

## إستجابة النباتات للرطوبة Plant Response to Moisture

### 1- علاقة الماء بالخلية النباتية:

تتكون الخلايا النباتية من البروتوبلازم محاطة بجدر خلوية تحد من التغيير فى شكل وحجم الخلية ويتضمن البروتوبلاست طبقة رقيقة من السيتوبلازم تنغمس فيها البلاستيدات والنواه مع وجود فجوه عصارية مملوئة بالعصير الخلوى وتنفذ هذه الجدر الأملاح الذائبة والماء بينما تنفذ الأغشية السيتوبلازمية الماء إلا أن ذلك يتم بمعدل أقل مما فى نفاذية الجدر الخلوية ومن ناحية أخرى فإن الأغشية السيتوبلازمية الأقل نفاذاً للماء تكون أكثر نفاذاً للسكريات وكذلك لمعظم الأيونات وعلى ذلك فإن المواد الذائبة المتراكمة فى الفجوات الهوائية تظل بها الأمر الذى يؤدى إلى رفع الضغط الأسموزى للعصير الخلوى إلى نحو 10-20 ض.ج لمعظم النباتات متوسطة الجفاف. بينما يرتفع فى النباتات الجافة إلى 60 ض -ج والملحية إلى 150 ض -ج. ويتحرك الماء فى الإتجاه التناقصى التدريجى داخل النبات للطاقة الحرة ويمكن قياس الفرق بين الماء النقى ومحلول الماء فى التربة أو النبات ويعرف هذا الفرق بنقص ضغط الإنتشار Difusion Pressure Deficit ويتمثل هذا التعبير مع تعبير قوة الإمتصاص Suction force والذى درج إستخدامه من فترة. ونقص ضغط الإنتشار هو مقياس للتعرف على ميل الماء للإنتشار داخل الخلية النباتية. وتوجد علاقة بين نقص ضغط الإنتشار والضغط الأسموزى .

❁ نقص ضغط الإنتشار = الضغط الأسموزى للعصير الخلوى - ضغط الجدار الخلوى

$$DPD = OP - WP$$

وينتقل الماء من الجذر للأوراق أو من خلية لأخرى ذات DPD منخفض ويتحرك الماء فى الخلايا ذات DPD ويزيد حجم الخلية بإنتشار الماء إليها بما يزيد فى ضغط الجدار الإنتفاخ وعندما يتساوى ضغط الإنتفاخ مع الضغط الأسموزى للخلية فإن  $OP=DPD$  ويتوقف فى هذه الحالة دخول الماء إلى الخلية . وقد وجد سليتر SLYTER عام 1957 أن DPD قد يتزايد حتى يصل إلى أكثر من الضغط الأسموزى للعصير الخلوى مؤدياً بما يعرف بالضغط السالب للجدر الخلوية أو التوتر Tension.

### 2- الرطوبة الأرضية وعلاقتها بالإتزان المائى داخل النبات:

تفقد المياه الموجودة فى المسافات البينية الكبيرة بين حبيبات التربة بالرشح بعد بضعة أيام من الأمطار أو الرى وتعرف التربة عندئذ بأنها عند السعة الحقلية أى قدرة الأرض على الإحتفاظ بالرطوبة ضد إتجاه الجاذبية الأرضية وتبلغ قيمتها 40-50 % من نسبة التشبع ويتوالى إمتصاص النباتات للماء من التربة فى هذه الحالة يحدث لها ذبول وتشير النسبة المئوية

للرطوبة فى أرض ما إلى محتواها من الرطوبة بين السعة الحقلية والذبول الدائم. والماء الميسر يختلف باختلاف قوام الأرض كما هو فى السعة الحقلية والذبول الدائم.

