إستجابة النباتات للرطوبة : Plant Response to Moisture

١- علاقة الماء بالخلية النباتية :

تتكون الخلايا النباتية من البروتوبلازم محاطة بجدر خلوية تحد من التغير 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 السيتوبلازميه 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 ١٠-٢٠ ض.ج لمعظم النباتات متوسطة الجفاف. بينما يرتفع فى النباتات الجافة إلى ٦٠ ض –ج والملحية إلى ١٥٠ 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 ويتماثل 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 الأسموزي .

- 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 ١٩٥٧ أن DPD قد يتزايد حتى يصل إلى أكثر من الضغط الأسموزى للعصير الخلوى مؤدياً بما يعرف بالضغط السالب للجدر الخلوية أو التوتر Tension.

٢- 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 ٤٠-٥٠ % من نسبة التشبع وبتوالى 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 بإختلاف 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 Veihymyer 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 وحديثا تعرف بمدى الذبول ، والثانية يتم فيها إنماء وإذبال أحد النباتات الكشافة فى تربة وتقدير نسبة الرطوبة بها عندما يحدث ذبول دائم يستمر لأكثر من ٢٤ ساعة لهذه النباتات وعندما تكون فى حجرات مظلمة وتحت رطوبة جوية نسبية مرتفعة معبراً عنها بنسبة مئوية من الأرض الجافة.

وقد رأى تالور وبلاى أيضا 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 Total soil moisture stress(TSMS) 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 نسبيا 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 تنافص 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 ١٥ ض.ج حيث يحدث ذبول دائم لها. وعموماً لا توجد طريقة عامة يمكن تطبيقها فى جميع الظروف لتقدير النسبة المئوية للذبول ويجب أن يتم هذا التقدير بإحتراس وتبعاً لكل حالة على حده.

٣-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 التى تتم بداخل النبات وكذلك على إنتفاخ النبات وإستطالة الخلايا وبالتالى زيادة الوزن الغض والجاف للنبات.

وتتأثر صفات الجودة فى العديد من المحاصيل بتعرضها للنقص الرطوبى حيث يزداد تركيز السكر فى قصب السكر وبنجر السكر أما الدخان فيقل محتواه من السكر ويزيد محتواه من النيتروجين والنيكوتين Necotin إذا تعرض لتوتر رطوبى مرتفع فى مراحل نضجة المختلفة.

ويلعب طور نمو النباتات دوراً فى مدى تأثر المحصول بالتوتر الرطوبى فالذرة يكون حساس للتوتر الرطوبى عند الإخصاب وبعدة بقليل لما يلعبه الإختلال فى التوازن المائى داخل أنسجة النبات من تأثير على حيوية حبوب اللقاح والمياسم حيث يؤدى نقص الرطوبة قبل ظهور الحريرة إلى نقص المحصول بنحو ٢٥% وقد يزيد إلى نحو ٥٠% إذا كان النقص أثناء ظهور الحريرة (أى أثناء فترة الإخصاب وبعدها) وتتباين الأنواع النباتية فى إستجابتها للرطوبة الأرضية فعند مقارنة محصول القطن – الفول السودانى – الذرة الرفيعة نجد أن الأنسجة النباتية للذرة الرفيعة تظل محتفظة بإنتفاخها فى حالة نقص الرطوبة الأرضية وينقص هذا الإنتفاخ فى 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 فى حالة النقص الشديد للمحتوى الرطوبى فى التربة هذا وتسلك نباتات الفول السودانى سلوكاً وسطاً بين القطن والذرة الرفيعة.

وتمتص النباتات الرطوبة من عمق ٦ بوصة من سطح التربة حيث يتركز إنتشار المجموع الجذرى ويزايد التوتر الرطوبى فى هذه المنطقة بتواصل ورود الماء من الطبقات الأسفل منها وعادة ما يحدث ذبول للنباتات قبل أن تصبح الرطوبة المتاحة فى الطبقة السفلية قليلة. على العموم يوجد أكثر من ٧٠% من المجموع الجذرى لمعظم محاصيل الحقل فى القدم العلوى من سطح التربة. وقد يكون العوامل المحددة لكثافة نمو المجموع الجذرى نفس التأثير

لإستجابة النباتات للنقص فى الرطوبة الأرضية فيؤدى كبس سطح التربة بطأ نفاذية الماء والصرف الجوفى الضعيف ونقص الهواء الأرضى إلى وجود مجموع جذرى سطحى غير كثيف النمو.

