وقد وجد الباحثان علاقة وثيقة بين نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع؛ حيث ازدادت المقاومة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة كما هو موضح فى جدول (٤-٢).

جدول (٤-٢): العلاقة بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع فى أصناف الكرنب وكرنب بروكسل.

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

تربية الحبوب الصغيرة

وجد أن مقاومة التجمد فى مختلف الحبوب الصغيرة صفة كمية، وتكون الجينات فى بعضها ذات تأثيرات إضافية، وفى بعضها الآخر ذات تأثيرات غير إضافية، كما وجدت فى بعض الدراسات أن صفة مقاومة التجمد سائدة جزئيًا، ووجدت فى دراسات أخرى أن صفة الحساسية للتجمد سائدة جزئيًا كذلك. وقد فسرت تلك النتائج المتضاربة على أساس اختلاف بروتوكولات التجمد التى اتبعت فى مختلف الدراسات. فعندما كان شدّ التجمد قاسيًا كانت الحساسية للتجمد سائدة، بينما فى ظروف شدّ التجمد المعتدلة كانت صفة تحمل التجمد هى السائدة (Palta ١٩٩٢).

جينات تحمل التجمد وتأثيراتها

إن تحمل التجمد صفة كمية، فالحرارة المنخفضة تنشط عمل عدد من الجينات، مثل تلك التى تشفر للـ dehydrins، والـ lipid transfer proteins، والـ late-embryogensis-abundant proteins.

ومن بين الجينات التى تستحث البرودة عملها، ما يلى:

- جين FAD8 من الـ Arabidopsis الذى يشفر لتكوين إنزيم fatty acid desaturase، الذى يُسهم فى تحمل التجمد بتحوير تركيب الدهون.
- جينا السبانخ hsp70، ولفت الزيت hsp90 اللذان يشفران لتكوين كاسحات (كانسات) chaperons جزيئية تُسهم فى تحمل التجمد بتثبيت البروتينات ضد الدنترة التى يستحثها التجمد.
- اكتشفت عدة جينات تشفر لتمثيل بروتينات منظمة أو مستقبلة للإشارات، مثل الـ mitogen-activated protein، والـ kinase والـ MAP kinase، والـ calmodulin-related proteins.
- اكتشفت طفرة فى أحد نباتات المناطق الجليدية أعطيت الاسم eskimo1 والرمز esk1، كانت أكثر تحملاً للتجمد عن النبات الأصلى، ووجد أن محتواها من البرولين الحر كان ٣٠ ضعف محتوى النباتات العادية من نفس النوع. ومن المعروف أن البرولين هو أحد الحاميات الفعالة ضد التجمد cryprotectants (Mahajan & Tuteja ٢٠٠٥).
- أمكن عزل بروتين مضاد للتجمد antifreeze protein ذات وزن جزيئى ٣٦ كيلو دالتون من الجذر الوتدى للجزر المؤقلم على البرودة من صنف Autumn King. ثبط هذا البروتين إعادة بلورة الثلج (Smallwood وآخرون ١٩٩٩).

التحويل الوراثى لتحمل التجمد

تقدح عملية التقسية بالبرودة عديدًا من التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية؛ بما يفيد عمل كثير من الجينات فى إكساب النباتات خاصية تحمل التجمد؛ ومن ثم لا يجب توقع إحداث طفرة فى زيادة القدرة على تحمل الصقيع من مجرد عملية تحول وراثى بأحد الجينات التى لها علاقة بتحمل التجمد.

ومن بين دراسات التحول الوراثى التى أجريت بهدف زيادة القدرة على تحمل التجمد، ما يلى:

- أوضحت دراسات Culter وآخرون (١٩٨٩) أن البروتين المضاد للتجمد المتحصل