الفصل الثالث

تحمل الحرارة المنخفضة

تعد القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة أو التجمد صفة معقدة تتأثر بعديد من الجينات التى تؤثر - بالتالى - فى عديد من المسارات الأيضية. وعلى سبيل المثال .. فإن التغيرات فى التعبير الجينى أثناء عملية التأقلم على الحرارة المنخفضة تتضمن عدم تشبع الأغشية الخلوية، وتراكمات فى كل من السكر، والبروتين، والأحماض النووية، والمركبات التى تزيد من الضغط الأسموزى، والهرمونات ... إلخ. ومن المعتقد أن تلك التغيرات تنظم توقيت ومعدل حدوث حالة الأقلمة ومستوى الأقلمة التى تصل إليها النباتات، ومدة اكتساب النباتات لها خلال فصل الشتاء، ومعدل فقدها لها عند ارتفاع درجة الحرارة فى الربيع. ولهذه الأسباب فإن دراسات التحول الوراثى لأجل زيادة القدرة على تحمل البرودة أو التجمد لم تأت بنتائج فعالة كثيرًا.

وتتوقف قدرة النبات على التأقلم على البرودة — جزئيًا — على قدرته على الاستمرار فى البناء الضوئى وكذلك قدرته على تشتيت الطاقة الضوئية الزائدة؛ لأجل منع عملية الأكسدة الضوئية photo-oxidation (Palta ١٩٩٢).

دور التقسية فى تحمل الحرارة المنخفضة

يُستدل من الدراسات الحديثة أن جانبًا كبيرًا من قدرة نباتات المناطق الباردة على تحمل البرودة يُستحث من خلال عملية التقسية أو الأقلمة acclamation التى تمر بها تلك النباتات جراء تعرضها لحرارة منخفضة بصورة تدريجية ومتزايدة. تحدث خلال التقسية عديدًا من التغيرات الفسيولوجية الجزيئية، ولعل من أهمها تنشيط وتثبيط عمل جينات مختلفة بفعل الحرارة المنخفضة. تؤدى إعادة برمجة reprogramming

تعبير الجينات إلى تراكم — ليس فقط بروتينات حماية — ولكن كذلك مئات النواتج الأيضية الأخرى التى يُعرف لبعضها وظائف حماية (عن Zhu وآخرين ٢٠٠٧).

وتتضمن تقسية البرودة التعبير عن بعض الجينات التى تعمل على حماية الأغشية البروتوبلازمية من أضرار التجمد. ولقد أمكن التعرف فى نبات الـ Arabidopsis على مجموعة من عوامل النسخ transcription factors — هى البروتينات CBF/DREB1 — تتحكم فى مجموعة من الجينات التى تستحث البرودة عملها لأجل زيادة القدرة على تحمل التجمد (Thomashow ١٩٩٩).

طبيعة تحمل البرودة

دور الأحماض الدهنية غير المشبعة بالغشاء البلازمى

تحتوى الأغشية البروتوبلازمية للخلايا على أحماض دهنية غير مشبعة بدرجة عالية، وهى التى يُشار إليها باسم trienoic fatty acids (اختصارًا: TFA). ورغم تباين كمية تلك الأحماض فى النوع النباتى الواحد تبعًا للبيئة التى يعيش فيها النبات، فإن النباتات ذات القدرة العالية على تحمل الحرارة المنخفضة — مثل القمح — تزداد فيها كمية الـ TFA لتمثل أكثر من ٨٠٪ من جميع الأحماض الدهنية فى الغشاء البلازمى حينما تتعرض لحرارة منخفضة. وفى المقابل .. فإن بعض النباتات الصحراوية والتى تتحمل الأجواء الحارة والجفاف تنخفض فيها بوضوح نسبة الـ TFA فى البيئات الحارة. ولذا .. فإنه يعتقد بأن الـ TFA تلعب دورًا هامًّا فى تحمل النباتات للبرودة والحرارة. ولقد أمكن إنتاج نباتات محولة وراثيًّا ذات قدرة عالية على تحمل الحرارة بتثبيط نشاط الإنزيم omega-3 fatty acid desaturase الذى يقوم بتمثيل الـ TFA (Iba ٢٠٠٦).

وقد تبين لدى مقارنة الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية للنباتات الحساسة للبرودة بتلك التى تكون فى النباتات المتحملة لها، وفى النباتات التى أقلمت على البرودة مقابل تلك التى لم تؤقلم .. تبين وجود وفرة أكبر من الأحماض الدهنية التى