ومن بين المصادر البرية – القريبة من الأنواع البرية – التى تتوفر فيها صفتى تحمل الجفاف أو الملوحة ما يلى (Singh ١٩٩٣):

المحصول المنزرع	النوع البرى القريب	صفة التحمل
القمح	*Aegilops variabilis*	الجفاف
	Ae. speltoides	الجفاف
	Ae. umbellulata	الجفاف
	Ae. squarrosa	الجفاف
	Agropyron pontica	الملوحة
	A. cliac	الملوحة
قصب السكر	*S. spontaneum*	الجفاف والملوحة
الطماطم	*Solanum cheesmanii*	الملوحة

وتُعرف عديد من الأمثلة الأخرى لشتى حالات تحمل الظروف البيئية القاسية فى مختلف المحاصيل الزراعية نذكر تفاصيلها فى الفصول التالية من الكتاب.

طرق التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية

يتطلب نجاح برامج تربية النباتات أن تكون طرق التقييم المتبعة فيها – لأية صفة كانت – سهلة وسريعة، بحيث يمكن إنجازها فى أقصر وقت ممكن وبأقل جهد، وأقل تكلفة؛ ذلك لأن المربى يتعين عليه – غالبًا – تقييم مئات – أو آلاف – من النباتات فى كل جيل من أجيال التربية. ويختلف المربى – فى هذا الشأن – عن غيره من الباحثين الذين تكون أعداد معاملاتهم – غالبًا – محدودة، بما يسمح بأن تكون طرق التقييم التى يستخدمونها أكثر استنزافًا للوقت، والجهد، والمال، وربما كانت أكثر دقة.

ومن الطبيعى أن يكون هناك حد أدنى للدقة فى طرق التقييم المستخدمة فى برامج التربية، كما يجب أن تتوفر المرونة فى هذا الشرط؛ ففى بداية برامج التربية – حينما

يقوم المربى بتقييم أوّلى لأعداد كبيرة من الأصناف والسلالات التى تتباين كثيرًا فى الصفة موضوع الدراسة — فإن الحد الأدنى للدقة فى التقييم يكفى لتمييز السلالات عن بعضها فى تلك المرحلة. ومع تقدم برنامج التربية .. تقل — تدريجيًّا — التباينات المشاهدة، بما يتعين اللجوء إلى طرق للتقييم تكون أكثر دقة؛ ليمكن تمييز النباتات — المختلفة وراثيًّا فى الصفات المقيمة — عن بعضها البعض. كذلك تقل — تدريجيًّا — أعداد النباتات والسلالات المقيمة مع تقدم التربية؛ الأمر الذى يسمح باتباع طرق أكثر تكلفة.

وغنى عن البيان أن توفر طرق دقيقة قليلة التكلفة — منذ البداية — يغنى عن تغيير طرق تقييم الصفات المرغوب فيها خلال برنامج التربية. وإذا لجأ المربى إلى طرق غير مباشرة للتقييم، كأن يستدل من وجود صفة ما فى النبات على الصفة المرغوب فيها — التى يتطلب ظهورها إجراء اختبارات خاصة — فإنه يتعين وجود ارتباط قوى بين الصفتين، ويتعين تحديد مدى قوة هذا الارتباط إحصائيًّا.

ويمكن إيجاز الطرق المتبعة فى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية فيما يلى:

١- طرق مباشرة:

ومن أمثلتها ما يلى:

أ- إجراء التقييم فى حقول تتوفر فيها العوامل البيئية المرغوب فى التقييم لتحملها، خاصة ما يتعلق منها بالعوامل الأرضية، مثل: ملوحة التربة، أو انخفاض أو ارتفاع الـ pH، أو مستوى العناصر ... إلخ. وقد يجرى التقييم فى مناطق صناعية تسودها ملوثات معينة للهواء، أو فى مناطق تتعرض — دائمًا — لانحراف حاد فى درجة الحرارة، سواء أكانت بالارتفاع، أم بالانخفاض.

