

آليات مقاومة النباتات للجفاف :

من أهم المعاني التي يكتسبها مفهوم التأقلم مع الجفاف هو قدرة النبات على إعطاء إنتاج مقبول تحت ظروف الجفاف. النبات المتأقلم هو ذلك الذي يحتمل أو يقاوم عجزاً مائياً معيناً ويستطيع الإنتاج بمستوى مقبول مقارنة مع نبات آخر غير متكيف مع الجفاف. تستجيب النباتات للإجهاد المائي بآليات تختلف والنوع النباتي، وهي الآليات التي لا يمكن فصلها عن بعضها البعض لأنها قد تكون متكاملة. لاحظ (Monneveux et Benlaribi) مدى تعقيد الظواهر الفيزيولوجية للتأقلم مع العجز المائي عند الحنطة ، فقد سجلا تراكماً للبرولين عند النباتات المعرضة للإجهاد المائي الذي يؤدي إلى جفاف الأوراق المسنة وتخفيض القدرة على إمتصاص الماء من طرف النبات مما يؤدي في النهاية إلى تقليل الإنتاج .

فالنباتات المعرضة للإجهاد المائي تبدي استجابات مؤقتة لتنظيم حالتها المائية، لوحظ من خلال الأبحاث العديدة في هذا المجال أن تلك الإستجابات هي ذات طبيعة فيزيولوجية مورفوفيزيولوجية وأخرى مرتبطة بدورة حياة النبات. ومن أهم هذه آليات هي:

١ - آليات مرتبطة بدورة حياة النبات:

وهي ما يصطلح عليها باسم الهروب أو التفادي (Echappement) وتتمثل في قدرة النبات على إنهاء دورة حياته خلال الفترة التي يكون فيها الماء متوفراً، فالنمو السريع والإزهار المبكر يسمحان بتفادي فترة الجفاف. يطور النبات آليات تأقلمية مرتبطة بدورة حياته (التبكير) وأخرى فيزيولوجية (مقاومة جفاف الأنسجة) لتفادي الفترات الحرجة في حياته . فالأصناف المبكرة تستطيع تجنب فترة العجز المائي التي تصادف عادة نهاية دورة حياة النبات. فالتبكير آلية تستعملها النباتات لتجنب الجفاف. فقد تبين من النتائج التي تحصل عليها (Cecarelli) أن الأصناف ذات الحاصل العالي هي دائماً تلك التي تحدث عندها مرحلتي الأزهار والنضج مبكراً، أما تلك التي تحصل عليها (Nachit et al.,1992) و (Kara et Bentchikou.,2002) فبينت أن الحاصل العالي الارتباط بالتبكير ($r = 0.75$). أُرْجِع تحسن الإنتاج تحت شروط

الجفاف إلى التذكير. فقد بين (Turner.,1986) في دراسة على ٥٣ صنف من القمح، الشعير أن التذكير بيوم واحد يؤدي إلى إرتفاع المحصول ٣ قنطار/هكتار.

في المقابل لاحظ (Fischer et Maurer.,1978) أن النتائج الايجابية للتذكير تبقى مرهونة بمدى حساسية النبات للفترة الضوئية ودرجات الحرارة المرتفعة.

٢ - آليات مورفوفيزيولوجية:

و هي آليات تتلخص في قدرة النبات على تفادي جفاف الأنسجة بمواصلة إمتصاصه للماء من الوسط و بالتالي المحافظة على المحتوى المائي للخلايا.

يمكن إيجاز تلك الآليات فيما يلي:

أ- استمرار الإمتصاص:

القدرة على إمتصاص الماء في ظل العجز المائي عند النجيليات مرتبطة حسب عدد من الباحثين بتطور الجهاز الجذري. فالجذور هي العضو الوحيد لتزود النبات بالماء، لذا فالقدرة على النقل الأفقي للنسيج في مستوى الجذور يمثل أعلى درجات مقاومة الجفاف.

