تحت ظروف شد البرودة، والملوحة، والجفاف. كذلك فإن الانتخاب لسرعة الإنبات تحت أى من ظروف الشد الثلاثة حسَّن إنبات بذور النسل فى ظروف عدم الشدِّ؛ بما يفيد أن الآليات الوراثية التى تُسهِّل إسراع إنبات البذور تحت ظروف الشدِّ قد تُسهم — كذلك — فى سرعة إنبات البذور فى ظروف عدم الشدِّ. وعمليًّا فإن الانتخاب لسرعة إنبات البذور فى أى من ظروف الشدِّ قد تُعطى نسلاً يمكن لبذوره الإنبات فى ظروف بيئية متباينة (Foolad وآخرون ٢٠٠٣).

قدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

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

وقد تبين من دراسة أُجريت على ٣١ صنفًا وسلالة تمثل الطماطم وخمسة من أنواعها البرية وجود ارتباط ضعيف (r = ٠,٤٢) بين معدل إنبات البذور والنمو الخضرى المطلق فى الحرارة المنخفضة، وارتباط آخر ضعيف أيضًا (r = ٠,٤٧) مع النمو الخضرى النسبى فى ظروف البرودة مقارنة بالنمو فى الحرارة المعتدلة (Foolad ١٩٩٩).

هذا.. ويُعد صنف الطماطم Siberia من الأصناف المتحملة للبرودة (عن Giroux & Fillion ١٩٩٢).

طرق التقييم لقدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

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

وتتوفر تلك الشروط فى الطرق التالية:

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

٢-قياس مدى استشعاع (تفلور) الكلوروفيل Cholrophyl Fluorescence؛ نظرًا لما تحدثه البرودة من تأثيرات على المحتوى الكلوروفيللى فى السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧). وقد اُسْتُخْدِم هذا الاختبار فى انتخاب أصناف من الذرة مقاومة للصقيع، كما استخدمه Walker وآخرون (١٩٩٠) فى تقييم مقاومة البرودة فى الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ حيث وجدا أن نسبة الاستشعاع المبدئية (F_0) إلى الاستشعاع المقدر بعد التعرض لمعاملة الحرارة المنخفضة (F_p) تزيد بزيادة الحساسية للبرودة (كما فى الصنفين H2653، و H722)، بينما تبقى النسبة منخفضة فى التراكيب الوراثية المتحملة للبرودة (كما فى النوع البرى *S. lycopersicoides* والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxie، الذى لم تظهر به سوى أضرار قليلة من جراء التعرض لمعاملة البرودة). وتمشيًّا مع تلك النتائج.. تباينت نسبة F_0 إلى F_p فى ٢٥ سلالة من الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الثانى (إلى السلالة H722) للهجين H722 × *S. habrochaites* ؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها فى الأبوين (البرى والمزروع)؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع *S. habrochaites*.

٣-قياس القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة:

يمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة كأساس لتقييم تحمل البرودة. ويمكن – فى هذا الاختبار – اتخاذ الفترة الزمنية التى تمر بين تكوين ورقتين متتاليتين؛ كدليل على مدى تأثر النمو النباتى بالبرودة.

وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات – من التهجين الرجعى الثانى للطماطم – مماثلة فى مقاومتها للبرودة لسلالة النوع *S. habrochaites* التى استخدمت فى التلقيح الأصلى. واعتمد الباحثان فى ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين الأوراق الحقيقة الأولى عند تعرضها يوميًّا لحرارة ١°م ليلاً (لمدة ١٦ ساعة)، و٢٠°م نهارًا (لمدة ٨ ساعات). وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريبًا للسلالة 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 نهارًا.

وقد وجد أن نمو واكتمال تكوين ومساحة الورقة الخامسة من القمة النامية فى الطماطم – فى ظروف الحرارة المنخفضة (١٢°م) – يمكن اعتبارها دليلاً جيدًا على إمكان نمو الطماطم خضريًّا فى الحرارة المنخفضة (Hoek وآخرون ١٩٩٣).