ويختلف محتوى التربة من الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم إختلافاً كبيراً من مكان إلى آخر فى نفس الأرض بصرف النظر عن الظروف البيئية الأخرى. ولقد إقترح هندركسون Hendrekson وفيهمير Veihmyer طريقتين للتعرف على النسبة المئوية للذبول الدائم : الأولى موالاه أخذ عينات من التربة لتقدير المحتوى الرطوبى بها حيث تعرف نسبة الرطوبة الأرضية التى يتوقف عندها إمتصاص النباتات للرطوبة من أى طبقة فيها منطقة الذبول W.P وحديثاً تعرف بمدى الذبول ، والثانية يتم فيها إنماء وإذبال أحد النباتات الكشافة فى تربة وتقدير نسبة الرطوبة بها عندما يحدث ذبول دائم يستمر لأكثر من 24 ساعة لهذه النباتات وعندما تكون فى حجرات مظلمة وتحت رطوبة جوية نسبية مرتفعة معبراً عنها بنسبة مئوية من الأرض الجافة.

وقد رأى تالور وبلاى أيضاً أن إستخدام تعبير مدى الذبول أصدق حيث تحدث هذه الظاهرة فى مدى من الرطوبة وليس عند نقطة معينة. ويعرف هذا المدى بقيمة معامل الذبول والتى لا يستعيد النبات بعدها حالته الطبيعية حيث يرتبط معظم العمليات الفسيولوجية الدائرة بالنبات بمحتوى الخلايا والجذور الخلوية للماء. ويتوقف إمتصاص النباتات للماء على معدل النتح ومدى النتح ومدى كفاءة المجموع الجذرى ومدى قابلية الماء الأرضى للإمتصاص كما يتأثر بتهوية التربة ودرجة حرارتها وتركيز الأملاح بمحلولها والتوتر الرطوبى بها.

وتعرف كمية الماء الميسر أثناء أقصى جهد للنتح بإسم الضغط الكلى للرطوبة الأرضية (TSMS) Total soil moisture stress وهذه القيمة تساوى التأثير المتجمع للتوتر الرطوبى بالتربة والضغط الأسموزى للعصير الخلوى والضغط الأسموزى للمحلول الأرضى وهى تساوى قيمة DPD. ويقل إنتفاخ الخلايا ويتناقص معدل النمو بزيادة الضغط الرطوبى بالتربة وعندما يزيد DPD للنقطة التى يصبح فيها معدل النمو صفر ثم يتوقف النمو كلية.

وتدل النتائج التجريبية على حدوث تناقص النمو فى كثير من الأحيان عند مستويات منخفضة نسبياً من التوتر الرطوبى للتربة يعنى ذلك أن سرعة النمو تتناقص قبل الوصول إلى نقطة الذبول الدائم وهذا ما يتناقص مع وجه النظر القائلة بأن الرطوبة تكون ميسرة للنبات وتؤثر على النمو وفى نفس المعدل ما يبين السعة الحقلية ونقطة الذبول وقد يرجع تناقص النمو قبل الوصول إلى نقطة الذبول بما يصاحب ذلك من تأثير نقص الرطوبة على سير العمليات الفسيولوجية. ولقد أوضح سليتر Siliter أن النمو يتأثر بدرجة الحرارة أكبر من تأثير النتح وذلك بنقص إنتفاخ الخلايا حيث يتأثر النتح بالتدرج فى نقص ضغط الأنتشار من الأوراق إلى الهواء الجوى وكذلك بمعدل الماء الممتص من التربة بواسطة الجذور ولقد أوضح أيضاً أن نقطة الذبول الدائم تعبر عن الضغط الأسموزى للنبات أكثر منها تعبيراً عن حالة الرطوبة الأرضية وفى كثير

من محاصيل الحقل يحدث TSM أو DPD عند 15 ض.ج حيث يحدث ذبول دائم لها. وعموماً لا توجد طريقة عامة يمكن تطبيقها في جميع الظروف لتقدير النسبة المئوية للذبول ويجب أن يتم هذا التقدير بإحتراس وتبعاً لكل حالة على حده.

