أما المحصول الاقتصادى فيقدر بالمعادلة التالية:

$$EY = E_a \times WUE \times HI$$

حيث إن:

EY = المحصول الاقتصادى.

WUE = كفاءة استعمال الماء Water Use efficiency (كمية الماء المفقودة مقابل كل وحدة وزن من المادة العضوية المصنعة).

HI = دليل الحصاد (عن Blum ١٩٨٩).

## وراثة تحمل الجفاف فى النباتات

يعتقد أنه باستثناء بعض الصفات البسيطة المؤثرة فى القدرة على تحمل الجفاف فى النباتات، فإن غالبية حالات تحمل الجفاف كمية، كما يعتقد أن مختلف السلالات التى تُظهر تلك الصفة تتميز بنظم مختلفة لتحمل الجفاف؛ نظرًا لنشأتها فى ظروف بيئية متباينة. لذا .. فإن تهجين تلك السلالات — مجتمعة — قد يعطى الفرصة لظهور انعزالات وراثية أكثر تحملاً للجفاف من كل سلالة على حدة.

إن وراثة الصفات ذات العلاقة بتحمل الجفاف يتراوح بين الـ oligogenic (يتحكم فيها جينات قليلة العدد) إلى polygenic (يتحكم فيها عديد من الجينات). ويبين جدول (٨-١) نظام التحكم الوراثى فى تلك الصفات. وعمومًا .. فإن صفات الأوراق (مثل الطبقة الشمعية واللمعان، واللون الرمادى المزرق glucousness والأوراق الملساء) غالبًا هى oligogenic. وكذلك يبدو أن صفات تراكم حامض الأبسيسك والبرولين (حتى ٦ أضعاف فى الشعير)، وعقد القرون دون سقوط للأزهار فى الفاصوليا هى أيضًا oligogenic. هذا .. إلا أن الصفات الأخرى التى يعتقد فى ارتباطها بمقاومة الجفاف يبدو أنها polygenic. وتتباين درجة التوريث فى الصفات التى دُرست فيها تلك الخاصية بين المنخفضة (كما فى صفة توصيل الثغور فى القطن) والمرتفعة (كما فى صفة قطر الخشب فى القمح). وترتبط معظم تلك

الصفات بكمية المحصول تحت ظروف الشدّ، إلا أن ذلك الارتباط يكون — غالبًا — ضعيفًا. وكما يظهر فى الجدول .. فإن الانتخاب لبعض تلك الصفات يكون فعالاً (عن Singh ١٩٩٣).

جدول (٨–١): نظام التحكم الوراثى فى بعض الصفات المؤثرة فى تحمل الجفاف (عن Singh ١٩٩٣).

| الصفة | المحصول | عدد الجينات والفعل الجينى[أ] | درجة التوريث | الارتباط والصفات المرتبطة[أ] | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| تجنب فقد الرطوبة | | | | | |
| صفات الجذور[ب] | الأرز | D,A | متوسطة | + مع استجابة النمو الخضرى للجفاف | — |
| قطر خشب الجذر | القمح | — | عالية | — | تستجيب للانتخاب |
| توصيل الثغور | القطن | A, D | منخفضة | — | — |
| التعديل الأسموزى | القمح | بسيطة | — | + مع المحصول | — |
| | *Brassica* sp. | — | – | + مع المحصول وتوصيل الثغور | – |
| | السورجم | – | – | + مع المحصول وتحمل الجفاف | قد تقلل المحصول |
| تراكم حامض الأبسيسك | القمح | بسيطة | – | + مع المحصول | الانتخاب فعال |
| الشمع السطحى | السورجم | Bm1, Bm2 | – | – | – |
| الشمع السطحى غير الكثيف | السورجم | h1, h2, h3 | – | – | – |
| الشمع الأديمى | الشعير | ٥٦ جين | – | – | – |
| لمعان الأوراق | السورجم | gl1-gl10 | – | – | – |
| اللون الرمادى المزرق للأوراق | القمح | w1, W1, $W1^1$, W2, $W2^b$, $W2^1$ | – | – | تؤثر فى التركيب الكيميائى للشمع |

تابع جدول (٨-١).