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

التباينات الوراثية فى قدرة النباتات على النمو فى الحرارة المنخفضة

اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات فى الحرارة المنخفضة P.I. 341988، والصنف الحساس للبرودة UC82. كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية – فى مواطنها الأصلية – على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر؛ ولذا.. افترض مقاومتها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد فى هذه الارتفاعات؛ وهى كما يلى:

S. habrochaites LA 1363 & LA 1777

S. chilense LA 1969 & LA 1971

S. lycopersicoides LA 1964

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

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

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

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

وفى دراسة أخرى عن مصادر القدرة على تحمل البرودة فى الجنس *Solanum*، فإنها وُجدت – أساسًا – فى بعض سلالات النوع البرى *S. habrochaites*، وخاصة تلك التى وجدت نامية على ارتفاعات شاهقة فى مواطنها الأصلية. فمثلاً.. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع *S. habrochaites* – 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 – غالبًا – عن ٦ °م.

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

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

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

كذلك تتوفر صفة المقاومة للبرودة فى السلالة LA 1363 من *S. habrochaites*، والسلالة LA 1969 من *S. chlense*، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز، ونمت – بشكل جيد – فى ظروف حرارية ٢٠/ صفر°م (نهار ٨ ساعات/ ليل ١٦ ساعة)، بينما لم تكوِّن الطماطم أوراقًا حقيقية تحت هذه الظروف.

وأمكن باختبار ٢٧٠ سلالة وهجين من الطماطم و٤٠ سلالة من الأنواع البرية لجنس الطماطم انتخاب ٧ سلالات طماطم و١١ سلالة برية كانت قادرة على إكمال نموها فى حرارة تربة منخفضة، كانت منها السلالة HRM19×80 التى أمكن باستخدامها كأصل تبكير الزراعة بنحو ٥٠ يومًا فى الربيع قبل حلول الجو الدافئ ومن ثم الحصاد مبكرًا (Meissner & Mandel – ٢٠١٠ – الإنترنت).

وعندما عُرِّضت نباتات الطماطم وعدد من الأنواع البرية لحرارة ١٠°م مع إضاءة منخفضة (٧٥ ميكرومول/م^{٢} فى الثانية) لمدة ١٤ يومًا ، ثم لحرارة ٢٠/٢٥°م لمدة سبعة أيام.. أظهرت الطماطم قدرة منخفضة على استعادة النمو (٣٩٪)، مقارنة باستعادة النمو فى نباتات النوع *S. pimpinellifolium* التى جُمعت من مناطق غير مرتفعة عن سطح البحر (٣٩٪)، ونباتات الأنواع البرية التى جُمِعت من مناطق مرتفعة عن سطح البحر: *S. peruvianum* (٩٢٪)، و*S. habrochaites* (٦٧٪)، و*S. chilense* (٧١٪) (Venema وآخرون ١٩٩٩).

وأُجرى تقييم لواحد وثلاثين صنفًا وسلالة تمثل ستة أنواع من جنس الطماطم لكلٍ من القدرة على الإنبات على ١١ ± ٠,٥°م (ظروف شدِّ البرودة)، وكذلك على ٢٠ ±

٠,٥ °م (الكنترول)، والقدرة على النمو الخضرى على ١٢/٥ °م (ظروف شدِّ البرودة)، وكذلك على ١٨/٢٥ °م (الكنترول) مع ١٢ ساعة ضوء (٣٥٠ مللى مول/م^{٢} فى الثانية)، و١٢ ساعة ظلام فى كلتا المعاملتين. وعُرِّف تحمل البرودة أثناء الإنبات بأنه معكوس النسبة بين الوقت الذى لزم للإنبات فى ظروف شدِّ البرودة إلى الفترة التى لزمت للإنبات فى ظروف الكنترول، وأُشير إليه بالمصطلح "دليل تحمل البرودة عند الإنبات" (TI_G). وقد تراوح الـ TI_G من ٠,١٥ إلى ٠,٤٨؛ بما يعنى وجود تباينات بين التراكيب الوراثية المقيمة فى تحمل البرودة عند الإنبات. وعُرِّف تحمل البرودة أثناء النمو الخضرى بأنه نسبة الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف شد البرودة إلى الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف الكنترول، وأشير إليه بالمصطلح "دليل تحمل النمو الخضرى للبرودة" (TI_{VG}). وقد تراوح الـ TI_{VG} بين ٠,١٢ إلى ٠,٣٩؛ بما يعنى وجود تباينات بين التراكيب الوراثية فى تحمل البرودة أثناء النمو الخضرى. وقد تبين استقلال صفتى تحمل النمو الخضرى للبرودة وقوة النمو النباتى، وذلك من واقع غياب أى ارتباط معنوى ($r = ٠,١٤$؛ $P > 0.05$) بين الصفتين. كذلك تبين استقلال صفتى القدرة على الإنبات فى ظروف البرودة وتحمل النمو الخضرى للبرودة، وذلك من واقع غياب أى ارتباط معنوى ($r = ٠,١٤$؛ $P > 0.05$) بين الصفتين، وإن كانت بعض السلالات المختبرة قد جمعت بين الصفتين (Foolad & Lin ٢٠٠٠).

