الفصل السابع

تربية الخضر لتحمل الظروف البيئية القاسية

مصادر تحمل الظروف البيئية القاسية

يمكن العثور على مصادر وراثية لتحمل الظروف البيئية القاسية فى كل مما يلى:

١-الأصناف التجارية المحسنة وسلالات التربية.

٢-الأصناف المحلية أو البلدية، وإن كانت تحتوى - غالبًا - على صفات أخرى غير مرغوب فيها.

٣-الأنواع البرية القريبة من المحصول المنزرع المراد تحسينه:

تتوفر فى كثير من الأحيان مصادر للصفات المرغوب فيها فى الأنواع البرية القريبة من المحصول المنزرع، وهى الأنواع التى تكون قد خضعت للانتخاب الطبيعى المستمر لتحمل الظروف التى تتواجد طبيعيًا فيها. ولكن مدى الاستفادة من تلك الأنواع يتحدد بأمرين، هما:

أ- غالبًا ما تكون قدرة التحمل للظروف البيئية القاسية فى هذه الأنواع مردها إلى صفات لا تكون مطلوبة فى المحصول المراد تحسينه، مثل صفتى العصيرية succulence، والزغبية pubescence.

ب- كثيرًا ما ترتبط الصفات المرغوب فيها بصفات أخرى غير مرغوب فيها، والتى غالبًا ما يصعب التخلص منها خلال مراحل التربية؛ مما يزيد من فرص انتقالها إلى المحصول المنزرع، وهذا ما يعرف باسم linkage drag.

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 – تدريجيًا – التباينات المشاهدة، بما يتعين اللجوء إلى طرق للتقييم تكون أكثر دقة؛ ليمكن تمييز النباتات – المختلفة وراثيًا فى الصفات المقيمة – عن بعضها البعض كذلك تقل – تدريجيًا – 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 الارتباط إحصائيًا

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 وواقعية؛ 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.

ج- 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

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 الانحراف فى العامل البيئى المعنى تحت الظروف الطبيعية

ومن أهم مزايا التقييم عن طريق مزارع الأنسجة ما يلى:

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.

ج- 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 يلى:

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 مروز الوقت.

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

ج- 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).

مشاكل التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية

إن من ابرز 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).

التربية لتحمل الحرارة المنخفضة

طرق التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة

تتنوع الطرق المتبعة فى تقييم النباتات لتحمل الحرارة المنخفضة حسب النوع النباتى، وحسب كون الهدف القدرة على الإنبات، أم النمو، أم العقد فى الحرارة المنخفضة كما يلى:

اختبارات القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة

تُجرى اختبارات القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة تحت ظروف متحكم فيها ودقيقة فى المختبرات؛ حيث يتم قياس نسبة الإنبات — مباشرة — فى درجات الحرارة المرغوبة، كما يمكن إجراء التقييم تحت ظروف الحقل فى المواسم التى تسودها درجات الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للتقييم، مع تسجيل درجات حرارة التربة من الزراعة إلى حين انتهاء الاختبار. ويكون التقييم الحقلى أكثر واقعية، إلا أنه ربما لا ينجح

بسبب التقلبات الجوية التى قد تؤدى إلى سيادة درجات حرارة شديدة الانخفاض، أو معتدلة – ومناسبة للإنبات – خلال فترة الاختبار.

اختبارات النمو فى الحرارة المنخفضة

يؤدى بقاء نباتات المواسم الدافئة فى درجات الحرارة المنخفضة (من ٢-١٢°م) لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التى يسبق – أو يصاحب – ظهورها تغيرات فسيولوجية؛ أهمها: نقص معدل التنفس والبناء الضوئى، وبطء الحركة الدورانية للسيتوبلازم، وحدوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذيتها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا. كما تُضار نباتات المواسم المعتدلة والباردة بطريقة مماثلة لدى تعرضها لصقيع أو لحرارة قريبة من الصفر المئوى لفترة طويلة.

ويتطلب تقييم تحمل النباتات للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة التحمل لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التى تحدثها البرودة؛ حيث يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الحساسية قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة؛ وبذا.. يمكن الإسراع فى عملية التقييم، مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار.

وتجرى اختبارات التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة إما مباشرة بقياس معدل النمو النباتى فى المجال الحرارى المرغوب فيه، وإما بانتخاب سلالات خلايا Cell Lines من مزارع أنسجة تُعرض لحرارة منخفضة، وإما بطرق غير مباشرة تسجل فيها قياسات ترتبط بقدرة النباتات على تحمل البرودة؛ مثل:

١- الضرر الذى يحدث للأغشية الخلوية لدى تعرضها للبرودة، والذى يتمثل فى زيادة نفاذيتها، وتسرب الايونات منها – ومن الأنسجة النباتية بصورة عامة – بمعدلات عالية.

