

## الاجهاد المائي Drought stress

يعتمد نمو أي نبات نمواً طبيعياً على حالة الإتزان بين ما يمتصه ذلك النبات من الماء وبين ما يفقده، قد تكون حالة عدم الإتزان ضئيلة ( أي أن ما يمتصه النبات من الماء بالكاد يكفي لتغطية ما يفقده الخلايا ولا تكون في حالة امتلاء) ، وقد يكون حالة عدم الإتزان كبيرة فتظهر آثاره على هيئة ذبول مؤقت أما إذا كانت كمية الماء المفقود من النبات تفوق ما سيتطيع النبات امتصاصه وعلى درجة كبيرة فإن أعراض الذبول الدائم تبدو واضحة عليه وغالباً ينتهي الأمر بموت النبات ، وبالرغم من أن للماء أهمية كبيرة في حياة النبات إلا أنه قد يكون عامل بيئي مجهد ويرجع الإجهاد المائي إلى:

### 1- إجهاد زيادة الماء إجهاد الغمر:

تؤدي زيادة الرطوبة إلى تثبيط الإنبات لأن الظروف اللاهوائية المتكونة تعيق عملية الإنبات فتختنق البذور لحرمانها من الأكسجين الحر. تحتاج البذور إلى الأوكسجين لإنباتها حيث يزداد تنفس البذور أثناء الإنبات وبالتالي أكسدة وهدم مثبط موجود في البذرة وبالتالي تسمح بالإنبات، قد يحدث تنفس لا هوائي حيث تتمزق أغلفة البذرة ويصبح التنفس هوائي ( كحالة نادرة ) ، وتكون البذرة مقاومة للإجهاد إذا زادت نسبة الإنبات عن ٥٠ % وبالتالي يمكن قياس قدرة البذرة على مقاومة الإجهاد عن طريق حساب معدل نسبة إنبات البذور.

### 2- إجهاد نقص الماء إجهاد الجفاف:

الإجهاد المائي هو الضرر الذي يصيب النبات نتيجة التعرض لنقص أو زيادة الماء في بيئة النبات عن الحد الأمثل للنمو. كما يعرف إجهاد الجفاف بالإجهاد المائي وقد يسبب الجفاف تجفيف للأنسجة النباتية حيث أن تجفيف النبات يحدث عندما يفقد ٥٠ % أو أكثر من محتواه المائي وبناء على ذلك فإجهاد الجفاف هو العامل القادر على إحداث فقد ٥٠ % أو أكثر من المحتوى المائي للنبات.

يعتبر أجهاد الجفاف أحد أنواع الاجهاد المائي وينتج عن نفقص الماء دون زيادته. ويعرف بأنه الحالة التي نقل فيها جاهزية الماء إلى نقطة لا يستطيع عندها النبات أمتصاص الماء بسرعة كافية لتكافىء متطلبات التبخر - نتح. تنتج التأثيرات السلبية للإجهاد المائي عن جفاف بروتوبلازم الخلايا، ففقدان الماء يؤدي إلى انكماش البروتوبلازم ومنه إرتفاع تركيز المحاليل، الشيء الذي يسبب أضراراً كبيرة على المستوى البنيوي. والإجهاد المائي الشديد يمكن أن يحدث إنخفاضاً في كمية إلى مستويات الدنيا ومنه توقف أو تبطىء بعض الوظائف الحيوية كالتركيب الضوئي.

### بعض المعايير المورفوفيزيولوجية في ظل الاجهاد المائي:

#### ١ - الورقة:

الورقة هي العضو الأكثر تأثراً بالإجهاد المائي حيث يتوقف نمو النصل ثم تلتف الورقة و بعد إزهار النبات تشيخ الأوراق بسرعة. لوحظ تأثير الإجهاد المائي بقياس طول الأوراق النهائية ، إذ يكون هذا المعيار أساسياً في فهم آلية مقاومة الإجهاد المائي. كما أن الإجهاد المائي يقلص المساحة الورقية أي يقلص المساحة المستقبلة للضوء مما يؤثر سلباً في بناء المركبات العضوية.