هذا.. وتتميز سلالة الطماطم P.I. 120256 بكل من القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة وتحمل النمو الخضرى للحرارة المنخفضة، إلاّ أن الصفتين مستقلتان؛ بمعنى أن الانتخاب لأحدهما لا يعنى الانتخاب للأخرى (Foolad & Lin ٢٠٠١).

ولقد وجد Cao وآخرون (٢٠١٥) اختلافات وراثية بين ٨٤ سلالة طماطم تم اختبارها لتحمل أضرار البرودة (٤ °م ليلاً ونهارًا لمدة ٨ أيام) فى طور البادرة، كان منها ١٥ سلالة متحملة، و ٢١ سلالة متوسطة التحمل، و ٧ قليلة التحمل، و٥ حساسة للبرودة.

وراثة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) – من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى، والنوع *S. lycoperscoides* – أن تلك الصفة سائدة، وليست سيتوبلازمية.

وقد عُرِّف تحمل البرودة خلال مرحلة النمو الخضرى فى الطماطم بأنه القدرة على مقاومة أضرار حرارة تقل عن ١٠ °م، ولكنها تزيد عن حرارة التجمد.

ووُجد أن سلالات الطماطم البرية التى تنمو – طبيعيًّا – فى أماكن مرتفعة كثيرًا عن سطح البحر، مثل: LA 1363، وLA 1777 من *S. habrochaites*، وLA 1969، و LA 1971 من *S. chilemse*، و LA 1964 من *S. lycopersicoides* كانت جميعها أكثر قدرة على تحمل البرودة عن سلالة UC 82B فى أى من القياسات التى سُجِّلت على النباتات لدى تعريضها للبرودة، وهى: فلورة الكلوروفيل، والتسرب الأيونى، ودليل الـ plastochron. كذلك كان النقص فى معدل نمو إحدى سلالات *S. habrochaites* التى جُمعت من ارتفاعات كبيرة على حرارة ١٢/٥ °م (نهار/ ليل) مقارنة بنموها فى حرارة ٢٥/١٨ °م كان أقل من معدل النقص فى معدل نمو سلالة أخرى من نفس النوع البرى جُمعت من أماكن أقل ارتفاعًا وسلالة أخرى من الطماطم.

وتبين من دراسة أُجريت على عدة عشائر وراثية لتلقيح بين سلالة الطماطم الحساسة للبرودة UCT5 والسلالة المتحملة PI 120256 أن النمو المطلق فى الحرارة المنخفضة والنمو النسبى فى الحرارة المنخفضة مقارنة بالنمو فى الحرارة المعتدلة كانتا صفتين وراثيتين يتحكم فيهما تأثيرات مضيفة وتأثيرات تفاعلات مضيف × مضيف (Foolad ١٩٩٩).

وتبين من دراسة على السلالة المتحملة للبرودة LA 1777 من *S. habrochaites* وجود ثلاثة QTLs على الكروموسومات ١، ٥، ٦ تتحكم فى عدم تأثر مختلف جوانب البناء الضوئى فى ظروف الحرارة المنخفضة (Oyanedel وآخرون ٢٠٠٠).

وفى دراسة مقارنة بين صنف الطماطم الحساس للبرودة T5 وسلالة *S. habrochaites* المتحملة LA 1778، وُجِدَ أن ذبول النمو الخضرى وامتصاص الأمونيوم فى ظروف شد البرودة يتحكم فيهما عدة QTLs (Truco وآخرون ٢٠٠٠).