| الصفة | المحصول | عدد الجينات والفعل الجيني[أ] | درجة التوريث | الارتباط والصفات المرتبطة[أ] | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| الأوراق الملساء | فول الصويا | جين واحد سائد | – | – | – |
| احتفاظ الأوراق بالرطوبة تحمل فقد الرطوبة | القمح | D | – | – | – |
| استعادة البادرات لنموها[ب] | الذرة | D > R | – | – | — |
| نمو البادرات [ب] | الذرة | – | – | – | فعال للانتخاب لتحمل الجفاف |
| عقد القرون | الفاصوليا | ١-٢ جين سائد | – | – | – |
| تراكم البرولين | *Brassica* sp. | A | – | – | الانتخاب فعال |
| | الشعير | بسيطة | – | – | – |
| الجهد المائي للأوراق[ب] | عدة محاصيل | – | – | + مع المحصول والقدرة على امتصاص الماء | – |
| تأخر عفن الأوراق [ب] | الأرز | – | – | – | الانتخاب فعال |
| حرارة النمو الخضرى [ب] | الذرة | – | – | + مع المحصول | تزيد كمية المحصول |

أ- D: سيادة، و A: تأثير إضافي، و + : تحت ظروف الشدّ وكذلك عدم الشدّ.

ب- الجذور الطويلة، وعدد الجذور، ونسبة النمو الجذرى إلى النمو الخضرى العالية، وكثافة النمو الجذرى، وزيادة الوزن الجاف للجذور.

جـ- تحت ظروف الشدّ.

ومن الدراسات القليلة التي أجريت على وراثة الصفات ذات العلاقة بتحمل الجفاف في النباتات تبين ما يلي:

١- كانت صفة انغلاق الثغور في القطن — تحت ظروف الشدّ الرطوبي — كمية،

وظهر فيها تأثير كل من الإضافة والسيادة، وكانت درجة توريث الصفة منخفضة، ولم يكن للأم أى تأثير فى الصفة التى كانت سائدة تمامًا تحت ظروف الشدِّ الرطوبى العالى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

٢- كانت درجة توريث تراكم البرولين فى فول الصويا — تحت ظروف الجفاف فى المختبر — ٥٧٪ (عن Myeres وآخرين ١٩٨٦).

٣- تقوم النباتات تحت ظروف الجفاف بخفض فقدها للماء بإغلاقها للثغور تحت تأثير إشارة من حامض الأبسيسك الذى يُنتج فى تلك الظروف. ولذا أفادت الطفرات غير الحساسة (مثل: abi1-1R3)، وكذلك زائدة الحساسية (مثل: ERA1) لحامض الأبسيسك فى دراسة دورة فى تحمل الجفاف (Dalal وآخرون ٢٠٠٦).

وللتفاصيل المتعلقة بدراسات الـ QTLs الخاصة بتحمل الجفاف فى النباتات .. يراجع Tuberosa & Salvi (٢٠٠٦).

## استئناس النباتات التى تتحمل الجفاف

استأنس الإنسان عددًا من النباتات البرية التى تتميز بقدرتها على تحمل الجفاف، بأن زرعها للاستفادة منها كغذاء له، أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات معينة منها ومن أهم هذه النباتات ما يلى:

**١- شجرة الهوهوبا Jojoba:**

اكتشفت شجرة الهوهوبا *Simmomdsia chinensis* (شكل ٨-١) — التى تتميز بقدرتها العالية على تحمل ظروف الجفاف — فى موطنها الأصلى فى جنوب ولاية كاليفورنيا وولاية أريزونا الأمريكيتين. تحتوى بذور هذه الشجرة على زيت يجمع بين خصائص الدهن والشمع (يتكون كليًا تقريبًا من إسترات الشمع السائلة)، ويعد بديلاً جيدًا لزيت حيتان العنبر. يدخل هذا الزيت فى صناعة عديد من مركبات تلطيف البشرة لقدرته على النفاذ من مسام الجلد. وله خصائص جيدة فى التشحيم تمكنه من مقاومة الحرارة والبرودة الزائدة مع تغير طفيف فى اللزوجة. وهو يستعمل كذلك فى