جامعة الملك سعود

قسم النبات والأحياء الدقيقة

### فسيولوجيا الإجهادات المتقدم 671 نبت ( 2 + 0)

**المحاضر: أ.د. محمد حمد الوهيبي**

**مكتب: أب43 م 5 4675872(011)**

**الصفحة: http://faculty.ksu.edu.sa/Al-Whaibi/default.aspx**

Lecture: 03

**الجفاف Drought**

ينتج عن نقص الماء في الطبيعة عن النباتات إجهاد يعرف بإجهاد نقص الماء water deficit stress وهذا في معظم الدراسات يختصر إلى إجهاد الماء water stress ؛ وبالمثل هناك إجهاد زيادة الماء أو إجهاد الفيضان (الغمر) flooding ولكنه غير شائع شيوع الإجهاد الآخر.

وإجهاد الماء :

-- إجهاد نقص الماء في الطبيعة Drought stress

-- إجهاد نقص الماء عند تعرض النبات أو أحد أجزاءه لظروف نتح عالية (فقد بخار الماء) desiccation stress

-- إجهاد نقص الماء الناتج عن تعريض النبات أو أحد أجزاءه لفقد الماء في الحالة السائلة نتيجة لفروق في الجهد الكلي بين النبات وبيئته osmotic stress.

**القياس :**

يقاس الإجهاد المائي (نقص الماء) بفروق الطاقة الحرة للماء بين البيئة والنبات.

من ناحية أخرى، يمكن قياس المحتوى المائي على أساس الوزن الجاف أو الرطب لكنه غير مرض كقياس للإجهاد المائي. من هنا يستعاض عن ذلك في الحقل بقياس المحتوى المائي النسبي كالتالي :

Fresh wt.- dry wt.

RWC = X 100

Satur. Wt -dry wt.

أو قياس نقص التشبع المائي WSD والذي يساوي :

WSD = 100 - RWC

**ظواهر تأثيرات الجفاف**

ينتج عن إجهاد الجفاف شد يختلف تأثيره على الشكل الظاهري وقد يكون على مستوى عملية فسيولوجية .والمحصلة هي تأثر الإنتاجية. وللتبسيط فالتأثير يلاحظ بصورتين :

**أ – تحورات شكلية (ظاهري) Morphological modification**

يدرج بعض العلماء عددا من خصائص الورقة الشكلية التي تظهر في النباتات التي تنمو في بيئة جافة:

- زيادة سمك العرق الوسطي إذا نسب إلى سطح الورقة.

- زيادة عدد الثغور لكل وحدة مساحة سطحية للورقة.

- صغر حجم الثغور.

- صغر حجم خلايا البشرة وكذلك خلايا النسيج الوسطي.

- زيادة عدد الشعيرات مع صغرها.

- زيادة في سمك جدر خلايا البشرة وزيادة سمك الأدمة.

**ب – تأثيرات فسيولوجية Physiological effects**

يتأثر العديد من العمليات الفسيولوجية نتيجة للتعرض للإجهاد مثل:

- الإنبات.

- النمو (تختلف الأنسجة النباتية في الاستجابة للإجهاد المائي إلا أن الأجنة والقمم النامية تتحمل إجهادا مائيا أكبر من أي نسيج آخر) . طبيعيا لوحظ أن أحد نبات الهدال الطفيلية على الأشجار *Phoradendron californicum* وهو الطفيلي على أشجار السنط *Acacia gregii* لا يتطفل إلا على الأشجار المسنة والمعرضة لفترات جفاف (Lei, 1999) .

- امتصاص الأيونات.

- النقل (زيادة معدل نقل وتركيز ABA وانخفاض معدل نقل وتركيز السيتوكينينات tZR في الخشب لنبات تباع الشمس) (Shashidhar, et al., 1997) .

- النتح (انخفاض التوصيلية الثغرية في نبات الكيوي) (Gucei et al., 1996) .

- البناء الضوئي (انخفاض البناء الضوئي بسبب الانخفاض في التوصيلية الثغرية في أصناف القمح الربيعي (Hafid, et al., 1997) .

- التنفس

- الهندسة الأيضية لمقاومة الإجهاد : بإدخال مورثات لمسارات بناء المواد الواقية أسموزيا Osmoprotectants .