٢- التغيرات الكيميائية التى تحدث فى المواد الكربوهيدراتية، والأحماض الأمينية، والـ ATP.

٣- الزيادة فى الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة فى حامض اللينولينك Linolenic Acid.

٤- التغيرات التى تحدث فى الكلوروفيل (عن Christiansen ١٩٧٩).

اختبارات القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة

تُجرى اختبارات التقييم لقدرة الثمار على العقد فى الحرارة المنخفضة — عادة — من خلال أحد أربعة محاور:

١-قياس نسبة العقد الطبيعى فى ظروف الجو البارد، الذى تنخفض فيه الحرارة إلى مستوى لا يناسب عقد الثمار.

٢-قياس كمية أو حيوية حبوب اللقاح المنتجة فى الحرارة المنخفضة.

٣-إحداث العقد بحبوب اللقاح التى تتحمل الحرارة المنخفضة بإنتاجها فى حرارة منخفضة، ثم استخدامها فى تلقيح أزهار النباتات المرغوب فيها فى حرارة منخفضة، أو معتدلة.

وتعتمد هذه الطريقة على حقيقتين، هما:

أ- لا تضار — عادة — أعضاء التأنيث فى الأزهار عند تعرضها للحرارة المنخفضة بنفس القدر الذى تُضار به أعضاء التذكير.

ب- نجد — حسب قانون هاردى/فينبرج — أن حبوب اللقاح تُنتج بالنسبة العالية q، مقارنة بالنسبة المنخفضة لتواجد النباتات المنتجة لها q^2.. فلو كانت q = ٠,١ فإن q^2 = ٠,٠١.

٤-قياس قدرة الثمار على العقد البكرى فى ظروف الحرارة المنخفضة غير المناسبة للعقد الطبيعى.

القياسات المستخدمة فى تقدير مدى تحمل البرودة

إن من أهم المكونات التى يُقاس بها مدى تحمل النباتات للبرودة، ما يلى:

١-درجة عدم تشبع دهون الأغشية البلازمية:

كلما ازدادت درجة عدم التشبع .كلما انخفضت الحرارة التى تحدث عندها التحولات فى الغشاء البلازمى وقلت الأضرار بالغشاء، وهى تقدر بدرجة التسرب الأيونى. وقد استخدم اختبار التسرب الأيونى فى عديد من اختبارات تحمل البرودة فى أنواع نباتية مختلفة.

هذا إلاّ اختبار التسرب الأيونى من الجدر الثمرية الخارجية pericarp لثمار الطماطم لم يكن دليلاً يمكن الاعتماد عليه لقياس مدى تحمل البرودة (٣°م) والأضرار التى تحدث بالأغشية البروتوبلازمية، وذلك عند مقارنة ثلاثة أصناف حساسة (هى: UC 82، وH722، وH9023) بالصنفين المتحملين Trend، و Vedette. فعلى الرغم من زيادة التسرب فى الأصناف الحساسة عما فى الصنفين المتحملين؛ الأمر الذى يرتبط بظهور أضرار البرودة بعد نقل الثمار لحرارة الغرفة (٢٠°م)؛ فإن ذلك الارتباط انهار بعد نقل الثمار لحرارة الغرفة. فبينما ازداد التسرب الأيونى جوهريًا فى ٢٠°م فى الثمار المضارة قليلاً، فإنه انخفض كثيرًا فى الثمار المضارة بشدة (Coté وآخرون ١٩٩٣).

٢- ضعف حساسية البناء الضوئى لشد البرودة:

يرجع ذلك — جزئيًا — لتحمل إنزيمات معينة للبرودة، وتُقدر بقياس مدى فلورة الكلوروفيل عند ٦٨٥ نانوميتر.

يُعتقد بأن تقدير معدل البناء الضوئى بعد التعرض لشد البرودة يعد وسيلة فعالة للتقييم لتحمل البرودة فى الخيار (Aoki وآخرون ١٩٨٩).