ومن المعروف أن نباتات النوع البرى *S. habrochaites* تتحمل ظروف الشد البيئى، بما فى ذلك شدٌ الجفاف والبرودة. ونجد عند تعرض الجذور لحرارة ٦ °م أن النباتات تدخل فى شدٍّ رطوبى؛ يسبب إعاقة حركة الماء من الجذور إلى النموات الخضرية ويستجيب *S. habrochaites* لتلك التغيرات بإغلاق الثغور والمحافظة على ضغط الماء فى النمو الخضرى، بينما تفشل الطماطم – فى تلك الظروف – فى غلق الثغور وتذبل. ويتحكم فى تلك الاستجابة فى النوع البرى QTL تُعرف بالرمز stm9، وتقع على كروموسوم ٩ فى منطقة حُدِّدت بـ ٢,٧ سنتى مورجان، وهى منطقة تحتوى على جينات تختص بتحمل ظروف الشدِّ البيئى (Arms وآخرون ٢٠١٥).

طبيعة القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

يبدو واضحًا من الدراسات – التى أجريت على السلالات البرية التى تنمو طبيعيًّا على ارتفاعات كبيرة فى جبال الإنديز – أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين، هما:

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

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

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

وقد دُرست طبيعة تحمل النمو الخضرى للبرودة فى تلقيح بين سلالة الطماطم المتحملة للبرودة P.I. 120256، وسلالة التربية الحساسة UCT5، وذلك بقياس الوزن الجاف للنمو الخضرى فى ظروف شد البرودة (١٥/١٠°م)، ودليل التحمل tolerance index معبرًا عنه كنسبة بين الوزن الجاف تحت ظروف شد البرودة إلى الوزن الجاف فى ظروف عدم الشد (٢٥/١٥°م). أدى شدِّ البرودة إلى خفض الوزن الجاف للنمو الخضرى فى كل العشائر الوراثية، إلاّ أن السلالة P.I. 120256 كانت الأعلى تحملاً للبرودة (كان دليل التحمل = ٩٠,٥٪)، والسلالة UCT5 كانت الأقل تحملاً (دليل التحمل = ٣٨,٩٪). ووُجد ارتباط إيجابى (r = ٠,٧٦) بين الوزن الجاف للنموات الخضرية فى ظروف الشدِّ والوزن الجاف فى ظروف عدم الشد؛ بما يفيد أن النمو فى ظروف شدِّ البرودة يتأثر بقوة نمو النبات. هذا.. إلا إن عدم وجود ارتباط إيجابى (r = ٠,٤٧) بين الوزن الجاف فى ظروف عدم الشد ودليل التحمل، مع وجود ارتباط جوهرى (r = ٠,٩٢) بين الوزن الجاف فى ظروف شد البرودة ودليل التحمل يفيد بأن قوة النمو النباتى لم تكن عاملاً مُحدِّدًا فى التعبير عن دليل التحمل فى P.I. 120256 ونسله. وقد تبين أن التباين بين الأجيال كان تحت تأثير وراثى مضيف بصورة أساسية، دون وجود تأثير سيادى، ومع وجود تأثير تفاعل بسيط كان معظمه مضيف × مضيف (Foolad & Lin ٢٠٠١).

ووجد أن معدل النمو النسبى relative growth rate (اختصارًا: RGR) فى النباتات الصغيرة لصنف الطماطم منى ميكر Money Maker انخفض — لدى تعرضها لحرارة ١٢°م — بمقدار ٤١٪، مقارنة بمعدل النمو النسبى على حرارة ٢٠°م، بينما لم ينخفض الـ RGR فى السلالة LA 1777 من *S. habrochaites*، والسلالة LA 716 من *S. pennellii* — المتحملتين للحرارة المنخفضة — إلاّ بمقدار ٢٧٪، و١٨٪، على التوالى. وكان الانخفاض فى الـ RGR فى منى ميكر مرده إلى حدوث انخفاض فى نسبة المساحة الورقية leaf area ratio؛ الأمر الذى كان مرجعه إلى حدوث انخفاض مقداره