٤-المقاومة للجفاف : Draught resistance

يشير تعبير الجفاف Draught إلى نقص الرطوبة المتاحة مما يؤدى إلى نقص المحتوى الرطوبى فى الأنسجة النباتية بدرجة كافية لإحداث ضرر لنمو النباتات بالإضافة إلى التأثير الضار لنقص الرطوبة. وللعوامل الجوية تأثير فى إبراز هذه الظاهرة مثل الرطوبة الجوية النسبية المنخفضة ودرجة الحرارة المرتفعة والرياح السريعة الأمر الذى يؤدى إلى حدوث الذبول المؤقت وقد تتعرض المساحات الشاسعة قليلة الكساء الخضرى ذات الرياح الجافة إلى ما يعرف بالجفاف الهوائى Atmopheric draght والذى غالباً ما يحدث رغم توافر الرطوبة الأرضية بكميات كافية. بالإضافة إلى ذلك فلقد أشار شلفر ١٩٠٣ Shilver إلى ما يعرف بإسم الجفاف الفسيولوجى Physiological Draught الناتج من برودة الأرض أو إرتفاع الضغط الأسموزى لمحلولها. وللفظ الجفاف معنى نسبى يختلف حسب المكان فمثلاً يوضع نظام سقوط الأمطار وتوزيعها أثناء الجفاف فى الإعتبار عند تحديد الظروف الجفافية لمنطقة ما ، ففى المناطق ذات الصيف الجاف فإن الفترات التى تتعرض لها المنطقة للجفاف تكون طويلة وبالتالى يجب أن تتكيف المحاصيل لملائمة هذه الظروف. ويؤدى الرى إلى تفاوت النباتات للتعرض للجفاف وإذا ما نقص الإمداد الرطوبى عن معدله العادى يقل المحصول وعندئذ يمكن القول أنة 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 الإجتهادات والتفسيرات لسنوات عديدة فلقد رأى البعض أن العامل المحدد للمقاومة هو الماء إلا أن الدراسات التالية إفترضت 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 خلاياه على تحمل الجفاف.

٥-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 يلي:

١-تتناقص كثيراً وظيفة وعمل الثغور فقد تظل مغلقة طول الوقت.
٢-يتزايد محتوى معظم النباتات الجفافية ونصف الجفافية من السكر أثناء الجفاف.
٣-تتقيد عملية التمثيل الكربونى بنقص فتح الثغور ونقص الإمداد الكربونى.
٤-يتزايد معدل التنفس فى معظم النباتات نصف الجفافية.

٥-يتزايد الضغط الإسموزى للعصير الخلوى فى الأوراق عنه فى الجذور وذلك لزيادة التوتر الرطوبى فى الأرض.
٦-يعتبر حجم وشكل الخلية عاملان أساسيان فى تحديد مقاومة النباتات للجفاف.

٦-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 ٣٠ 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 شتاءاً - الحرث السطحى ومقاومة الحشائش دون الإضرار بجذور المحاصيل وغيرها من العمليات الزراعية التى تساعد على حفظ الرطوبة.

جـ-تؤدى إضافة الأسمدة إلى زيادة المحصول وبالتالى يتزايد كفاءة استخدام ماء الرى ولقد أوضح ستاند برج وآخرون أن زيادة P_2O_5 من ١٠٠-١٥٠ كجم/إيكر للبرسيم الحجازى فإن كمية الماء اللازمة لإنتاج طن واحد من الدريس نقصت من ١٤,٢إلى ٨ بوصة/إيكر.

- أضرار 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 وبالتالى نقص إمداد النبات بالأكسجين. ويؤثر سوء التهوية الناتج من الرى والزائد والصرف الردئ على نمو ووظيفة وكفاءة الجذور وكذلك يؤثر نقص الأكسجين وزيادة ثانى أكسيد الكربون تأثيراً كبيراً على نفاذية الجذر للماء كما تعانى النباتات فى الأراضى الغدقة من ضعف تكوين النترات لذايصبح 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 والتى يلائمها النمو تحت الظروف القياسية الموجودة فى المناطق شبة الجافة.

- ولقد أوضح Opermayer سنة ١٩٦٠ الصفات النباتية المكتسبة لمقاومة الجفاف وهى:

١- نقص حجم وعدد الأوراق.
٢- قوة الأنسجة الحاملة.
٣- زيادة عدد الحزم الوعائية وخاصة الحاملة للماء (الخشب).
٤- النمو الجذرى القوى المتعمق مقارنةً بالمجموع الهوائى.
٥- زيادة معدل التنفس فى النباتات نصف الجفافية.
٦- زيادة تركيز السكريات فى النباتات الجفافية والنصف جفافية.
٧- نقص عمل الثغور وقلة إنفتاحها.
٨- زيادة الضغط الإسموزى للنبات.
٩- 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 كفائة الأسطح الماصة والأنسجة الموصلة للماء ومساحة وتركيب الورقة وطريقة عمل الثغور والضغط الأسموزى للعصير الخلوى وغيرها من

الصفات التي تؤخر الإنحلال المائي بالخلية كما تتفاوت قدرة البروتوبلاست على مقاومة الجفاف.

المصادر :

- كتاب علم وتقانة البيئة تأليف فرانك سبيلمان ، نانسي وايتنغ . مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. 2012.
- أسس علم البيئة النباتية. تأليف أ.د عبد الفتاح بدر ، د. عبد العزيز عبد الله قاسم. قسم العلوم الطبيعية _ كلية التربية / جامعة الملك عبد العزيز. 2008.

References :

1- Colinvaux, P.A. (2008) Introduction to Ecology. John Wiley and Sons, Inc . New York.

2- Crawley, M.J. (2016) . Plant Ecolgy .Blackwell Sci. Publ. Oxford.

3- Dobson, M and C. Frid (2001) Ecology of Aquatic Systems. Addison Wiesly Longman Limited .Essex.

4- Etherington , J.R. (2014) Environmental and Plant Ecology . 2nd Ed JohnWiley and Sons, New York.