### 3-تأثير نقص الماء:

تؤثر الرطوبة الأرضية على نمو النباتات إما عن طريق التأثير المباشر على النباتات أو على طريق تأثيرها على صفات الأرض والجو المحيط بها ويرجع تأثيرها المباشر على جميع العمليات الحيوية التي تتم بداخل النبات وكذلك على إنتفاخ النبات وإستطالة الخلايا وبالتالي زيادة الوزن الغض والجاف للنبات.

وتتأثر صفات الجودة في العديد من المحاصيل بتعرضها للنقص الرطوبي حيث يزداد تركيز السكر في قصب السكر وبنجر السكر أما الدخان فيقل محتواه من السكر ويزيد محتواه من النيتروجين والنيكوتين Necotin إذا تعرض لتوتر رطوبي مرتفع في مراحل نضجة المختلفة. ويلعب طور نمو النباتات دوراً في مدى تأثر المحصول بالتوتر الرطوبي فالذرة يكون حساس للتوتر الرطوبي عند الإخصاب وبعده بقليل لما يلعبه الإختلال في التوازن المائي داخل أنسجة النبات من تأثير على حيوية حبوب اللقاح والمياسم حيث يؤدي نقص الرطوبة قبل ظهور الحريرة إلى نقص المحصول بنحو 25% وقد يزيد إلى نحو 50% إذا كان النقص أثناء ظهور الحريرة (أى أثناء فترة الإخصاب وبعدها) وتتباين الأنواع النباتية في إستجابتها للرطوبة الأرضية فعند مقارنة محصول القطن - الفول السوداني - الذرة الرفيعة نجد أن الأنسجة النباتية للذرة الرفيعة تظل محتفظة بإنتفاخها في حالة نقص الرطوبة الأرضية وينقص هذا الإنتفاخ في مدة زمنية طويلة بينما تفقد أنسجة القطن إنتفاخها بسرعة كما يتناقص معدل النمو من ناحية أخرى أما نقص معدل نمو نباتات الذرة الرفيعة لا يكون كبيراً إلا في حالة النقص الشديد للمحتوى الرطوبي في التربة هذا وتسلك نباتات الفول السوداني سلوكاً وسطاً بين القطن والذرة الرفيعة.

وتمتص النباتات الرطوبة من عمق 6 بوصة من سطح التربة حيث يتركز إنتشار المجموع الجذري ويزايد التوتر الرطوبي في هذه المنطقة بتواصل ورود الماء من الطبقات الأسفل منها وعادة ما يحدث ذبول للنباتات قبل أن تصبح الرطوبة المتاحة في الطبقة السفلية قليلة. على العموم يوجد أكثر من 70% من المجموع الجذري لمعظم محاصيل الحقل في القدم العلوى من سطح التربة. وقد يكون العوامل المحددة لكثافة نمو المجموع الجذري نفس التأثير لإستجابة النباتات للنقص في الرطوبة الأرضية فيؤدي كسب سطح التربة بظاً نفاذية الماء والصرف الجوفى الضعيف ونقص الهواء الأرضى إلى وجود مجموع جذرى سطحى غير كثيف النمو.