وبينما انخفضت نسبة فلورة الكلوروفيل F685/F730 في صنف الفاصوليا الحساس للحرارة المنخفضة Mondragone بانخفاض الحرارة حتى ٤°م، فإن هذه النسبة ازدادت قليلاً في صنف البسلة Shuttle المتحمل للحرارة المنخفضة. ويعني ذلك أن تلك النسبة قد يمكن استخدامها في التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة في الضوء (DiPaola وآخرون ١٩٩٥)

٣-الـ Plastochron:

وهي الفترة التي تمر بين الوصول إلى مراحل نمو متماثلة للأوراق المتتالية. وقد اقترحت للطماطم.

٤-تراكم الكلوروفيل تحت ظروف شدّ البرودة:

إن تراكم الكلوروفيل يتوقف بفعل توقف تطور تكوين أغشية الـ thylakoids، أو بسبب حدوث عدم توازن في مسار الـ pyrophyrin هذا ويقل تأثر تراكم الكلوروفيل بالحرارة المنخفضة في التراكيب الوراثية المتحملة للبرودة مقارنة بتأثر التراكيب الوراثية الحساسة.

٥- قدرة البذور على الإنبات.

٦- قدرة الثمار والبذور على العقد.

٧- خصوبة حبوب اللقاح (Singh ١٩٩٣).

وراثة تحمل البرودة

إن وراثة تحمل البرودة في النباتات تتباين كثيرًا من نوع نباتي للآخر ومن حالة لأخرى، كما يلي:

١- وجدت عوامل سيتوبلازمية تتحكم في المقاومة للبرودة في بعض الحالات، إلاّ أن معظم الدراسات أوضحت أن تلك العوامل دورها ثانوي في آلية التحمل.

٢- وجدت جينات تكسب النباتات مستويات مختلفة من تحمل البرودة تتباين فيما بين الأنواع وكذلك داخل النوع، وهى الجينات التى استفاد منها مربو النباتات فى جهود التربية.

٣- على الرغم من وجود أمثلة على الفعل الجينى غير الإضافى، فإن تحمل البرودة غالبًا ما يتحكم فيه جينات ذات تأثير إضافى. ومن أبرز الاستثناءات لجينات تحمل البرودة ذات التأثير الإضافى جين (أو جينات) تحمل البرودة السائدة فى القمح التى ترتبط بشدة بكل من جينى الارتباع (Vrn1) والنمو المنبطح prostrate.

٤- قد تلعب التفاعلات بين الجينات غير الآليلية دورًا فى التغير النهائى لجينات تحمل الحرارة المنخفضة التى تُنقل لخلفية وراثية غريبة عنها. والمثال على ذلك التثبيط الذى يحدث لجينات الراى المسئولة عن التحمل الفائق للحرارة المنخفضة، وذلك عند نقلها إلى القمح الرباعى والسداسى.

٥- عُرفت عديدًا من حالات التنحى والسيادة الجزئية والسيادة الفائقة فى وراثة تحمل البرودة (Flower & Limin ٢٠٠٧).

ويتباين نظام توريث تحمل البرودة حسب الصفة التى تتخذ مقياسًا للتحمل، كما يلى:

١- فى الطماطم استخدمت ثلاث صفات لقياس تحمل البرودة فى دراسات وراثة التحمل، كما يلى:

أ- التسرب الأيونى:

كانت القدرة العامة على التآلف GCA أهم من القدرة الخاصة SCA، وصاحب انخفاض التسرب القدرة على النمو فى الحرارة المنخفضة.

ب- إنبات البذور:

تحكم فى القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (١٠°م فى حجرات نمو) جينات ذات تأثير إضافى، مع وجود تأثير أمّى ودرجة توريث عالية قدرت بنحو ٦٩٪.

ج- النمو النباتى:

يتحكم فى النمو النباتى تحت ظروف شدّ البرودة ثلاثة جينات على الأقل.

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.

التربية لتحمل الحرارة العالية

الشد الحرارى

يُعْرف الشدّ الحرارى غالبًا بالارتفاع فى درجة الحرارة لأكثر من مستوى معين حرج لمدة من الوقت تكفى لإحداث أضرار لا عودة فيها فى نمو النبات وتطوره وعمومًا.. فإن الارتفاع المؤقت فى الحرارة فى حدود ١٠-١٥°م فوق حرارة الهواء المحيط يعتبر شدًّا حراريًّا أو صدمة حرارية. هذا إلا أن الشدّ الحرارى هو دالة معقدة لكل من شدة الارتفاع الحرارى، ومدته، ومعدل الزيادة فى درجة الحرارة.

أما تحمل الحرارة فيعرف بأنه قدرة النبات على النمو وإنتاج محصول اقتصادى فى ظروف الحرارة العالية. وبينما يعتقد البعض أن حرارة الليل هى العامل الأساسى