- بمقارنة عشيرتين (مقاومة وغير مقاومة) من نبات *Dactylis glomerala* بعد مرور 80 يوما من الجفاف (Volaire and Thomas, 1995) وقياس بعض الظواهر تبين :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| م | تأثير الجفاف على | عشيرة مقاومة | عشيرة غير مقاومة |
| 1 | معدل النمو للمجموع الخضري | سريع | بطيء |
| 2 | كثافة الجذور في الأعماق | وفيرة | قليلة |
| 3 | محتوى الماء في النصل | كثير | قليل |
| 4 | التنظيم الأسموزي عند قواعد الأوراق | كثير | قليل |
| 5 | محتوى السكريات الذائبة عند قواعد الأوراق | كثير | قليل |
| 6 | المحتوى الأيوني مع تحسين حالة الفوسفور | قليل | كثير |
| 7 | نسبة البرولين إلى الأحماض الأمينية | صغيرة | كبيرة |
| 8 | تكوين الأشطاء (الأفرخ) | 100% حية | 34% |

من الشائع في بعض النباتات والطحالب البحرية والبكتيريا وجود تأقلم للإجهادات غير الأحيائية ، منها ما هو أيضي والآخر تركيبي. من التأقلمات الأيضية مراكمة بعض المركبات العضوية لحماية الأغشية والبروتينات من زيادة الأيونات غير العضوية ومراكمة مركبات عضوية أخرى لحماية وعدم تدمير الآلية من الأكسدة .

معظم نباتات المحاصيل الزراعية لا يتوافر بها هذه الآلية ،وقد افترض أن إدخال مسارات بناء المواد الواقية أسموزيا في هذه النباتات قد يكون له مستقبل واعد في تربية نباتات محاصيل متحملة للجفاف . لقد درس نوعان من المواد العضوية الواقية أسموزيا وهي الكحولات المتعددة ومركبات النشادر الرباعية (Rathinosabapathi, 2000) .

- نباتات الإفاقة Resurrection plants : تتميز بعض النباتات بقدرتها الفائقة على مراكمة السكروز المتميز بخواص منها تثبيت الإنزيمات والتراكيب الخلوية في غياب وفرة الماء ، وعند توافر الماء يتم أيض السكروز بسرعة ، والملاحظ زيادة في التعبير الوراثي لبعض المورثات المرتبطة بأيض السكريات الأساسي ، ولا يستبعد وجود مورثات أخرى ذات علاقة بإصلاح الضرر من الجفاف (Scott, 1999) ، ولمزيد من الدراسات حول نباتات الإفاقة (راجع الوهيبي 2004).

**آلية تحمل الجفاف**

نظرا لأن النباتات ثابتة في موقعها فإن هناك استجابة لنقص مؤقت في الماء تساهم في بقاء النبات . فالنباتات الطبيعية (البرية) تقاوم هذا النقص بعدة آليات تمكنها من البقاء والتكاثر . يمكن تقسيم مقاومة النبات للجفاف إلى ثلاث استراتيجيات (Chaves, et al., 2003) هي :

1 ) : الهروب escape

قد تكون عن طريق التكاثر الناجح بقصر دورة الحياة أو معدل نمو سريع أو كفاءة تخزين المواد اللازمة لتكوين البذور قبل حلول إجهاد الجفاف.

2 ) : التحاشي avoidance

ومنها المحافظة على محتوى مائي كبير عن طريق الإقلال من فقد الماء (غلق الثغور في أوقات محددة ، تكوين الشعيرات ، صغر مساحة الورقة وموت الأوراق المسنة) أو زيادة امتصاص الماء (بزيادة نمو الجذور) .

3 ) : التحمل tolerance

قد يكون عبر التنظيم الأسموزي osmotic adjustments لكن قد يكون عبر وجود جدر خلوية صلبة أو صغر الخلايا . من ناحية أخرى يرى البعض أن التخلص من أنواع الأكسجين النشطة Reactive oxygen species (ROS) بكفاءة عالية له دور في ذلك (Sairam and Saxena 2000) .

تحسب قيمة تحمل النبات للجفاف على مقياس الرطوبة النسبية عند درجة حرارة 28°م كقيم لأدنى جهد للماء لا يموت فيه 50% من النسيج

حدود التحمل بالنسبة للنباتات.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المجموعة أو العضو | المــــــــــدى رطوبة نسبية (جهد الماء) | |
| البذور | متفاوتة وعادة تحسب نسبة الإنبات عند جهد الماء في وسط الإنبات | |
| النباتات المزروعة | 26% | 77% |
| النباتات الأخرى | \_ | 85% (- 22 ميجاباسكال) |
| الحزازيات والأشن | صفر | 20% |
| نباتات الإفاقة | صفر | 30% ( - 160 ميجاباسكال) |

هناك تصور للأحداث المتعلقة بتحمل التجفيف أثناء دورة من التجفيف والتبليل في أحد نباتات الإفاقة وكذلك أثناء الإجهاد الحاد وإزالته (عن Levitt, 1981. ).