ب - التقليل من فقدان الماء:

للمحافظة على محتوى مائي داخلي كافي، يبدي النبات جملة من الآليات؛ بعض الصفات المورفولوجية للأوراق مثل: إتفاف الأوراق و التنظيم الثغري تساهم في تقليل فقدان الماء. لاحظ (Clarke et Townley-Smith.,1986) أن ظاهرة إتفاف الأوراق هي في نفس الوقت مؤشر على إنكماش الخلايا ووسيلة لتفادي جفاف الأنسجة بالتقليل من عملية النتح. تتمثل أهم آليات المحافظة على المحتوى المائي خلال فترات الجفاف في (غلق الثغور، إتفاف الأوراق و تقليل إمتصاص الإشعاعات الضوئية) فعملية النتح مرتبطة بعدة عوامل داخلية أهمها: المساحة الورقية، سمك طبقة الكيوتيكل، عدد الثغور و مكان توزيعها على سطحي الورقة و هي العوامل التي يكيفها النبات حسب شدة الإجهاد المائي.

ولخص (Monneveux.,1989) أهم معايير التكيف مع الجفاف كما هو مبين في الجدول (٢).

الجدول (٢): المعايير المورفوفيزيولوجية للتأقلم مع الجفاف حسب (Monneveux.,198)

أمثلة	معايير التأقلم
التبكير	معايير مرتبطة بالدورة البيولوجية
تفرع الجهاز الجذري.	معايير مورفولوجية
وضع ومساحة الأوراق.	
حجم السيقان (القصبات)	
طول السفاه	
إلتواء الأوراق	
كثافة (trichome)	
(glaucescence) ولون الأوراق.	
وجود المواد الشمعية.	
كثافة وحجم الثغور ، انضغاط الميزوفيل.	
سمك الكيوتيكل ، عدد وقطر أوعية الخشب الجذرية .	
الآثار الثغرية وغيرها للإجهاد المائي على التركيب الضوئي.	معايير مورفوفيزيولوجية
تقليص النتح بغلق الثغور .	
المحافظة على كمون مائي مرتفع .	
التعديل الحلولي (تراكم الشوارد المعدنية ، البرولين والسكريات الذائبة)	

ج - دور البرولين والسكريات الذائبة:

أجمع العديد من الباحثين على أن أهم آليات التأقلم مع الجفاف هو التعديل الازموزي الذي يسمح بالحفاظ على إنتاج خلايا النباتات المجهدة بتراكم عدة مواد منحلة كالنترات (NO^-)³، السكريات، الأحماض الأمينية (كالبرولين)، الأحماض العضوية وأملاح البوتاسيوم،؛ كما أن البرولين والسكريات تتركب بسرعة أكبر تحت تأثير الإجهاد المائي .

١- دور البرولين:

لوحظ أن تراكم البرولين عند النباتات المجهدة يعتبر عاملاً محدداً لتأثير الإجهاد المائي، كما أُعْتُبر مؤشراً على التأقلم مع إجهاد معين (برودة، ملوحة أو إجهاد مائي) ، ذلك لأن البرولين يحافظ على ضغط خلوي مرتفع. كما أن تراكم البرولين عند الحنطة غير مرتبط بمرحلة معينة من النمو إنما هو ناتج عن الإجهاد المائي. بينت الكثير من الدراسات أن تراكم البرولين لا يحدث الا عند النباتات المجهدة، فقد أكد (Hubac in Nemmar) أن إرتفاع محتوى البرولين هو نتيجة مباشرة للإجهاد المائي. كما بينت الأعمال التي قام بها (Adjab) أن المستويات العالية لمحتوى البرولين سجلت في حالة الإجهاد المائي الشديد، نفس تلك النتائج توصل إليها (Bamoun., 1997) و (Adjab et Khezane.,1998) . فارتفاع محتوى البرولين هو إستجابة وقائية للنباتات تجاه كل العوامل التي تخفّض نسبة الماء في الخلايا.

٢ - السكريات الذائبة:

لاحظ (Bensari) أن تحمل الجفاف قد يكون راجعاً للإستعمال التدريجي للخزونات النشوية. و أشار الكثير من الباحثين الى الدور الوقائي الذي تلعبه السكريات الذائبة على مستوى الأنظمة الغشائية بصفة عامة والأغشية الميتوكوندرية بصفة خاصة بالإضافة إلى ذلك فإن السكريات الذائبة تساهم في حماية الظواهر (التفاعلات) المؤدية إلى تركيب الأنزيمات الشيء الذي يسمح للنبات بتحمل أفضل لمؤثرات الجفاف (Duffus.,1989 in Bamoun.,1997). لاحظ (Ali dib et al.,1990) أن تغيرات محتوى الحنطة من السكريات الذائبة أضعف بكثير منها بالنسبة للبرولين وأن أكبر النسب تسجل إنطلاقاً من اليوم الثاني عشر (١٢) من الاجهاد المائي. أما النتائج التي توصل إليها (Adjab.,2002) خلال معايرته للسكريات في الورقة الخامسة عند خمسة أصناف من القمح الصلب فبينت أن هذه الأخيرة تبدي تراكماً ضعيفاً لها (أي للسكريات الذائبة).