### 4-المقاومة للجفاف Draught resistance :

يشير تعبير الجفاف Draught إلى نقص الرطوبة المتاحة مما يؤدي إلى نقص المحتوى الرطوبي في الأنسجة النباتية بدرجة كافية لإحداث ضرر لنمو النباتات بالإضافة إلى التأثير الضار لنقص الرطوبة. وللعوامل الجوية تأثير في إبراز هذه الظاهرة مثل الرطوبة الجوية النسبية المنخفضة ودرجة الحرارة المرتفعة والرياح السريعة الأمر الذي يؤدي إلى حدوث الذبول المؤقت وقد تتعرض المساحات الشاسعة قليلة الكساء الخضري ذات الرياح الجافة إلى ما يعرف بالجفاف الهوائي Atmospheric draught والذي غالباً ما يحدث رغم توافر الرطوبة الأرضية بكميات كافية. بالإضافة إلى ذلك فقد أشار شلفر 1903 Shilver إلى ما يعرف بإسم الجفاف الفسيولوجي Physiological Draught الناتج من برودة الأرض أو ارتفاع الضغط الأسموزي لمحلولها. وللفظ الجفاف معنى نسبي يختلف حسب المكان فمثلاً يوضع نظام سقوط الأمطار وتوزيعها أثناء الجفاف في الاعتبار عند تحديد الظروف الجفاففة لمنطقة ما ، ففي المناطق ذات الصيف الجاف فإن الفترات التي تتعرض لها المنطقة للجفاف تكون طويلة وبالتالي يجب أن تتكيف المحاصيل لملائمة هذه الظروف. ويؤدي الرى إلى تفاوت النباتات للتعرض للجفاف وإذا ما نقص الإمداد الرطوبي عن معدله العادى يقل المحصول وعندئذ يمكن القول أنه حالة من حالات الجفاف أو العطش.

ولعل من أكبر الإصطلاحات إستعمالاً فى هذا الصدد المقاومة للجفاف Draught resistance ولقد تعرض هذا التعبير إلى عديد من الإجهادات والتفسيرات لسنوات عديدة فلقد رأى البعض أن العامل المحدد للمقاومة هو الماء إلا أن الدراسات التالية إفتترضت بأن القدرة على تحمل الجفاف هى العامل الرئيسى فى المقاومة للجفاف ويشير ذلك إلى مدى ملائمة النبات ككل للنمو فى الظروف الجافة. أما لفظ Draught harvensy فيصف قدرة أنسجة النباتات أو خلاياها على تحمل الجفاف.

#### 5-التأقلم للهروب من الجفاف :

يكون موسم الأمطار قصيراً فى المناطق الجافة حينئذ كون الظروف ملائمة لنمو النباتات خاصة الحوليات منها قصيرة العمر حيث تنبت البذور وتثمر قبل جفاف الأرض وبذلك تعتبر هذه نباتات هاربة من الجفاف وليست متحملة له ويمر الجفاف الطويل على النباتات وهى فى صورة بذرة

وتتميز النباتات العصارية بوجود عدد كبير من الخلايا البارانشيمية والفجوات الخلوية تكون كبيرة الحجم ونقص حجم المسافات البينية وبذلك يمكن لكميات كبيرة من الماء أن تتراكم فى تلك الأنسجة لإستخدامها عندما لا تفى الرطوبة الأرضية لإحتياجات النباتات المائية. وحتى

يمكن الإستفادة من هذا الماء المخزن بكفاءة أكبر فإن النتح فى هذه النباتات يكون بطيئاً خلال المواسم الجافة.

• وتتعدد مظاهر إستجابة النباتات للجفاف التى لخصها Algin فيما يلى:

- 1- تتناقص كثيراً وظيفة وعمل الثغور فقد تظل مغلقة طول الوقت.
- 2- يترزى محتوى معظم النباتات الجفافية ونصف الجفافية من السكر أثناء الجفاف.
- 3- تنقيد عملية التمثيل الكربونى بنقص فتح الثغور ونقص الإمداد الكربونى.
- 4- يترزى معدل التنفس فى معظم النباتات نصف الجفافية.
- 5- يترزى الضغط الإسموزى للعصير الخلوى فى الأوراق عنه فى الجذور وذلك لزيادة التوتر الرطوبى فى الأرض.
- 6- يعتبر حجم وشكل الخلية عاملان أساسيان فى تحديد مقاومة النباتات للجفاف.

