنبات ـ فى حرارة حرارة ١٠م نهاراً، و٨م ليلاً ـ ترتبط غالباً بصفة البنور 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 البنور الملونة والبنور الصغيرة الحجم أفضل منها فى البنور 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 الثاني للتلقيح الرجعي الثاني (إلى السلالة H722) للهجين L. hirsutum x H722؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها في الأبوين (البرى والمزروع)؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع L. hirsutum.

وفي مجال التقييم لتحمل البرودة.. اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات في الحرارة المنخفضة P.I.341988 ، والصنف الحساس للبرودة UC82. كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية - في مواطنها الأصلية - على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر؛ ولذا.. افترض تحملها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد في هذه الارتفاعات؛ وهي كما يلي :

L. hirsutum LA 1363 & LA 1777

L. chilense LA 1969 & LA 1971

Solanum lycopersicoides LA 1964

وقد استخدم الباحثون في دراستهم عدة اختبارات، وكانت النتائج كما يلي :

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

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

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

هذا.. ويمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو في درجة الحرارة المنخفضة؛ كأساس لتقييم تحمل البرودة. ويمكن - في هذا الاختبار - اتخاذ الفترة الزمنية - التي تمر بين تكوين ورقتين متتاليتين - دليلاً على مدى تأثر النمو النباتي بالبرودة.

وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات - من التهجين الرجعي الثاني للطماطم - مماثلة في مقاومتها للبرودة لسلالة النوع L. hirsutum التي استخدمت في التلقيح الأصلي. واعتمد الباحثان في ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين

الأوراق الحقيقية الأولى عند تعرضها يومياً لحرارة ١م 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 الدراسات - التى أجريت على السلالات البرية التى تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة فى جبال الإنديز - أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين، هما :

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

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

كما يبدو أن تأقلم هذه النباتات على الحرارة المنخفضة يتمشى مع النظام الحرارى السائد فى مناطق انتشارها، 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 ٦م.

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 ١٠°م ـ فإن نباتات هذه السلالة لم تتأثر بهذه الصورة. وقد نمت بصورة جيدة فى نظام حرارى ١٢/٥°م (نهار/ليل).

كذلك تتوفر صفة تحمل البرودة فى السلالة LA 1363 من L. hirsutum، والسلالةLA 1969 من L. chilense ، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز، ونمت ـ بشكل جيد ـ فى ظروف حرارية ٢٠/صفر°م (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 التمثيليةNet Assimilation Rate ، ونسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio، ووزن الأوراق الطازجSpecific Leaf Weight ، ونسبة وزن الأوراق Leaf Weight Ratio، وصافى البناء الضوئى-Net Photosyn thesis، 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 - تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً والإضاءة الضعيفة نهاراً - فى كل من صافى البناء الضوئى، والتنفس الظلامى(Van de Dijk & Maris ١٩٨٥)، ومقاومة الثغور، ووزن الأوراق الطازج؛ حيث بدا أن الأصناف ذات الوزن الورقى الأقل كانت أكثر تأقلماً ( Van de Dijk١٩٨٥).

وعن وراثة القدرة على تحمل البرودة.. وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) - من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى، والنوع S. lycopersicoides - 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 - التى أجريت على معدلات التنفس فى سلالات خلايا حساسة وأخرى تتحمل البرودة - 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 - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٥°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

تابع جدول (٦ ـ ٢) .

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

التجارية، ثم انتقلت الدراسات بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر - فيما يلى - 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 - تحت هذه الظروف - 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 ٥م. 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 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.