السكريات و البرولين مع مواد أخرى تساهم في ظاهرة التعديل الخلوي التي تحمي الأغشية والأنظمة الأنزيمية وذلك بالمحافظة على إنتاج الخلايا لتعويض الانخفاض المائي للأوراق.

دور بعض أعضاء النبات في تحقيق أفضل حاصل في ظل العجز المائي:

يتحقق الحاصل النهائي بتداخل مجموعة من الآليات تساهم فيها أعضاء النبات المختلفة بالإضافة الى مورفولوجية النبات.

١ - دور الأوراق:

تلعب الورقة النهائية (ورقة العلم) دوراً أساسياً في إمتلاء البذرة، فمصدر المواد العضوية التي تُخزن في البذرة هو عملية التركيب الضوئي التي تحدث في الأوراق خلال المرحلة ما بعد الإزهار. في ظل العجز المائي تشيخ الورقة النهائية (الشيخوخة) بسرعة مما يحدد فعاليتها، فتأخذ بعض الأعضاء دوراً مكملًا لها خاصة الساق حيث تخزن فيه المواد المركبة ثم تتحرك نحو البذرة. أعتبر (Gates et al.,1993) أن حياة الورقة النهائية تقدر بتطور مساحتها الخضراء وهو مؤشر على مستوى عمل جهاز التركيب الضوئي في وجود عجز مائي. تساهم الورقة النهائية خلال مرحلتي الأزهار والنضج بشكل كبير في تحقيق الحاصل عند النجيليات، ومنه فبتأخر شيخوخة الأوراق يمكن تحسين إمتلاء الحبوب .

٢ - دور السنبلّة :

أظهرت عدة دراسات أهمية السنبلّة في تركيب المواد العضوية التي تساهم في إمتلاء الحبوب. يؤدي الاجهاد المائي إلى إضعاف الأعضاء التي تقوم بالتركيب الضوئي (الأوراق خاصة) مما يستدعي تدخل السنبلّة . تمتاز بعض أصناف الحنطة بسفاه طويلة قادرة على تعويض الأوراق الميتة فيما يخص عملية التركيب الضوئي . السفاه أقل تأثراً بالحرارة المرتفعة مقارنة بالورقة النهائية، لذلك فهي تساهم في رفع المردود في المناطق الحارة والجافة . حيث بينت العديد من الأبحاث التي أجريت على كثير من الأصناف تحت ظروف الاجهاد المائي أن السفاه تساهم في إمتلاء الحبوب.

٣ - دور الساق:

الساق هو المصدر الرئيسي للمادة الجافة ويتكون أساساً من (الكليكوز، الفريكتوز و السكروز) والتي تتحرك فيما بعد نحو الحبوب للمساهمة في امتلائها، تساهم المادة الجافة التي تتشكل في الساق قبل الإزهار بنسبة ٣ إلى ٣٠ % في إمتلاء الحبوب، كما أن ٥٠% من المواد الناتجة عن التركيب الضوئي و المتكونه بعد الإزهار تُخزن أولاً في الساق لمدة عشرة أيام أو أكثر قبل أن تتحرك نحو الحبوب، وترتفع مساهمة الساق في إمتلاء الحبوب في حالة وجود عجز مائي ويمكن أن يكون ذلك بنسبة تفوق ٤٠% من المادة الجافة للحبوب.

٤ - طول النبات:

منذ مدة طويلة أرتبط طول النبات بمقاومة الجفاف، حيث كلما كان النبات مرتفعاً كانت جذوره أكثر عمقاً وبالتالي إمتصاص كمية أكبر من الماء ومنه يكون الحاصل أحسن. قدرة النبات على ملأ الحبوب مرتبط بكمية المواد المخزنة في الساق ، وبقدرته على تحريك تلك المخزونات نحو الحبوب خاصة تحت ظروف العجز المائي الذي يصادف نهاية دورة حيات النبات. فالأصناف ذات السيقان القصيرة ليست قادرة على تخزين المواد بكميات كافية مما يجعلها ضعيفة المقاومة أمام إجهادات الوسط .