يفضل فى هذه الحالات إجراء التقييم للصفة المرغوب فيها مباشرة منفردة، أو مع المحصول إن أمكن، ولكن لا يفضل التقييم للمحصول منفردًا؛ لأن ذلك قد يعنى احتمال انتخاب تراكيب وراثية لا لشئ إلاّ لكونها ذات كفاءة إنتاجية عالية.

تتميز هذه الطريقة بكونها عملية وواقيعة؛ لأن المنتج النهائى المرغوب فيه — وهو المحصول — يؤخذ فى الحسبان منذ البداية، ولكن يعيبها ما يلى:

(١) استنزافها لكثير من الوقت والجهد، لضرورة بقاء النباتات فى الأرض لحين حصادها.

(٢) ليست دقيقة، وقد تعطى نتائج خاطئة، لأن ارتفاع المحصول قد يرجع إلى عوامل وراثية خاصة بتلك الصفة، ولا علاقة لها بتحمل العوامل البيئية القاسية السائدة.

(٣) لا تفيد فى تمييز التراكيب الوراثية التى تتحمل العوامل البيئية القاسية لأسباب (صفات) مختلفة؛ بينما يكون ذلك مطلوبًا ليتسنى تجميع تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد ربما يكون أكثر تحملاً للعوامل البيئية القاسية.

(٤) تكون الاختبارات الحقلية دائمًا عرضة للتقلبات فى العوامل البيئية؛ الأمر الذى ربما لا تتحقق معه سيادة العامل أو العوامل البيئية المرغوب فى التربية لتحملها.

ب- إجراء التقييم فى الصوبات (البيوت المحمية):

تتشابه هذه الطريقة فى مميزاتها مع طريقة التقييم الحقلى السابقة، وتزيد عليها فى إمكانية السيطرة التامة على العوامل البيئية، واستمرار برنامج التربية فى غير المواسم العادية لنمو النباتات.

جـ - إجراء التقييم فى المختبرات تحت ظروف متحكم فيها:

تسمح هذه الطريقة بالتقييم لصفات معينة ترتبط بالأساس الفسيولوجى للصفة الظاهرة للمربى؛ أى بصفة تحمل الظروف البيئية القاسية، كما تسمح بتمييز التراكيب الوراثية — التى تتحمل تلك الظروف — لأسباب مختلفة.

٢- طرق غير مباشرة:

يجرى التقييم لتحمُّل العامل البيئى المعنى — فى هذه الحالة — بتعريض النباتات لمعاملات خاصة يكون تأثيرها مرتبطًا بمدى حساسية أو تحمل النباتات للانحراف فى هذا العامل البيئى. ولعل من أبرز الأمثلة على ذلك المعاملة بكل من الإثيفون والتظليل.

أ- المعاملة بالإثيفون:

استخدم Tripp & Wien (١٩٨٩) معاملة الرش ٢-٣ مرات بالإثيفون بتركيز ٧٥ جزءًا -٢٠٠ جزء فى المليون فى تقييم الفلفل لتحمل براعمه الزهرية للظروف البيئية القاسية - التى تؤدى إلى سقوطها - حيث أدت المعاملة إلى سقوط البراعم الزهرية - للأصناف الحساسة للحرارة العالية - بدرجة أكبر مما حدث فى الأصناف التى تتحمل الحرارة العالية. وربما ترجع العلاقة بين العاملين (الحرارة العالية والإثيفون) إلى أن الظروف القاسية - المتمثلة فى الحرارة العالية - يترتب عليها إنتاج النباتات لتركيزات عالية من غاز الإثيلين الذى يعد من الهرمونات المحفزة لتساقط الأعضاء النباتية، بينما تؤدى المعاملة بالإثيفون إلى زيادة تركيز غاز الإثيلين فى النبات.

