بالتلقيح الذاتى إلى أن تصبح النباتات أصيلة وراثيًّا تقريبًا. يلى ذلك انتخاب نباتات عشوائيًّا، وتقييم أنسالها تحت ظروف الشدِّ، حيث يمكن من البيانات المتحصل عليها تقدير درجة توريث حالة الشدِّ والمحصول والارتباط بينهما. وإذا أظهرت صفة مقاومة حالة الشدِّ درجة عالية من الارتباط، ودرجة توريث أعلى من درجة توريث المحصول ذاته، فإنها تكون مفيدة كوسيلة للانتخاب لمقاومة حالة الشدِّ فى برامج التربية (Singh ١٩٩٣).

ولقد طورت شركة Evogene برنامجًا (software) يمكن عن طريقه التنبؤ بالجينات التى يُرغب فى اكتشافها لأجل صفات معينة، وأطلقت عليه الاسم ATHLETE. أمكن عن طريق هذا البرنامج اكتشاف الجين Evo133، الذى يُعد من الجينات المؤمل عليها فى زيادة تحمل النباتات لظروف الشدِّ البيئى (الجفاف، وملوحة التربة ومياه الرى، والحرارة العالية) فى مختلف النباتات. نُقل هذا الجين بالفعل — بطرق الهندسة الوراثية — إلى كل من الطماطم، والذرة، وفول الصويا، والقطن، حيث أظهرت النباتات التى حولت وراثيًّا زيادة فى المحصول قدرت بنحو ٢٥٪ تحت الظروف العادية، و ٢٠٪ تحت ظروف الشدِّ البيئى (Evogene — ٢٠١٠ — الإنترنت).

## مشاكل التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية

إن من أبرز مشاكل التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، ما يلى:

١- ضرورة تحديد شدة الانحراف فى العامل البيئى التى يُرغب فى تحملها؛ الأمر الذى يصعب تحديده بسبب التباين الشديد فى مدى ذلك الانحراف من منطقة لأخرى.

٢- يكون من الأسهل إجراء الانتخاب لتحمل الظرف البيئى القاسى فى ظروف متحكم فيها، ولكن الأفضل أن تجرى الاختبارات تحت الظروف الطبيعية فى الحقل، فى الوقت الذى يصعب فيه التحكم فى ظروف الحقل.

٣- يرجع تحمل الانحراف فى أى عامل بيئى — عادة — إلى مجموعة من الصفات

التى تُعطى معًا — خاصية التحمل؛ ومن ثم لا يمكن الاعتماد على خاصية واحدة فى الانتخاب للتحمل، ولابد من دمج مجموعة الصفات فى دليل انتخاب واحد متكامل؛ الأمر الذى يتطلب جهدًا كبيرًا، وتكلفة عالية، واهتمامًا أكبر من القائمين على برنامج التربية، فضلاً عما يواجه ذلك الدليل الانتخابى المتكامل من مشاكل تنفيذية.

٤- نظرًا لأن كثيرًا من الصفات التى قد تُسهم فى تحمل الظرف البيئى القاسى قد تؤدى إلى خفض المحصول (مثل صفتى التبكير فى النضج وحساسية الثغور)، فإن الأمر قد يتطلب مزيدًا من جهود التربية لتحسين المحصول فى الأصناف المتحملة التى تم إنتاجها.

٥- يلزم الانتخاب للعامل البيئى القاسى تحت ظروف الشدّ، بينما يتعين الانتخاب للمحصول العالى — بالتبادل — فى الظروف الطبيعية.

٦- لا يمكن فى كثير من الأحيان الاعتماد على الأنواع البرية فى التربية بسبب ما تحمله من صفات كثيرة غير مرغوب فيها، والتى قد يكون بعضها مرتبطًا بصفة التحمل (Singh ١٩٩٣).

## المعادلات المستخدمة فى دراسات الشدّ البيئى

### معادلات التنبؤ بالمحصول تحت ظروف الشدّ

وضع Fischer & Maurer (١٩٧٨) المعادلة التالية للمحصول تحت ظروف الشدّ:

$$Y = Y_p ( 1 - S \times D )$$

حيث إن:

Y = المحصول المتوقع تحت ظروف الشدّ.

$Y_p$ = المحصول فى الظروف الطبيعية (potential yield).

S = الحساسية لمستوى معين من ظروف الشدّ البيئى.

D = مستوى أو مدى الشدّ.

علمًا بأن:

$$D = ( 1 - X/X_p )$$