#### ٢ - التركيب الضوئي:

أكدت الكثير من الأبحاث تأثير الإجهاد المائي على مختلف تفاعلات عملية التركيب الضوئي. وبصفة عامة يرى الباحثون أن ذلك يتم بطريقتين :

أ- إرتفاع المقاومة الثغرية، مما يحدد إنتشار غاز  $CO_2$  إلى داخل الأوراق ومنه تحديد معدل التركيب الضوئي.

ب- التأثير على تفاعلات الخلية. حيث تعمل الخلايا الثغرية وغيرها في حالة الإجهاد المائي على تقليل معدل التركيب الضوئي عند الحنطة، وذلك بغلق الثغور وبتقليل المساحة الورقية والنقليل من فقدان الماء مما يؤدي إلى تخفيض الحاصل. كما أن الإجهاد المائي الشديد يؤثر مباشرة على عمل الأنظمة اليخضورية الضوئية ويؤدي إلى خفض محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية.

## ٣ - الجذور:

قليلة هي الدراسات التي بحثت الصفات الجذرية في ظل الإجهاد المائي رغم أهميتها في مقاومة الجفاف. تختلف مورفولوجية الجهاز الجذري من نوع نباتي إلى آخر فهي محددة بالنوع الوراثي كما أنها مرتبطة بالخصائص التربة والمناخ. حيث وجد أن عدد الجذور يتأثر كثيراً في حالة العجز المائي.

## دورة حياة النبات في ظل الإجهاد المائي وتأثير ذلك على الحاصل ومكوناته:

للإجهاد المائي تأثير متباين على مراحل تطور النبات حيث تتغير حساسية النبات بتغير مراحل النمو .

## ١ - مرحلة النمو الخضري:

الجفاف يقلص كل من طول وقطر الساق، طول السلاميات، عدد الأوراق ومساحتها وهذا عند النباتات بصفة عامة. أن حساسية المساحة الورقية تجاه إجهاد مائي المتوسط هي بمثابة آلية تكيفية تساهم في نقل المواد الممتلئة من أجل نمو الجذور وبالتالي تحسين الحالة المائية للنبات. و في دراسة على عباد الشمس إستخلص أن العجز المائي خلال المرحلة الخضرية يقلص بشكل ملحوظ طول الساق ويثبط (يكبح) تركيب المادة الجافة. كما بينت النتائج التي تحصل عليها في دراسة على خمسة أصناف من الحنطة، عرضت لمستويات متزايدة من الاجهاد المائي، أنه كلما كان الاجهاد المائي شديداً، تقلصت المساحة الورقية أكثر.

## ٢ - مرحلة النمو التكاثري والنضج:

بينت بعض الدراسات أن الفترة بين مرحلتي الإزهار والنضج هي الأكثر حساسية للإجهاد المائي وأهم عارض لذلك هو ظاهرة الإبيضاض (Glaucescence) الذي يؤدي إلى تقليل الحاصل عن طريق تحديد عدد السنابل وإجهاض السنبيلات في طرفي السنبلة كما يخفض من حيوية حبوب الطلع الذي لاحظ كذلك أن بسبب نقص الماء و العناصر المغذية.

أما العجز المائي الذي يصادف مرحلة النضج فهو غير ملائم تماماً حيث يخفّض بشكل كبير وزن ١٠٠٠ حبة، وذلك بتأثر عملية إمتلاء الحبوب نتيجة تباطؤ أو توقف حركة المواد المركبة في الأوراق وهو ما قد يمثل السبب الرئيسي في محدودية الحاصل النهائي.

### دور البرولين والسكريات الذائبة في مقاومة الجفاف:

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 ( $NO^-$ )<sup>3</sup>، 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 أُعتبر 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 أن إرتفاع محتوى البرولين هو نتيجة مباشرة للإجهاد المائي. إرتفاع محتوى البرولين هو إستجابة وقائية للنباتات تجاه كل العوامل التي تخفّض نسبة الماء في الخلايا.

#### ٢- السكريات الذائبة:

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. لوحظ 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.