#### 6- العوامل المؤدية إلى تقليل الضرر الناتج من الجفاف:

- أ- تؤدى برامج تربية النباتات الهامة إلى إيجاد سلالات مقاومة للجفاف وعلى سبيل المثال: فقد أثبت الشعير صنف مريوط تحملاً كبيراً لظروف الجفاف والملوحة فى كاليفورنيا كما أمكن إستنباط صنف آخر يجمع بين صفة تحمل الملوحة والمحصول العالى. كما أن إستنباط صنف القمح Ramona المبكر النضج بنحو 30 يوم يتيح له الفرصة للهروب من الجفاف.
- ب- تساعد العمليات الزراعية فى تحسين كفاءة النباتات فى إستخدام الماء ومن العمليات التى تساعد على حفظ التربة للماء: الخطوط الكنتورية - إستخدام المواد المغطية للتربة Soil mulch - الزراعة المبكرة للإستفادة من كل مياه الأمطار شتاءً - الحرث السطحى ومقاومة الحشائش دون الإضرار بجذور المحاصيل وغيرها من العمليات الزراعية التى تساعد على حفظ الرطوبة.
- ج- تؤدى إضافة الأسمدة إلى زيادة المحصول وبالتالي يترزى كفاءة استخدام ماء الرى ولقد أوضح ستاند برج وآخرون أن زيادة  $P_2O_5$  من 100-150 كجم/إيكر للبرسيم الحجازى فإن كمية الماء اللازمة لإنتاج طن واحد من الدريس نقصت من 14.2 إلى 8 بوصة/إيكر.

#### • أضرار المغللة فى وفرة عامل الرطوبة:

تؤدى زيادة كمية الماء إلى إحداث أضرار للنباتات. وتختلف كمية الماء العظمى التى تتحملها النباتات تبعاً لنوع النبات. إلا أن معظم الضرر يتم عن نقص التهوية وبالتالي نقص إمداد النبات بالأكسجين. ويؤثر سوء التهوية الناتج من الرى والزائد والصرى الردى على نمو ووظيفة وكفاءة الجذور وكذلك يؤثر نقص الأكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون تأثيراً كبيراً على

نفاذية الجذر للماء كما تعاني النباتات فى الأراضى الغدقة من ضعف تكوين النترات لذا يصبح لونها باهت.

### الصفات المكتسبة لمقاومة الجفاف

#### Adaptive characters for resistance to draught

لقد أدى الإنتخاب الطبيعى إلى الوصول إلى مجموعة من النباتات تعرف بالنباتات الجفافية Xerophytes والتي يلائمها النمو تحت الظروف القياسية الموجودة فى المناطق شبة الجافة.

• ولقد أوضح Opermayer سنة 1960 الصفات النباتية المكتسبة لمقاومة الجفاف وهى:

- 1- نقص حجم وعدد الأوراق.
- 2- قوة الأنسجة الحاملة.
- 3- زيادة عدد الحزم الوعائية وخاصة الحاملة للماء (الخشب).
- 4- النمو الجذرى القوى المتعمق مقارنةً بالمجموع الهوائى.
- 5- زيادة معدل التنفس فى النباتات نصف الجفافية.
- 6- زيادة تركيز السكريات فى النباتات الجفافية والنصف جفافية.
- 7- نقص عمل الثغور وقلة إنفتاحها.
- 8- زيادة الضغط الإسموزى للنبات.
- 9- زيادة نسبة الماء المفيد بالنبات بالنسبة للوزن الجاف.

ويعتقد حالياً وجود بعض العوامل التى تؤثر على المقاومة للجفاف متضمنة العوامل التى تؤخر التحلل المائى بالأنسجة النباتية مثل كفاءة الأسطح الماصة والأنسجة الموصلة للماء ومساحة وتركيب الورقة وطريقة عمل الثغور والضغط الأسموزى للعصير الخلوى وغيرها من الصفات التى تؤخر الإنحلال المائى بالخلية كما تتفاوت قدرة البروتوبلاست على مقاومة الجفاف.