تختلف فى مدى تأثرها بالحرارة المنخفضة لفترة طويلة خلال مرحلة الإزهار، حيث يتأثر محصول المانجو بشدة — كمًا ونوعًا — 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 تأثرًا بهذه الحالة الصنف هادن Haden الذى يعطى ثمارًا بكرية، ويكون عديم القيمة الاقتصادية فى مثل هذه الظروف (Knight ١٩٧١).

ولمزيد من التفاصيل عن الدراسات المبكرة فى مجال التربية لتحمل الحرارة المنخفضة — بصورة عامة — يراجع كل من: Li & Saki (١٩٧٨)، و Christiansen & Lewis (١٩٨٢)، و Marshall (١٩٨٢).

وراثة تحمل البرودة

إن وراثة تحمل البرودة فى النباتات تتباين كثيرًا من نوع نباتى لآخر ومن حالة لأخرى، كما يلى:

١- وجدت عوامل سيتوبلازمية تتحكم فى المقاومة للبرودة فى بعض الحالات، إلاّ أن معظم الدراسات أوضحت أن تلك العوامل دورها ثانوى فى آلية التحمل.

٢- وجدت جينات تكسب النباتات مستويات مختلفة من تحمل البرودة تتباين فيما بين الأنواع وكذلك داخل النوع، وهى الجينات التى استفاد منها مربو النباتات فى جهود التربية.

٣- على الرغم من وجود أمثلة على الفعل الجينى غير الإضافى، فإن تحمل البرودة غالبًا ما يتحكم فيه جينات ذات تأثير إضافى. ومن أبرز الاستثناءات لجينات تحمل البرودة ذات التأثير الإضافى جين (أو جينات) تحمل البرودة السائدة فى القمح التى ترتبط بشدة بكل من جينى الارتباع (Vrn1) والنمو المنبطح prostrate.

٤- إن وجود خلايا صغيرة الحجم يضخم من تعبير جينات تحمل البرودة خلال فترة الأقلمة.

٥- يتطلب التعبير الكامل لجينات التحكم فى آلية تحمل البرودة قدرًا كبيرًا من التوازن الوراثى.

٦- قد تلعب التفاعلات بين الجينات غير الآليلية دورًا فى التعبير النهائى لجينات تحمل الحرارة المنخفضة التى تُنقل لخلفية وراثية غريبة عنها. والمثال على ذلك التثبيط الذى يحدث لجينات الراى المسئولة عن التحمل الفائق للحرارة المنخفضة، وذلك عند نقلها إلى القمح الرباعى والسداسى.

٧- كثيرًا ما يفترض وجود جينات كثيرة ذات تأثيرات محدودة لكل منها، وتفاعلات معقدة تتحكم فى تحمل البرودة، علمًا بأنه لا تتوفر وسائل لتعرف الاختلافات الظاهرية المحدودة فى تحمل البرودة.

٨- عُرفت عديدًا من حالات التنحى والسيادة الجزئية والسيادة الفائقة فى وراثة تحمل البرودة (Flower & Limin ٢٠٠٧).

ويتباين نظام توريث تحمل البرودة حسب الصفة التى تتخذ مقياسًا للتحمل، كما يلى:

١- فى الطماطم استخدمت ثلاث صفات لمقاييس لتحمل البرودة فى دراسات وراثة التحمل، كما يلى:

أ- التسرب الأيونى:

كانت القدرة العامة على التآلف GCA أهم من القدرة الخاصة SCA، وصاحب انخفاض التسرب القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة.

ب- إنبات البذور:

تحكم فى القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (١٠°م فى حجرات نمو) جينات ذات تأثير إضافى، مع وجود تأثير أمّى ودرجة توريث عالية قدرت بنحو ٦٩٪.

جـ- النمو النباتى:

يتحكم فى النمو النباتى تحت ظروف شدٍّ البرودة ثلاثة جينات على الأقل.

٢- فى الذرة استخدمت صفتان كما يلى:

أ- إنبات البذور:

تحكم فى القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (تحت ظروف الحقل) جينات ذات تأثير إضافى، مع وجود تأثير أمّى.

ب- تغير لون الأوراق:

تعد هذه الصفة – التى تظهر عند التعرض للحرارة المنخفضة – بسيطة فى وراثتها.

٣- الخيار:

دُرست صفة إنبات البذور فى الحرارة المنخفضة (١٧°م فى حجرات النمو)، وكان التباين الإضافى فيها هو السائد، ودرجة توريثها عالية.

٤- فى الأرز أُخذت ثلاثة صفات كمقياس لتحمل البرودة فى دراسات وراثة التحمل، كما يلى:

أ- قوة نمو البادرات:

تحكم فى قوة نمو البادرات فى الحرارة المنخفضة ٤-٥ جينات، وارتبطت تلك الصفة إيجابيًّا مع النضج المبكر والبذور الكبيرة.

ب- التغيرات فى لون الأوراق:

تحكم فى التغير فى لون الأوراق تحت ظروف شدِّ البرودة جين واحد أُعطى الرمز Cts1 وكانت صفة التحمل سائدة.

جـ- عُقم الزهيرات:

تحكم فى هذه الصفة جينات ذات تأثير إضافى بصفة أساسية، وتراوحت درجة توريثها بين ٢٢٪، و ٨٨٪ (Singh ١٩٩٣).

دراسات الهندسة الوراثية لأجل تحمل البرودة

أُجريت عديد من عمليات التحول الوراثى فى النباتات لأجل زيادة نشاط الإنزيمات التى تحد من الـ ROSs، بما فى ذلك إنزيمات superoxide dismutase، و ascorbate peroxidase، و glutathione reductase، و glutathione S-transferase/glutathione