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

## الهرمونات النباتية والاجهاد المائي:

### الهرمونات النباتية:

الهرمونات النباتية عبارة عن مركبات عضوية طبيعية أو اصطناعية تؤثر في بعض العمليات العامه عند النباتات التي ينتج عنها تغيراً في مظاهر نموها المختلفة، فالهرمونات تعمل كإشارات كيميائية أو حاثات لتنشيط أو تثبيط نمو النبات. يلاحظ على الهرمونات النباتية (عكس الهرمونات الحيوانية) أنها تؤثر في عمليات فيزيولوجية عديدة ومختلفة في جسم النبات فينعكس ذلك على أكثر من مظهر من مظاهر نموه، ومنه فإن ما نلاحظه من مظاهر نمو وتطور النبات قد يكون محصلة لتأثير الهرمونات المختلفة.

هناك عدة أنواع من الهرمونات النباتية تختلف عن بعضها في تركيبها الكيميائي وتأثيرها البيولوجي: قد تكون ١- هرمونات منشطة : الأوكسينات خاصة - AIA الجبريلينات و(السيتوكينينات).

٢- هرمونات مثبطة كالإيثيلين و حامض الأبسيسيك.

٣- تكون مركبات أخرى كالأمينات المتعددة، حامض السلسيليك، حامض الجاسمونيك والبراسينوستيروويد.

## الجدول(٣) أهم أنواع الهرمونات النباتية وبعض وظائفها الفيزيولوجية

الهرمون	مكان التخليق	الاكتشاف	الحركة	الدور الفيزيولوجي
الأوكسينات	قسم السيقان والأوراق الفتية	Went.,1928	الأعلى قطبية من إلى الأسفل عبر اللحاء أو العكس	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تحفز تطاول الساق و الجذور .</li> <li>- تحفيز تطاول الخلايا و تمايزها .</li> <li>- تحفيز الانقسام الخلوي .</li> <li>- تحفيز تطور الأزهار و الثمار اللحمية</li> <li>- يساهم في الانجذاب الضوئي phototropisme و الانجذاب الأرضي gravitropisme</li> </ul>
السيطوكينات	الجذور	Miller et al.,1956	غير قطبية في كل الاتجاهات في الخشب واللحاء	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تحفز إنقسام و نمو الخلايا .</li> <li>- تحفز تجدد البراعم و إزالة السيطرة القمية .</li> <li>- تمايز أعضاء النبات Morphogenèse</li> <li>- ضرورة لتحريك المواد المغذية .</li> <li>- تؤخر شيخوخة الأوراق</li> <li>- كسر الحياة البطيئة للبذور و البراعم</li> </ul>
الجبرلينات	مناطق النمو مثل قمم الأغصان و الجذور الفتية	Yabuta et Sumiki. 1938	غير قطبية في كل الاتجاهات تنتقل في الخشب واللحاء	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تنظم تطاول الساق .</li> <li>- تحفز إنتاش البذور .</li> <li>- تحفز عملية الإزهار .</li> <li>- يحفز تركيب <math>\alpha</math>-amylase خلال إنتاش البذور .</li> </ul>
الإيثيلين	جميع أعضاء النبات	Gane R.,1934	في جميع الاتجاهات بالانتشار الغازي	<ul style="list-style-type: none"> <li>- يحفز نضج الثمار .</li> <li>- يقلل من السيطرة القمية .</li> <li>- يثبط تطاول الساق و الجذور .</li> <li>- يؤخر الإزهار و يحفز نضج الثمار .</li> <li>- يؤخر هجرة AIA</li> <li>- مسؤول عن مظاهر النمو غير العادي .</li> </ul>
حمض الابسيسيك	قلنسوة الجذور	Waring P.F., 1964	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- مسؤول عن تحريك المواد المركبة ضوئيا إلى الحبوب خلال نضجها .</li> <li>- ينظم إنتاش البذور .</li> <li>- يحفز تركيب البروتينات في الحبوب .</li> <li>- يساهم في إستجابات النبات للإجهاد المائي .</li> </ul>
الأمينات المتعددة	خلايا جميع النبات	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تحفيز النمو عموما .</li> <li>- رفع مقاومة النباتات للإجهاد الحراري .</li> </ul>
البراسينو-ستيروويد	حبوب الطلع، الأوراق و الأزهار	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- تنشيط تطاول الخلايا عند النبيتات النامية .</li> <li>- تساهم في تطور النباتات .</li> </ul>