**إجهاد متوسط**

**أثناء التجفيف**

**إجهاد شديد**

**يزداد تركيز ABA**

**X**

###### تثبيط المورثات

**الخاصة بالنمو النشط**

###### تنشيط المورثات

**الخاصة بالتحمل**

**؟**

**؟**

تغير طبيعة البروتينات الحساسة مع تكسر جزئي للأغشية

أما التجفيف في الهواء إلى درجة قريبة من توقف الأيض، فإنه عند توافر الماء تبدأ بقايا أجزاء النظام الأيضي في المعاودة للنشاط (التنفس وأدنى حد من بناء البروتين) يتبع ذلك وعند بلوغ أعلى حد لآلية الأيض تبدأ عملية الإصلاح الوراثي.

من الممكن إيجاز المعرفة بموضوع إجهاد الجفاف كالتالي :

1 - تأثير الظروف المناخية قبل إجهاد الجفاف.

2 - اختلاف الأنواع للاستجابة لإجهاد الجفاف.

3 - إمكانية تحسين المقاومة (بالتقسية hardening)

4 - وجود آلية للاستحثاث (trigger mechanism). (كما في التصور الأحداث الواردة آنفا) و إمكانية استخدام الهندسة الوراثية لتحسين المقاومة (Kasuga-M et al. 1999) ونقل عنصر الاستجابة للتجفيف (DRE) في النبات (*Arabidopsis thaliani*).

5 - تأثر مسارات البناء (البروتين على سبيل المثال) ووجود بروتينات ذات ثبات أكثر من غيرها حسب النبات.

6 - تحاشي الإصابة (خاصة الإجهاد لفترة قصيرة وإن كان مميتا للنبات لو استمر الإجهاد فترة أطول.

**بعد هذا ما هي النظرة المستقبلية؟**

يعتقد الكثير من العلماء أن هذه الظاهرة "مقاومة الجفاف"مجرد فضول علمي لأن العديد من الأمثلة المدروسة من "النباتات الدنيا" الحزازيات والأشن..... ، لكن المعروف أن بذور "النباتات الراقية" كاسيات البذور و عاريات البذور تتحمل الجفاف الشديد (تجفيف الهواء) ومعروف، أيضا، أن خلايا الكائن الحي أصلها واحد ومنه لا بد أن تكون المعلومات الوراثية موجودة حتى في خلايا النبات البوغي ووجود نباتات الإفاقة وتحملها للجفاف تثبت أن المعلومات الوراثية يمكن التعبير عنها حتى في الطور الخضري ما دامت موجودة في الطور الجنيني (البذور) وتظهر عليه.

من هنا لا بد من دراسة هذه الظاهرة لكي يمكن الاستفادة من تطبيقاتها.

**Definitions of key terms associated with adaptations to limited water environments**

**Drought**: The limitation of water over a prolonged period of time. Refers to meteorological events and should be reserved for field-grown plants. In plants denotes the loss of water from tissues and cells.

**Dehydration**: The loss of water from a cell. Plant cells dehydrate during drought or water deficit.

**Desiccation**: The extreme form of water loss from a cell. Denotes the process whereby all free water is lost from the protoplasm.

**Homoiohydry**: Water economy strategy whereby plants strive to maintain a high water potential under water limiting conditions.

**Poikilohydry**: Water economy strategy whereby plants lack the ability to control water loss to the environment.

**Avoidance**: The action of making void, or of having no effect.

**Tolerance**: The ability of any organism to withstand some particular environmental condition.

**Drought avoidance**: Avoiding the impact of drought upon an organism by utilizing adaptations that limit the perception of water deficit by the protoplasm.

**Drought tolerance**: The ability to withstand suboptimal water availability by utilizing adaptations that permit metabolism to occur at low water potential.

**Desiccation tolerance**: The ability to withstand severe water deficits. Denotes the ability for organisms to lose all free water from the protoplasm and recover normal metabolism upon rewatering.

**المراجع**

**Al-Whaibi, M.H**. 2004. Resurrection Plants. Saudi. Boil. J. 11 (2) : 11-23, (a review, In Arabic) .

**Castell,C. and Jaume Terradas**. (1994). Effects of Water and Nutrient Availability on Water Relations, Gas Exchange and Growth Rate of Mature Plants and Resprouts of *Arbutus unedo* L. Annals of Botany, Vol. 73, No. 6, pp. 595-602.

**Chaves, M.M., Maroco, J.P. and Pereira, J.S.** (2003). Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* **30,** 239–264.

# **Craig E. Martin, Dennis A. Gravatt, Valerie S. Loeschen**..(1994). Metabolism Crassulacean Acid in Three Species of Commelinaceae. Annals of Botany, Vol. 74, No. 5, pp. 457-463.

