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

peroxidase. ولقد تبين من عمليات تحول وراثى أخرى لجعل النباتات ضعيفة فى نشاط الكاتاليز أن تلك النباتات — والتى منها الطماطم — أصبحت أكثر حساسية للشدِّ التأكسدى، وأضرار البرودة (Kerdnaimongkol & Woodson ١٩٩٩).

وأدى تحويل الطماطم وراثيًّا — فى الكلوروبلاستيدات — بالجين codA من *Arthrobacter globiformis* (وهو الجين الذى يشفر لتمثيل الإنزيم choline oxidase الذى يعمل على تحويل الكولين choline إلى جليسين بيتين glycinebetaine) إلى زيادة تحملها للبرودة خلال مختلف مراحل نموها من إنبات البذور إلى إنتاج الثمار، مقارنة بالنباتات التى لم تُحول وراثيًّا (Dalal وآخرون ٢٠٠٦).

وأمكن عزل عامل التشفير transcription factor المعروف بالرمز CaPF1 من أوراق الفلفل، وهو عامل يستحث استجابة فرط حساسية. استُحِثَ الرنا (آر إن أى) الرسول mRNA (أى استُحِثَ الـ CaPF1 mRNA) تحت ظروف شد حيوى وبيئى. ولوحظت مستويات عالية من النسخ المشفِرة transcripts للـ CaPF1 فى الأنسجة المقاومة للبكتيريا *Xanthomonas axonopodis* مقارنة بما فى الأنسجة القابلة للإصابة. كذلك أمكن حث التعبير عن CaPF1 بعدد من المعاملات، منها المعاملة بالإثيفون والمثيل جاسمونيت methyl jasmonate وبشدِّ البرودة. وعندما نُقِل الجين الخاص بالـ CaPI1 لكل من الـ Arabidopsis والتبغ فإنه أدى إلى جعلها تتحمل التجمد، وكذلك إلى زيادة مقاومتها للسلالة DC3000 من البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Yi وآخرون ٢٠٠٤).

هذا .. ويحتوى الأرز على الجين Osmyb4 الذى يُشفر ما يعرف باسم MYB transcrption factor بمستوى منخفض فى الورقة الفلقية للأرز فى الظروف العادية، والذى يزداد إنتاجه بقوة فى حرارة ٤°م. أمكن عزل هذا الجين وأدى تحويل *Arabidopsis thaliana* وراثيًّا به إلى إحداث زيادة كبيرة فى تحمله للبرودة والتجمد، كما أدى هذا الجين إلى تنشيط جينات تلعب دورًا فى تحمل نوعيات مختلفة أخرى من الشدِّ البيئى مثل شدِّ الجفاف وشدِّ الملوحة، وكذلك مقاومة مسببات الأمراض، واستحث إنتاج

عديد من المنتجات الأيضية الضرورية للعمليات الدفاعية فى نبات الـ Arabidopsis (عن Vannini وآخرين ٢٠٠٧).

وبتحويل الطماطم وراثيًا بهذا الجين فإنها أظهرت قدرًا أكبر من القدرة على تحمل الجفاف وفيرس موزايك الطماطم، ولكنها لم تكن أكثر قدرة على تحمل البرودة عن النباتات غير المحولة وراثيًا. ويعنى ذلك أن نشاط هذا الجين وتأثيراته تتباين باختلاف الخلفية الوراثية للنبات المحول وراثيًا (Vannini وآخرون ٢٠٠٧).