٣٥٪ فى المساحة الورقية الخاصة specific leaf area. وبالمقارنة... فإن الانخفاض فى الـ RGR فى النوعين البريين كان نتيجة لحدوث انخفاض فى معدل صافى التمثيل net assimilation rate مقداره ٢٤٪ فى *S. pennelli*، و١٤٪ فى *S. habrochaites*؛ بما يعنى إمكان الاستفادة من هذين النوعين البريين فى تربية أصناف من الطماطم أكثر كفاءة فى الاستفادة من طاقة التدفئة المحدودة فى الزراعات المحمية (van der Ploeg وآخرون ٢٠٠٧).

التربية لتحسين القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة

أُجرى تهجين جسمى بين الطماطم – الحساسة للبرودة – والنوع البرى *S. peruvianum* المتحمل، ووجد أن الهجين يتفوق على الطماطم ويُماثل النوع البرى أو يتفوق عليه فى صفات: معدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيللى، وفى نشاط الإنزيم ribulose-1,5-biphosphate carboxylase وغيرها من الصفات ذات العلاقة بالبناء الضوئى، وذلك تحت ظروف شد البرودة (Bruggemann وآخرون ١٩٩٥).

وعلى خلاف ما تقدم بيانه.. أُنتج هجين جسمى cybrid يحتوى على سيتوبلازم سلالة متحملة للبرودة من *S. habrochaites* والطماطم (cybridization)، وتبين أن حساسية جهاز البناء الضوئى للحرارة المنخفضة مرده إلى جينات نووية وليس إلى السيتوبلازم؛ وبذا.. فإن عملية الـ cybridization لا تُفيد فى تحسين تحمل البرودة فى الطماطم (Venema وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك أُجرى تهجين جسمى بين السلالة المتحملة للبرودة LA 1777 من *S. habrochaites* والطماطم، نُقِلت فيه كلوروبلاستيدات النوع البرى إلى الطماطم، ثم أُجرى تلقيح رجعى إلى ١١ سلالة من الطماطم، ووُجد أن إحلال كلوروبلاستيدات النوع البرى محل كلوروبلاستيدات الطماطم لم يكن فعَّالاً فى تحسين تحمل شدِّ البرودة (Dolstra وآخرون ٢٠٠٢).

كما أمكن تهجين السلالة LP 1650 من *S. peravianum* (وهى التى وجدت نامية على ارتفاع ١٦٥٠ م من سطح البحر) مع الطماطم، مع الاستعانة بمزارع الأجنة. وتبين أن الهجين كان مماثلاً للأب البرى فى تأقلم تفاعلات البناء الضوئى الظلامى فيهما عند تعرضهما للحرارة المنخفضة لفترة طويلة؛ بما يعنى إمكان الاستفادة من تلك السلالة فى نقل صفة تحمل الحرارة المنخفضة إلى الطماطم (Brüggemann وآخرون ١٩٩٦).

ومن المعروف أن الإنزيم Ascorbate peroxidase (اختصارًا: APX) يلعب دورًا هامًّا فى أيض فوق أكسيد الأيدروجين فى النباتات؛ مما يوفر لهم حماية ضد الشدّ التأكسدى. وقد وجد عند تحويل الطماطم وراثيًّا لزيادة التعبير عن APX فيها (المتحصل عليه من البسلة) أنه وفر حماية لها من أضرار الأكسدة المستحثة بكل من شد البرودة وشد الملوحة (Wang وآخرون ٢٠٠٥).

قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

التباينات الوراثية فى قدرة الأزهار على العقد فى الحرارة المنخفضة

كانت بداية التقييم للعقد فى الحرارة المنخفضة فى الأصناف التجارية، ثم انتقلت بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر — فيما يلى — جانبًا من الجهود التى بذلت فى هذا المجال.

قُيِّمَ Curme (١٩٦٢) عددًا من أصناف الطماطم فى نظام حرارى ٧/٢٣ °م نهار/ليل). ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها — تحت هذه الظروف — من ٢٪ إلى ٦٠٪. وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ضمن الأصناف: إيرلى نورث Earlinorth ورد كوشن Red Cushion، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief. وفى الهند.. أجرى Nandpuri