**Ekanayake, I.J., S. K. De Datta, P. L. Steponkus**. (1993). Effect of Water Deficit Stress on Diffusive Resistance, Transpiration, and Spikelet Desiccation of Rice (*Oryza sativa* L.). Annals of Botany, Vol. 72, No. 1, pp. 73-80.

El-Hafid, R., Dan H. Smith, M. Karrou, and K. SAMIR. (1998). Physiological Responses of Spring Durum Wheat Cultivars to Early-season Drought in a Mediterranean Environment. Annals of Botany, Vol. 81, No. 2, pp. 363-370

**Kasuga-M, Qiang-Liu, Miura-S, Yamaguchi-K and Shinozaki-K.** (1999). Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. Nature-Biotechnology, V17, No. 3 pp. 287-291.

**Kivim?enp??, M., Sirkka Sutinen, Eva-Lena Medin, Per Erik Karlsson, Gun Selldén**. (2001). Diurnal Changes in Microscopic Structures of Mesophyll Cells of Norway Spruce, *Picea abies*(L.) Karst., and the Effects of Ozone and Drought. Annals of Botany, Vol. 88, No. 1, pp. 119-130.

**Lei, S.A.,** (1999). Age, size and water stutus of influencing the infection and reproductive success of . American Midland Naturalist. 2: 358-365.

**Matsumoto, J. Hiroyuki Muraoka, Izumi Washitani**. (2000) Whole Plant Carbon Gain of an Endangered Herbaceous Species Aster kantoensis and the Influence of Shading by an Alien Grass *Eragrostis curvula* in its Gravelly Floodplain Habitat. Annals of Botany, Vol. 86, No. 4, pp. 787-797

**P??KK?NEN, E., M. S. GUNTHARDT-GOERG, T. HOLOPAINEN**. (1998). Responses of Leaf Processes in a Sensitive Birch (*Betula pendula* Roth) Clone to Ozone Combined with Drought. Annals of Botany, Vol. 82, No. 1, pp. 49-59.

**Ramos, A. J. Gordon, F. R. Minchin, J. I., Sprent, R. and Parsons**. (1999). Effect of Water Stress on Nodule Physiology and Biochemistry of a Drought Tolerant Cultivar of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). M. L. G. Annals of Botany, Vol. 83, No. 1, pp. 57-63.

Rathinasabapathi , B. (2000). Metabolic Engineering for Stress Tolerance: Installing Osmoprotectant Synthesis Pathways. . Annals of Botany, Vol. 86, No. 4, pp. 709-716

**Gucci, R., Massai, R., Xiloyannis, C. and Flore, J.** (1996).The Effect of Drought and Vapour Pressure Deficit on Gas Exchange of Young Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*) Vines.. Annals of Botany, Vol. 77, No. 6, pp. 605-613.

**Sairam, R.K. and Saxena, D.C.** (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* **184,** 55–61.

**Schmidt, A.M., Douglas P. Ormrod, Nigel J. Livingston, Santosh Misra**. (2000). The Interaction of Ultraviolet-B Radiation and Water Deficit in Two *Arabidopsis thaliana* Genotypes. Annals of Botany, Vol. 85, No. 4, pp. 571-575.

**SCOTT, P.** (2000). Resurrection Plants and the Secrets of Eternal Leaf. PETER. Annals of Botany, Vol. 85, No. 2, pp. 159-166.

**SERRAJ, R. and THOMAS R. SINCLAIR**. (1998). N2Fixation Response to Drought in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Annals of Botany, Vol. 82, No. 2, pp. 229-234

**SHASHIDHAR, V.R., T. G. PRASAD, L. SUDHARSHAN**. (1996). Hormone Signals from Roots to Shoots of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Moderate Soil Drying Increases Delivery of Abscisic Acid and Depresses Delivery of Cytokinins in Xylem Sap. Annals of Botany, Vol. 78, No. 2, pp. 151-155.

**TALEISNIK, E., G. PEYRANO, A. C?RDOBA, C. ARIAS**. (1999). Water Retention Capacity in Root Segments Differing in the Degree of Exodermis Development. Annals of Botany, Vol. 83, No. 1, pp. 19-27.

VALLADARES,F., FRANCISCO I. PUGNAIRE. (1999). Tradeoffs Between Irradiance Capture and Avoidance in Semi-arid Environments Assessed with a Crown Architecture Model. Annals of Botany, Vol. 83, No. 4, pp. 459-469

**Volaire,E. and H. Thomas**. (1995). Effects of Drought on Water Relations, Mineral Uptake, Water-soluble Carbohydrate Accumulation and Survival of Two Contrasting Populations of Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). Annals of Botany, Vol. 75, No. 5, pp. 513-524.

**WINICOV, I.** (1998). New Molecular Approaches to Improving Salt Tolerance in Crop Plants. Annals of Botany, Vol. 82, No. 6, pp. 703-710