وفى دراسة تالية .. أكد Wien (١٩٩٠) أن الرش بالإثيفون بتركيز ٧٥ أو ١٥٠ جزءًا فى المليون - فى غياب أية ظروف بيئية قاسية - يفيد كثيرًا فى تعرف التراكيب الوراثية الحساسة لهذه الظروف. كما وجد أن تظليل النباتات (كما يأتى تفصيله تحت "ب") إلى درجة حجب ٨٠٪ من الضوء الساقط عليها يعطى النتيجة ذاتها، ولكن طريقة التظليل تميزت عن الرش بالإثيفون بأنها قابلة للتطبيق فى مدى أوسع من الظروف البيئية. وباستخدام أى من هاتين الطريقتين، تمكن الباحث من تمييز ثلاثة أصناف أقل من غيرها تعرضًا لتساقط الأزهار والبراعم الزهرية، وهى: Ace، و Canape، و Belrubi.

كما استخدم الإثيفون أيضًا - فى إنجلترا - فى تقييم الطماطم لمقاومة الملوحة العالية؛ حيث ارتبطت شدة الأعراض التى أحدثتها معاملة الإثيفون بالحساسية للملوحة فى جيرمبلازم الطماطم.

ب- التظليل:

إن سقوط أزهار بعض النباتات مثل الفلفل دون عقد يمكن أن يحدث فى ظروف الحرارة العالية ليلاً أو نهارًا وكذلك ظروف التظليل، ففى كلتا الحالتين يتم تمثيل الإثيلين بمعدلات عالية فى الأزهار، الذى يكون العامل الأساسى فى سقوطها. ويؤكد ذلك أن معاملة الفلفل بالمركبات المنتجة للإثيلين - مثل الإثيفون - بتركيزات منخفضة

يمكن أن يُحدث — كما أسلفنا — سقوطًا للأزهار فى الظروف الطبيعية، مع وجود علاقة سلبية بين ظاهرة سقوط الأزهار فى الفلفل وقابلية أزهارها لإنتاج الإثيلين (كلما انخفضت قابلية إنتاج الإثيلين كلما ازدادت المقاومة لسقوط الأزهار).

ولقد أظهرت هجن الفلفل التى طورت للزراعات المحمية فى هولندا — مثل Mazurka، و Sultan — قدرة عالية على المقاومة لسقوط الأزهار تحت ظروف التظليل التى تحدث فى الصوبات بسبب الغطاء البلاستيكى وما يتراكم عليه من أتربة؛ الأمر الذى قد يصل بالتظليل إلى ٥٠٪.

ويتبين من دراسة أجريت على ٧٧ عشيرة من الفلفل – منها كثير من السلالات المربأة داخليًّا وبعض الهجن و ٧ عشائر جيل ثانى — أن تعريض النباتات لتظليل بنسبة ٦٠٪ لمدة ٣٥ يومًا بعد الشتل أدى إلى سقوط الأزهار بكثافة عالية فى عديد من العشائر باستثناءات قليلة من كل من السلالات والهجن وبعض انعزالات فى عشائر الجيل الثانى التى عقدت أزهارها وأنتجت ثمارًا طبيعية مع معاملة التظليل. ويعد ذلك مدخلاً للتربية — ليس فقط لتحمل التظليل — وإنما كذلك لتحمل الحرارة العالية لوجود ارتباط بين الصفتين (Shifriss وآخرون ١٩٩٤).

٣- التقييم من خلال مزارع الأنسجة:

يجرى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية عن طريق مزارع الأنسجة؛ حيث يتم عزل سلالات خلايا Cell Lines قادرة على تحمل تلك الظروف. وقد اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى مجالات التربية لتحمل الملوحة والجفاف، والحرارة العالية، والحرارة المنخفضة، ونقص العناصر، والتركيزات العالية من الألومنيوم (الذى يتوفر بتركيزات سامة فى الأراضى التى ينخفض فيها الـ pH كثيرًا).

ويتعين — بعد عزل سلالات الخلايا المرغوب فيها — تهيئة الظروف المناسبة لتميز نباتات كاملة منها؛ ليمكن إكثارها جنسيًّا أو خضريًّا، واختبارها لتحمل الإنحراف فى العامل البيئى المعنى تحت الظروف الطبيعية.

ومن أهم مزايا التقييم عن طريق مزارع الأنسجة ما يلي:

أ- إمكانية التحكم فى العوامل البيئية، بما فى ذلك مستوى الانحراف فى العوامل البيئية التى يُرغب فى التربية لتحملها.

ب- تقييم عدد كبير من الخلايا فى ظروف تامة التجانس.

جـ- غياب التباينات - فى الصفات المعنية - التى ترجع إلى اختلافات مورفولوجية، أو إلى اختلافات فى مرحلة النمو النباتى؛ لأن التقييم يتم على المستوى الخلوى.

د- إمكان دراسة الأساس الفسيولوجى للصفات المقيمة على المستوى الخلوى.

ولكن التقييم عن طريق مزارع الأنسجة يعيبه ما يلي:

أ- ضرورة توفر التقنيات المناسبة لتميز النباتات بشكل جيد من سلالات الخلايا المنتخبة؛ الأمر الذى لا يتوفر فى جميع الحالات، كما أن قدرة سلالات الخلايا على التميز تنخفض بشدة مع مرور الوقت.

ب- ربما لا تظهر الصفة المعنية فى النباتات الكاملة التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة.

جـ- ربما لا تحتفظ النباتات الكاملة - التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة - بصفات الصنف الأصلى الذى أنتجت منه؛ بسبب ظهور طفرات - غير مرغوبة - فيها.

د- لا تفيد هذه الطريقة فى الانتخاب للصفات التى تعتمد على وظيفة مركبة لعضو نباتى، أو مجموعة من الأعضاء أو الأنسجة النباتية؛ مثل انتقال العناصر فى الجهاز الوعائى (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

ونقدم فى جدول (١-١) أمثلة على بعض حالات تحمل الشدِّ البيئى التى أمكن الانتخاب لها فى مزارع الأنسجة.

جدول (١-١): أمثلة لحالات انتخاب فى مزارع الأنسجة لبعض ظروف الشدّ البيئى (عن Remotti ١٩٩٨).

النوع	طبيعة التحمل الذى تحقق من خلال مزارع الأنسجة
Sorghum bicolor	تحمل الأراضى الحامضية
Daucus carota	تحمل الألومنيوم
Nicotiana plumbaginifolia	تحمل الألومنيوم
Oryza sativa	تحمل الألومنيوم
Solanum tuberosum	تحمل الألومنيوم
Datura innoxia	تحمل الكادميوم
Nicotiana tabacum	تحمل الكادميوم
Oryza sativa	تحمل الكادميوم
	تحمل الشدّ الرطوبى
Triticum durum	تحمل الشدّ الرطوبى
Triticum aesativum	تحمل الشدّ الرطوبى، وتحمل الحرارة العالية
Gossypium hirsutum	تحمل الحرارة العالية (٣٨°م)
Cucumis melo	القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (١٤°م)
Linum usitatissimum	القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (٥-٨°م)
Medicago sativa	تحمل التجمد (-١٦°م)
Oryza sativa	تحمل البرودة (٥-١٠°م)
Trifolium pretense	تحمل التجمد (-١٠°م)
T. aestivum	تحمل التجمد (-١٣°م)
Zea mays	تحمل البرودة (٤°م)
Beta vulgaris	تحمل الأشعة فوق البنفسجية UV-B

الصفات التى تفيد فى الانتخاب لتحمل حالات الشدّ

يجب أن تتوفر فى الصفات التى يُجرى الانتخاب على أساسها لتحمل حالات الشدّ، ما يلى: