دراسة تأثير العوامل البيئية وإجهاد الجفاف وإعادة الري في نمو بعض أشجار الزينة وإنتاجها في مكة المكرمة

علاء أحمد شكيب جبور

قسم علم الحياة النباتية ــ كلية العلوم ــ جامعة دمشق ــ سورية

تاريــخ الإيداع 2006/06/19
قبل للنشــر في 2007/02/04

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة التباين في بعض أوجه النشاط الفزيولوجي لثلاثــة مــن نباتــات الزينــة: البظرومية *Conocarpus erectus* L.، والهيبسكس (وردة الصين) *Hibiscus rosa-sinensis* L.، والونكة (تفتة) *Vinca rosea* L.، المزروعة في مكة المكرمة. توجد هذه النباتات في ظــروف بيئيــة متــشابهة (الجفاف وإعادة الري). مكّنت دراسة فعالية التركيب الضوئي والإنتاجية القصوى وآليات تحمل الجفــاف والنتح والتقسية ومقارنتها مع بعضها بعضاً من تحديد الظروف البيئية وشروط الزراعة الأنسب لكل نوع من الأنواع النباتية المدروسة.

الكلمات المفتاحية: البظرومية *Conocarpus erectus* L، الهيبسكس، وردة الــصين: *Hibiscus rosa-sinensis* L.، الونكة، تفتــة: *Vinca rosea* L.، فعالية التركيب الضوئي، الإنتاجية القصوى، آلية تحمــل الجفــاف، النتح، التقسية، إجهاد الجفاف، إعادة الري.

Study the effect of the environmental factors, drought stress and rewatering on the growth and production of some ornamental trees in Mecca

Alaa Ahmed Chakib Jabbour
Department of Plant Biology- Faculty of science- Damascus University- Syria

Received 19/06/2006
Accepted 04/02/2007

ABSTRSCT

The research aims to study the differences of some aspects of physiological activities in three ornamental plants, *Conocarpus erectus* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L, and *Vinca rosea* L. grown in Makkah. These plants are founded in similar environmental circumstances (drought and rewatering). Through studying and comparing: Photosynthetic activity, maximal productivity, strategies of drought tolerance, transpiration and hardening. Determining of the most suitable environmental and agricultural conditions of each plant species mentioned above have been achieved.

Key words: *Conocarpus erectus* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L., *Vinca rosea* L, Photosynthetic activity, Maximal productivity, Strategies of drought tolerance, Transpiration, Hardening, Drought stress, Rewatering.

المقـــدمـــة

نادراً ما يكون النبات موجوداً في ظروف بيئية مثالية، وغالباً ما يتعرض النبات في دورة حياته إلى ظروف بيئية قاسية: مثل الجفاف، وارتفاع أو انخفاض كبير في درجة الحرارة، ونقص أو زيادة كبيرة في شدة الإضاءة. إن تعرض النبات إلى مثل هذه الظروف البيئية القاسية، يسبب إجهاداً stress يؤثر في جميع العمليات الفيزيولوجية بصفة عامة والاستقلابية بصفة خاصة، وإنه لمن الضروري معرفة الأضرار التي تسببها الإجهادات البيئية المختلفة، ومعرفة آلية مقاومة النباتات المختلفة لهذه الإجهادات، بغية إنتاج أصناف متحملة للإجهادات البيئية. ويعدّ إجهاد الجفاف من أهم المشكلات التي تواجه التوسع الزراعي في أغلب مناطق العالم، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. تعدُّ فيزيولوجيا الإجهاد من أكثر موضوعات الفيزيولوجيا البيئية صعوبة (Levitt,1982)، ويعود ذلك بشكل كبير إلى اعتمادها على جميع فروع علوم فيزيولوجيا النبات، وإلى صعوبة الدراسات الحقلية سواء على المستوى التقني أو على مستوى تحليل المعطيات والقياسات والنتائج وعلى تحديد مسؤولية العوامل والإجهادات البيئية المتزامنة والمتداخلة (Larcher, 1995).

يهيمن استهلاك المياه للأغراض الزراعية في المملكة العربية السعودية على الاستهلاكات الأخرى إذ يمثل نحو 86.5% من إجمالي المياه المستهلكة، ويقدر معدل فاقد المياه في الأغراض الزراعية بحدود 67% (Sadik et al, 1997). تؤدي مشاريع التشجير داخل المدن وعلى الرغم من أهميتها إلى استنزاف كبير لمصادر المياه، ويتم انتخاب النباتات وزراعتها دون إجراء دراسات فيزيولوجية بيئية توضح مدى قابلية هذه النباتات للنمو في هذه البيئات تحت ظل كثير من الإجهادات البيئية، ولابد من انتقاء أقل هذه النباتات احتياجاً للماء وأفضلها إنتاجية ومن ثم أكثرها ملاءمة للبيئة.

تعدُّ رقعة الغطاء النباتي في مكة المكرمة محدودة جداً وذلك لأسباب عديدة منها: المناخ الجاف، وطبيعة الجبال الصخرية المحيطة، ونوعية التربة، وندرة المياه، وقلة الدراسات الفيزيولوجية البيئية. لذا فإن توسيع رقعة هذا الغطاء يعدُّ حاجة ملحة وضرورية لأسباب كثيرة منها: الكثافة السكانية العالية على مدار السنة (بسبب السماح برفع عدد المعتمرين إلى 10 مليون معتمر سنوياً خلال السنوات القليلة القادمة) وبشكل خاص في موسم الحج حيث يتضاعف عدد السكان داخل مساحات محدودة أصلاً بسبب التضاريس الخاصة والجبال المحيطة، الأمر الذي يؤدّي إلى تفاقم التلوث البيئي المرتفع أصلاً، ولحل هذه المشكلة لا بد من زراعة النباتات بجميع أنواعها الأمر الذي يساعد على تحسين الوضع البيئي، فضلاً عمّا تضفيه النباتات على المدينة ومحيطها من جمال.

ويرتبط المسار اليومي والفصلي للنمو، وإنتاج المادة العضوية للأنواع النباتية المختلفة بفعالية التركيب الضوئي لدى النباتات، كما أنه من الصعوبة بمكان تحديد مدى هذه

الفعالية ومدى ارتباطها بالعوامل المؤثرة خلال فترة زمنية معينة، ضمن الظروف الحقلية وذلك بسبب تداخل كثير من العوامل البيئية (ضوء، ماء، درجة حرارة...)، والعوامل الداخلية (نسبة اليخضور، العجز المائي الداخلي، الوضع المائي الداخلي، المواد الناتجة عن التفاعل...)، والعوامل الوراثية، والتطورية. ومن ثمّ يتطلب إظهار الصورة الكاملة للبناء الضوئي أو أية عملية فيزيولوجية أخرى، تحت تأثير العوامل المختلفة، إجراء كثير من البحوث والدراسات المعمقة والتي تحتاج بدورها إلى كثير من الخبرة والتحليل العلمي الدقيق.

مــواد البحث وطرائقه

1- موقع البحث: جرى البحث في حديقة كلية المعلمين في مكة المكرمة.

2- النباتات المدروسة: اختيرت ثلاثة أنواع نباتية مزروعة في حديقة كلية المعلمين بمكة المكرمة وهي (Geof, 1992):

- البظروميــة: *Conocarpus erectus* L./مــن الفــصيلة Combretaceae: نبــات شجري، يصل ارتفاعه إلى 15 م وقطره إلى 6-8 م، أوراقه متبادلة، سميكة نوعــاً مــا، طولها 2-10 سم، وعرضها 1-4 سم. نورته عنقودية كثيفة وأزهاره صــغيرة بيــضاء مائلــة للخضرة.

- الهيبسكس، وردة الصين: *Hibiscus rosa-sinensis* L/ من الفصيلة Malvaceae: نبات شجيري، ارتفاعه 3 م وقطره 2 م، أغصانه منتصبة ومنتــشرة، الأوراق بيــضوية ومسننة الحافات وداكنة اللون، طولها 6-10 سم وعرضها 5-7 ســم، أزهــاره كبيــرة إبطية، ولونها أحمر زاهٍ.

- ونكة، تفتة: *Vinca rosea* L/ من الفصيلة Apocynaceae: نبات شجيري، ســريع النمو على ارتفاع منخفض، ارتفاعه 50-70 سم ويمكن أن يمتد بشكل عرضي لمتــرين، تمتاز سوقه بأنها شبه عصارية ملساء، لونها أخضر باهت أو أحمــر أرجــواني. لــون الأوراق أخضر لامع، طولها 2-5 سم وعرضها 1-2 سم.

3- طريقة تعريض النباتات للجفاف الترابي (الإجهاد المائي): اعتُمدت طريقة التحكم بعدد عمليات الــري، فكــان الري مرة واحدة ثم الامتناع عن الري فترة زمنيــة معينــة حتى ظهور أعراض الذبول المؤقت على أوراق النباتات (Levitt, 1980).

4- العوامل المقيــسة: قيس إنتاج المادة الجافة وتركيز اليخــضور وعمليــة النــتح والعجز في إشباع ماء الورقة والمحتوى المائي النسبي في الأوراق لكل نوع نباتي تحــت تأثير الجفاف وإعادة الري، كما قيست العوامل البيئية الآتية: الــشدة الــضوئية ودرجــة الحرارة والرطوبة النسبية والعجز في إشباع بخار ماء الهواء في كل ساعة من ســاعات

النهار لكل أيام القياس ثم أخذت القيمة المتوسطة، الرياح ضعيفة جداً في تلك الفترة وفي أثناء القيام بالتجربة.

رُويت النباتات قبل بدء التجربة بيوم واحد مرة واحدة فقط، فكان اليوم التالي هو اليوم الأول للتجربة فعُدّت نباتاته شاهدة، أما الأيام التالية فكانت بمنزلة فترة التعرض للجفاف واختلفت هذه الفترة من نبات إلى آخر، وقد قُدرت فترة التعرض للجفاف لكل نوع نباتي اعتماداً على أعراض ظهور الذبول المؤقت على أوراقه، فكانت 10 أيام للبظروميةـ، و7 أيام لكل من الهيبسكس والونكة. ثم أُتبعت فترة الجفاف بريةٍ واحدة لكل نبات. كما أن النباتات مزروعة في ترب متجانسة تماماً من حيث احتفاظها بماء الري وبنيتها الغروية وتعرضها لأشعة الشمس. أُجريت التجربة على ثلاثة مكررات من كل نوع.

4-1- حساب وزن المادة الجافة: قدرت شدة التركيب الضوئي الحقيقي بطريقة Von Sachs.(1890)، والمبنية على ازدياد الوزن الجاف للنسج النباتية خلال فترة تركيب ضوئي معينة. ففي بدء التجربة في الساعة الأولى بعيد الفجر تنزع ورقة ذات مساحة معينة ويحدد وزنها الجاف P1، ثم تنزع ورقة أخرى نظيرة للورقة السابقة (من حيث المساحة والموقع، حيث تم اعتماد الأوراق من الطابق الورقي الثالث) في ساعة المغيب الأولي و يعين وزنها P2، ويختار دائماً في مثل هذه التجارب أكثر الأوراق انتظاماً و تناظراً، فالفرق بين وزني القطعتين (P2- P1) يعادل كمية المواد العضوية التي تجمعت في تلك المساحة من الورقة خلال ساعات النهار، ثم تؤخذ ورقة في الساعة الأولى بعيد الغروب و توزن فيكون الوزن (P3)، وتؤخذ ورقة أخرى مماثلة من حيث المساحة و الموقع في الساعة الأولى قبيل الفجر وتوزن فيكون الوزن (P4)، وذلك لتقدير الخسارة في الوزن (P3-P4) الناشئ عن التنفس وعن هجرة المواد من الورقة وإليها، إضافة إلى أن نسبة ضئيلة من الزيادة في الوزن الجاف للورقة تنتج عن الأملاح التي تصل إليها مع تيار النتح في أثناء التجربة. يمكن حساب كمية المواد الناتجة عن التركيب الضوئي الحقيقي من خلال المعادلة الآتية:

$$\mathbf{Ph = (P3-P4) + (P2-P1)}$$

حيث: Ph: وزن المادة الجافة المتشكلة في عملية التركيب الضوئي الحقيقي.

P1: الوزن الأول في الساعة الأولى بعيد الفجر مقدراً بالغرام.

P2: الوزن الثاني في ساعة المغيب الأولى مقدراً بالغرام.

P3: الوزن الأول في الساعة الأولى بعيد الغروب مقدراً بالغرام.

P4: الوزن الثاني في الساعة الأولى قبيل الفجر مقدراً بالغرام.

4-2- حساب تركيز اليخضور تحت تأثير الجفاف: استُخلص اليخضور بواسطة أسيتون تركيزه 80%، وحُسب تركيز اليخضور بالمعادلة الآتية (Sadasivam & Manickam,1991):

$$\textbf{mg total chlorophyll/g tissue} = 20.2(A_{645})+8.02(A_{663})x\frac{v}{1000xw}$$

حيث: A: الامتصاص عند طول موجات نوعية.

V: الحجم النهائي لليخضور المستخلص في أسيتون تركيزه 80%.

W: الوزن المباشر للأنسجة المستخلصة.

4-3- النتح Transpiration : قيس معدل النتح في الحقل بطريقة نقصان الوزن للأوراق المقطوعة (Stocker 1929؛ Tuba 1984؛ Almadi 1982؛ Slavik 1974؛ Rychnovska et al. 1972). بأخذ 3 أوراق سليمة من ثلاث نبتات تنتمي إلى النوع النباتي نفسه في كل ساعة من ساعات القياس ابتداءً من السابعة صباحاً وحتى السابعة مساءً، ورقة علوية واثنتان متوسطة وسفلية. وُزنت كل ورقة على حدة باستخدام ميزان قابل للنقل، فكان الوزن الأولي (Mo)، ثم وضعت الورقة بوضع مشابه لوضعها الأصلي على النبات الأم مدة دقيقتين، لمراعاة قيام الأوراق بعملية النتح بشكل طبيعي كما لو كانت على النبات الأم، وأُعيد وزنها مرة أخرى فكان الوزن الثاني بعد التعريض (Mi) تسمى الفترة بين الوزنين بفترة التعريض، حُسب معدل النتح من خلال الفرق بين القياسين نسبة للوزن الجاف مستخدماً المعادلة الآتية، أُخذت القيمة المتوسطة للعينات الثلاث لكل نوع نباتي في كل ساعة من ساعات القياس. ثم حُسبت القيمة المتوسطة اليومية:

$$Tr = \frac{Mo(mg) - Mi(mg)}{Md(mg)xt(\sec)}x60000$$

حيث: Tr : النتح مقدراً بالملغ ماء/ملغ وزن جاف/ دقيقة.

Mo : الوزن الأولي قبل التعريض مقدراً بالملغ.

Mi : الوزن الثاني بعد التعريض مقدراً بالملغ.

Md : الوزن الجاف مقدراً بالملغ.

t : الزمن بين الوزن الأول والوزن الثاني وهو دقيقتان في الغالب.

4-4- العجز في إشباع الماء Water saturation deficit: استُخدمت العينات الورقية الثلاث السابقة نفسها التي استعملت في تقدير معدل النتح في كل ساعة قياس من أجل حساب العجز في إشباع الماء (WSD)، (Slatyer, 1967 ،Stocker, 1929)، فبعد الوزن الثاني وُضعت الأوراق في كأس مملوء بالماء لإتاحة وصول الأوراق إلى حد

الإشباع المائي، حيث تم اختبار الفترة الزمنية اللازمة لإشباع هذا الحجم والنوعية من الأوراق، وهي 12 – 14 ساعة لكل من الونكة، والبظرومية، في حين تتطلّب أوراق الهيبسكس الكبيرة 16– 20 ساعة، وعندها قيس الوزن المشبع لأوراق النباتات المدروسة (Ms)، ثم جُففت الأوراق المشبعة في الفرن بالدرجة 105م°، وقيس وزنها الجاف، وحسب العجز في إشباع الماء من المعادلة الآتية Slavik (1974)، ثم أُخذت القيمة المتوسطة للعينات الثلاث لكل نوع نباتي في كل ساعة من ساعات القياس. وحُسبت القيمة المتوسطة اليومية:

$$WSD = \frac{Ms - Mo}{Ms - Md} x100$$

حيث: WSD: العجز في إشباع الماء، مقدراً بالنسبة المئوية (%).

Ms : الوزن المشبع، مقدراً بالملغ (مغ).

Mo: الوزن الأولي قبل التعريض للنتح، مقدراً بالملغ (مغ).

Md : الوزن الجاف، مقدراً بالملغ (مغ).

4-5- شدة إجهاد الجفاف Drought stress: قدر إجهاد الجفاف اعتماداً على مقدار النقص في المحتوى المائي النسبي مقارنة بالنباتات المروية جيداً (Hsiao, 1973).

4-6- قياس مقاومة الجفاف Drought resistance: قيست مقاومة النباتات المدروسة للجفاف بطريقتين (Levitt, 1980):

(1) قياس الإنتاج النباتي في الحقل في أثناء الإجهاد.

(2) قياس طول الفترة الزمنية التي يمكن للنبات فيها أن يبقى قادراً على البقاء بعد منع الري عنه.

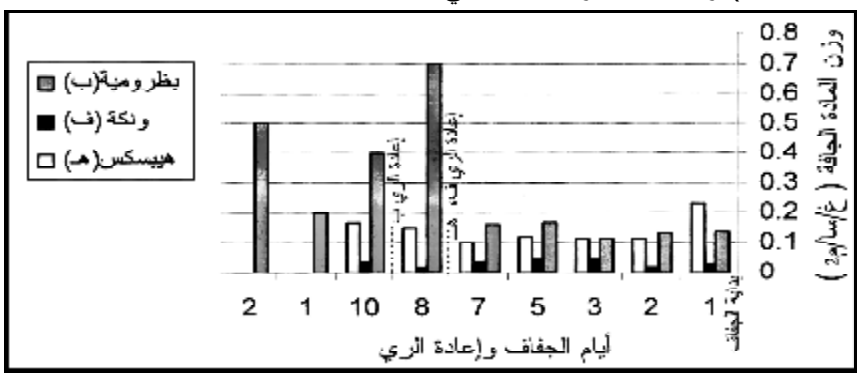
5- جدوى التقسية Hardening : تُعرَّف التقسية بأنها تعريض النبات إلى دورات من الإجهاد الخفيف، التي تساعد على خفض أضرار الإجهاد الشديد عند التعرض له، فتعريض النبات إلى إجهاد جفاف خفيف (تقسية ضد إجهاد الجفاف)، بتقليل عدد مرات الري، يؤدي إلى نقص في حجم الأوراق وزيادة في سمك الأدمة، وزيادة نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري، ويساعد النبات على مقاومة إجهاد الجفاف الشديد (Levitt, 1980)، كما تؤثر تقسية النبات ضد الجفاف في حساسية المسام للتغير تحت جهد ماء الأوراق، إذ يبدو أن التعرض لدورات من الجفاف يسبب نقصاً في حساسية المسام لإجهاد الجفاف (Ackerson,1980)، (ويعتقد أن لحمض الأبسيسيك (ABA) المتراكم في الأوراق في أثناء الجفاف دوراً كبيراً في انغلاق الثغور (Tal and Imber, 1971) كما يؤدي إلى ارتفاع معدل التركيب الضوئي إلى معدله الأصلي عند إعادة الري (Ashton,1965).

النتائج والمناقشة

تأثير الجفاف وإعادة الري والعوامل الأخرى في إنتاج المادة الجافة:

أولاً: نبات البظرومية *Conocarpus erectus* L. :

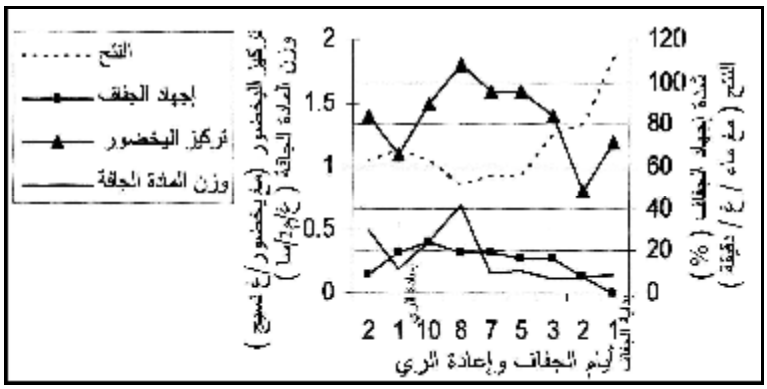
1- الجفاف: كان معدل التركيب الضوئي في اليوم الأول من الجفاف (0.14غ/م^2/سا)، أخذ هذا المعدل بالهبوط تدريجياً خلال اليومين الثاني(0.13غ/م^2/سا)، والثالث (0.11غ/م^2/سا)، ومن ثم أخذ بالارتفاع في اليوم الخامس (0.17 غ/م^2/سا)، وزاد نشاط التركيب الضوئي بشكل كبير وملحوظ ليصل إلى أعلى معدلاته (كما كان الأعلى بين الأنواع المدروسة) في فترة الجفاف (0.70 غ/م^2/سا) في اليوم الثامن (الشكل1)، إلا أن هذا المعدل بدأ بالانخفاض في اليوم العاشر ليصل إلى القيمة (0.4غ/م^2/سا)، إلا أن هذه القيمة تبقى أعلى منها في بداية الجفاف حيث كانت (0.14 غ/م^2/سا). وهكذا يتضح أن المنحى العام للتركيب الضوئي ازداد في فترة الجفاف، على الرغم من زيادة شدة الإجهاد خلال الفترة نفسها، إذ كان إنتاج المادة الجافة منخفضاً عند شدات إجهاد منخفضة في الأيام الأولى، ولكن مع ازدياد شدة الإجهاد إلى حد معين (إجهاد متوسط) زاد معدل التركيب الضوئي.



الشكل (1) تأثير الجفاف وإعادة الري في عملية التركيب الضوئي بالنباتات المدروسة

كانت حساسية البظرومية للجفاف منخفضة ولم يبد هذا النبات أي تأثر واضح بانقطاع الري (بسبب كميات ماء الري المناسبة)، بل كان هناك انخفاض تدريجي في معدلات البناء (الشكل 2)، فكان مستوى الإجهاد في اليوم الثاني من الجفاف إجهاداً خفيفاً (نقص المحتوى المائي النسبي8%)، وكانت قيم إنتاج المادة الجافة منخفضة أيضاً، وقد يعود ذلك لانخفاض تركيز اليخضور الذي أصبح في هذه المرحلة عاملاً محدداً على الرغم من تدني قيمة معامل الارتباط بينهما (الجدول1)، ومع زيادة الإجهاد إلى مستوى

الإجهاد المتوسط 18.9% في الأيام 3 و5 و7، تضاعف معدل التركيب الضوئي خمس مرات مقارنة ببداية الجفاف، مبدياً إنتاجية قصوى بلغت (0.7غ/م^2/سا)، إذاً على الرغم من وجود النبات في ظل إجهاد متوسط إلا أن ذلك لم يؤثر سلباً في النشاط الإنتاجي لهذا النبات، وقد يعود هذا لإنتاج الماء من تفاعلات التنفس ولو بكميات محدودة مما يسهم في المحافظة على محتوى مائي قد يسهم في تحسن التركيب الضوئي ويساعد على تخطي النبات لمرحلة الجفاف(Genkel et al 1967a).



الشكل (2) تأثير النتح وإجهاد الجفاف وتركيز اليخضور في إنتاج المادة الجافة في البظرومية

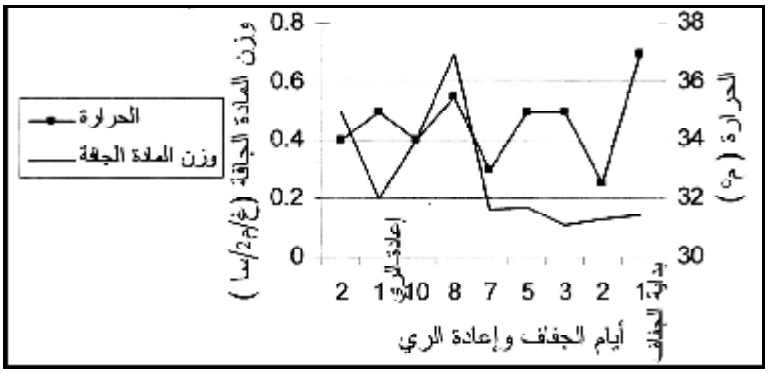
ويفترض (Genkel et al, 1967a) أن النباتات المقساة لتحمل الجفاف يزداد فيها التنفس مقارنة بالنباتات غير المقساة، فرغم أن قيمة معامل الارتباط بين الإنتاجية ودرجة الحرارة (الجدول1) لا تشير إلى علاقة ذات أهمية 0.089، إلا أن متابعة المنحنى البياني (الشكل3) وخاصة في اليوم الثامن تأكد تأثير درجة الحرارة كعامل محدد (ضمن المجال الحراري 33-35.5 م^o) إذ أدى ارتفاعها إلى أرجحية التنفس على التركيب الضوئي الذي انخفضت معدلاته في كل النباتات المدروسة في بداية الجفاف، مما وفر الماء من عملية التنفس الأمر الذي ساعد على استرداد النباتات لمحتواها المائي فنشط إنتاج المادة الجافة لبعض الوقت، وهذا ما يفسر النشاط المفاجئ لإنتاج المادة الجافة ولإنتاج اليخضور أحياناً في كل النباتات في منتصف فترة الجفاف، على الرغم من ضعف توصيل الثغور والنسيج الوسطي لغاز CO_2 بسبب الانغلاق الجزئي للثغور الناتج عن الانخفاض التدريجي للنتح خلال فترة الجفاف.

الجدول (1) قيم معامل ارتباط وزن المادة الجافة مع العوامل المؤثرة

وزن المادة الجافة في	الحرارة	الشدة الضوئية	الرطوبة النسبية	النتح	العجز فى إشباع ماء النبات	العجز فى إشباع بخار ماء الهواء	تركيز اليخضور
البظرومية	0.0892	0.086-	0.344	*0.437-	0.196-	0.311	*0.548
الـــونكة	0.0607	0.182	0.116	*0.551-	0.280-	0.0076	0.338
الهيبسكس	*0.734	0.381-	0.248	*0.669	0.120	*0.468	0.296-

* قيم مهمة

كانت كمية ماء الري في بداية التجربة مناسبة وكافية ولكنها بدأت بالتنـــاقص خـــلال فترة الجفاف ومن ثم أدى توافر الماء دوراً محدداً لنشاط التركيب الـــضوئي فـــي اليـــوم العاشر عندما جفت التربة نتيجة ارتفاع كل من الشدة الضوئية ودرجة الحـــرارة وقـــدرة التبخير العالية للهواء، مما أدى إلى تطور الإجهاد ليصبح إجهاداً حاداً 23.8%، وأثر سلباً في إنتاج مادة اليخضور وهذا بدوره أدى إلى خفض معدل التركيب الضوئي ليصل إلـــى (0.4 غ/م^2/سا) (الشكل2) إلا أن هذه القيمة تبقى أعلى من مثيلتها في بداية الجفاف حيـــث كانت (0.14 غ/م^2/سا).



الشكل (3) تأثير الحرارة في إنتاج المادة الجافة في البظرومية

فعلى الرغم من تعريض النبات لفترة جفاف إلا أن ذلك لم ينعكس بشكل كبيـــر علـــى المحتوى المائي الداخلي لهذا النبات ولم يتسبب ذلك بأية علاقة مباشرة أو ذات قيمة للبناء الضوئي مع العجز في إشباع ماء الورقة حتى اليوم الثامن وبدأت العلاقة بينهما في اليوم العاشر، فمعامل الارتباط لهما –0.196: فالإشارة السالبة تدل على العلاقة العكسية بينهما، والقيمة منخفضة، أما العلاقة مع النتح، فهي عكسية وذات دلالة أهـــم –0.437، فـــالنتح يستهلك معظم ماء النبات، ومن ثم قد يؤثر بشكل أو بآخر في كميـــات المـــاء اللازمـــة لعملية التركيب الضوئي أو في عمليات استقلابية أخرى قد يكون لها بـــالغ التـــأثير فـــي

التركيب الضوئي، فالسلوك النتحي لهذا النبات (وكل النباتات المدروسة) خلال أيام الجفاف يبدي انخفاضاً تدريجياً في معدلاته (الشكل2) حتى اليوم التاسع مما يشير إلى استجابة النبات لعامل الجفاف ولتزايد قيم العجز في إشباع ماء النبات، ومع ذلك لم تتوقف عملية النتح بشكل كامل، فانخفاض معدلات النتح يدل على إغلاق جزئي للثغور، وبقيت معدلات التركيب الضوئي نشطة من خلال تأمين ولو بالحدود الدنيا إمكانيات التوصيل الثغري والنسيج الوسطي لغاز CO_2، ونتيجة للانفتاح الجزئي للثغور كان هناك استهلاك محدود للماء من خلال عملية النتح، مما سبب نقصاً لماء البروتوبلازمى وانغلاقاً تدريجياً للثغور، فجفاف البروتوبلازمى يؤثر في بنيته الغروية وكذلك في نشاطه الاستقلابي مثل التنفس والتركيب الضوئي كما ينخفض نشاط الأنزيمات والتي تؤثر بدورها في معدل العمليات الحيوية (Loustalot,1945). إن التركيب الضوئي أكثر حساسية لنزع الماء من البروتوبلازمى بالمقارنة بالعمليات الاستقلابية الأخرى (مثل التنفس) وأحد أسباب هذه الحساسية هو الضرر الفيزيائي physical damage الذي يحدثه نزع الماء في البناء الدقيق للنظم الضوئية. ويعدُّ العديد من الباحثين أن غلق الثغور هو العامل الأساسي لتثبيط التركيب الضوئي في حالة نقص الماء (Rabinowitch,1945).

يثبط الجفاف البطيء التركيب الضوئي من خلال تأثيره في نقص كل من التوصيل الثغري والنسيج الوسطي لهذا النبات (Henson and Hitz,1982)، ويسبب الجفاف عموماً انخفاض كل من الجهد المائي وجهد ضغط امتلاء الخلايا، وزيادة تركيز محلول الخلايا النباتية التي تكبح عملية التركيب الضوئي والتي بدورها تسبب وبشكل غير مباشر انغلاق الثغور بواسطة دورة تنظيم ثاني أكسيد الكربون في الخلايا. إن الشدات الضوئية في هذه الفترة من السنة مرتفعة ولم يؤدِ الضوء دور العامل المحدد سواءً في انفتاح الثغور أو في الإنتاجية النباتية، ويدعم ذلك قيمَ معامل الارتباط المنخفضة (الجدول1)، إذ إن نباتات C3 تحتاج إلى شدات ضوئية أقل من نباتات C4 (Rice et al,، 1992، Bookman et al,1983).

يستنتج مما ورد أن البناء الضوئي ازداد خلال فترة الجفاف وترافق مع زيادة شدة الجفاف، ومن ثم زادت تقسية النبات من نشاط ومعدل التركيب الضوئي في مرحلة الجفاف إلى مستويات أعلى من المعدل الأصلي في بداية التجربة.

2- إعادة الري: وعلى الرغم من إعادة الري إلا أن شدة التركيب الضوئي أخذت بالانخفاض لتصل إلى (0.2 غ/م^2/سا)، ولكنها أخذت منحىً تصاعدياً في اليوم الثاني لتصل إلى قيمة أعلى من الوضع الأصلي (0.5 غ/م^2/سا)، فنتيجة للري انخفضت شدة الإجهاد من إجهاد حاد 23.8% إلى إجهاد متوسط 19.4% في اليوم الأول من الري ويبدو أنه تحت تأثير إجهاد متوسط مسبوق مباشرة بإجهاد حاد فإن إنتاج اليخضور تابع

هبوطه الأمر الذي أدى إلى مزيد من الانخفاض في التركيب الضوئي، أما في اليوم الثاني الذي شهد انخفاض الإجهاد إلى إجهاد خفيف 9% فقد تحسن إنتاج اليخضور الأمر الـذي أسهم في ارتفاع معدل التركيب الضوئي إلى أعلى من معدله الأصلي.

وأدت إعادة الري إلى:

- تحسين المحتوى المائي للنبات.

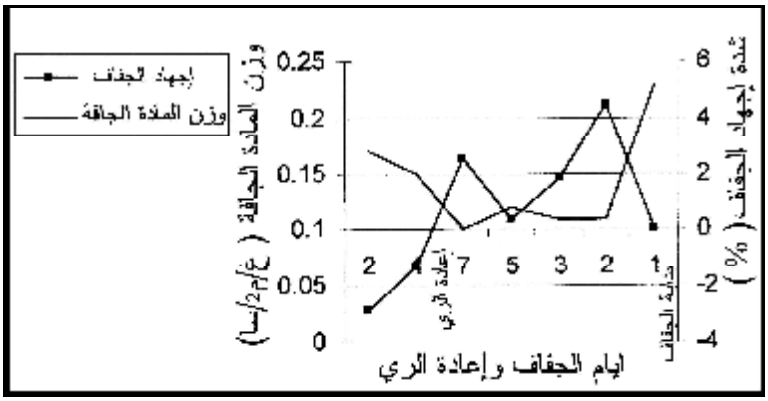
- تعويض ماء البروتوبلازمى وتفادي تأثيراته السلبية، كإعادة البنية الغروية للخلايا، والنشاط الاستقلابي والأنزيمي، واستعادة النظم الضوئية لفعاليتها، الأمر الذي أسـهم فـي إعادة تحسين إنتاجية اليخضور من جديد.

- امتلاء الخلايا الحارسة بالماء مما أدى إلى انفتاح الثغور وإعادة تنشيط توصيل غاز CO2 على مستوى الثغور والنسيج الوسطي، مما سمح بإعادة انطلاق عمليـة التركيـب الضوئي بمعدلات أكبر.

يستنتج أن حساسية هذا النبات لإعادة الري منخفضة، إذ كان معدل البناء الضوئي في اليوم الثاني (0.5 غ/م^2/سا) أكثر ارتفاعاً منه في اليوم الأول للجفاف بثلاث مرات.

ثانياً: الهيبسكس، وردة الصين: .Hibiscus rosa-sinensis L

1- الجفاف: كانت فترة تعريض النبات للجفاف سبعة أيام، أبدى هذا النبـات معـدلاً مرتفعاً للتركيب الضوئي في بداية الجفاف قدره 0.23 غ/م^2/سا وهو الأعلى بين النباتـات المدروسة (الشكل 1)، إلا أن هذه المعدلات أخذت بالتناقص خلال أيام الجفاف على الرغم من تعرضه لشدات جفاف خفيفة خلال فترة الجفاف وثبات نسبي للمحتوى المـائي، ففـي اليوم الثاني كان الإجهاد خفيفاً (النقص في المحتوى المائي النسبي4.5%) رافقـه خفـض حاد في إنتاج المادة الجافة (الشكل4) حيث انخفض المعدل مباشرة إلى أقـل مـن 50% 0.11 غ/م^2/سا مما يدل على حساسية النبات العالية لأدنى شدات الجفاف، وحـافظ علـى هذه الإنتاجية في اليوم الثالث على الرغم من خفض شدة الإجهاد إلى1.8% أما في اليـوم الخامس فتابعت شدة الإجهاد انخفاضها إلى0.4% أي انعدام الإجهاد تقريباً عنـدها فقـط زادت إنتاجية النبات إلى 0.12 غ/م^2/سا غ، وزادت شدة الإجهـاد بانخفـاض المحتـوى المائي عن الحد الأصلي بنسبة 2.5% مما أدى إلى انخفاض معدل التركيب الضوئي إلـى (0.1 غ/م^2/سا) في اليوم السابع.



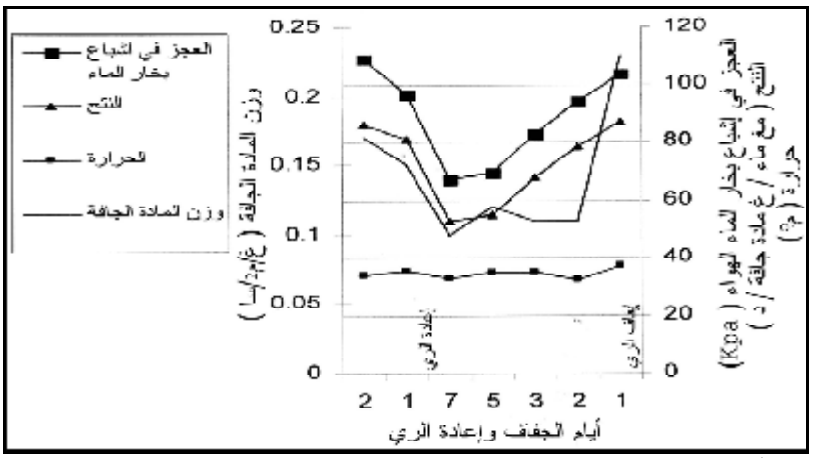
الشكل (4) تأثير إجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

أخذ معدل إنتاج المادة الجافة منحىً متناقصاً خلال فترة الجفاف (ما عدا اليوم الخامس ولكن يبقى أكبر من المعدل الأصلي) رغم أن شدات الإجهاد كانت منخفضةً أيضاً، وهذا لا ينفي وجود تعاكس بينهما في اليوم الثاني والخامس والسابع، ومن ثَمّ لا بد من البحث عن أدوار لعوامل أخرى أسهمت في التأثير في سلوك النبات.

فمن خلال قيم معامل الارتباط (الجدول1) نجد أن القيم المهمة لمعدل التركيب الضوئي كانت مع عوامل درجة الحرارة 0.734 ومعدل النتح 0.669 والعجز في ضغط بخار ماء الهواء 0.468، إن القيم الموجبة المرتفعة لمعامل الارتباط تعكس التغيرات اليومية المتزامنة لهذه المتغيرات التي أخذت قيماً منخفضةً خلال أيام الجفاف، ثم أخذت منحىً تصاعدياً بعد إعادة الري (الشكل4)، وربما لم يكن هناك ارتباط مباشر بين هذه المتغيرات الثلاثة والتركيب الضوئي، وقد يكون لها دور ثانوي أو جزئي في بعض أيام القياس، فأول مرة يؤدي عامل درجة الحرارة دوراً مباشراً وفعالاً في إنتاج المادة الجافة والتركيب الضوئي خلال هذه التجربة، وذلك في نبات الهيبسكس فقط، فالمنحنى البياني للبناء الضوئي أكثر تبعية لعامل الحرارة منه للعوامل الأخرى (الشكل5).

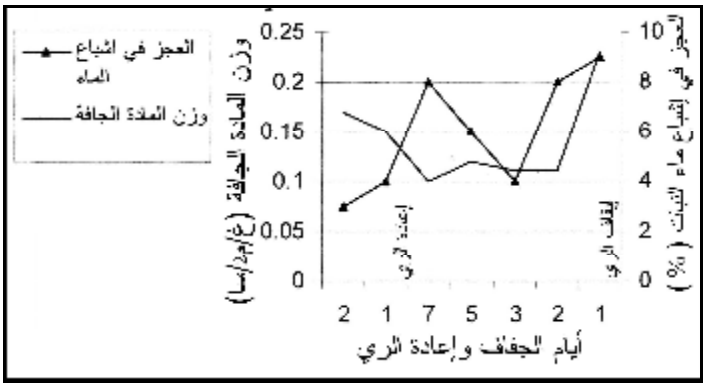
يبدو أن زراعة هذه النباتات لسنوات عديدة في هذه البيئات الجديدة والقاسية في إجهاداتها المختلفة ومنها الإجهاد الحراري قد زاد من المجال الحراري الذي يمكن أن تنشط فيه بعض العمليات الفيزيولوجية ولفترة زمنية قد تكون محدودة كأن يزداد إنتاج المادة الجافة في هذه النباتات ذات النمط C3 خارج المجال الحراري لموطنها الأصلي، أي أن تعمل في مجال حراري أكثر ارتفاعاً يجعلها قريبة من النباتات C4، كالمجال الحراري 33-35.5 م° في اليوم الثامن لدى البظرومية، وكذلك عند الدرجة 35 مْ في اليوم الخامس لدى الهيبسكس، والثالث والخامس لدى الونكة. ويشابه تأثير درجة

الحرارة في التركيب الضوئي تأثيرها في النشاط الأنزيمي، مما يدعم النظرية القائلة: إن تثبيط الأنزيمات هو أحد أسباب تثبيط التركيب الضوئي في درجات الحرارة المرتفعة (Khol, 1991 ،Henson and Hitz, 1982).



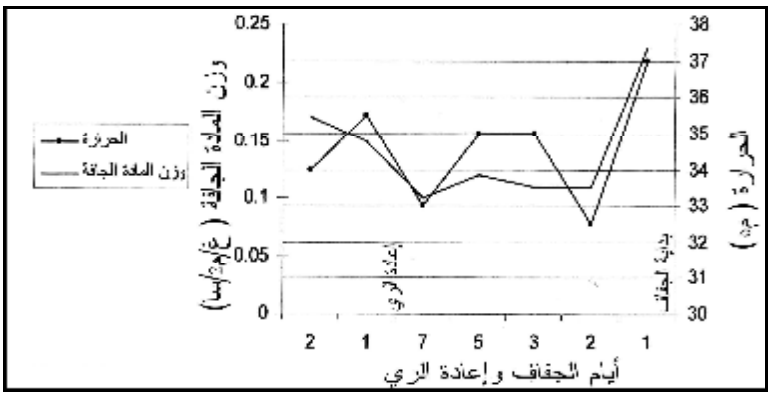
الشكل (5) تأثير العجز في إشباع بخار ماء الهواء والنتح والحرارة في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

إن عامل العجز في ضغط بخار ماء الهواء، يتناسب طردياً مع معدل النتح، وربما أدى انخفاض قيمه إلى انخفاض معدلات النتح خلال الأيام الثلاثة الأولى للجفاف (الشكل5)، كما أن قيم العجز في إشباع ماء الورقة أخذت قيماً متدرجة الانخفاض خلال أيام الجفاف (الشكل6) الأمر الذي يجب أن يتبعه أو أن يقابله ارتفاع تدريجي لمعدلات النتح (الشكل5) ويندرج عدم حصول ذلك ضمن إستراتيجية النبات في ظل ظروف الجفاف على ترشيد استهلاك الماء والمحافظة على توازن مائي في النبات، وبالمقابل فإن انخفاض معدلات النتح التدريجي أثر بدوره في ضعف إيصالية الثغور والأنسجة المتوسطة لغاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية التركيب الضوئي.



الشكل (6) تأثير العجز في إشباع ماء النبات في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

أما ارتفاع معدل التركيب الضوئي في اليوم الخامس فلم يكن استجابة لانفتاح الثغور لأن معدل النتح بقي منخفضاً (الشكل5)، وإنما بسبب ارتفاع درجة الحرارة (الشكل7) في اليوم الثالث مما رجح معدل التنفس على معدل التركيب الضوئي الأمر الذي أدى إلى إنتاج كمية ولو قليلة من الماء (Genkel et al, 1967a) أدت إلى خفض أكبر للعجز المائي في اليوم الثالث (الشكل6)، مما أدى إلى ارتفاع التركيب الضوئي في اليوم الخامس، ورغم أن كميات الماء المستهلكة في التركيب الضوئي ضئيلة (نسبة للماء اللازم لاستمرار حياة النبات) إلا أنه وبسبب حساسية النبات تظهر بيانات عجز أكبر للماء في اليومين الخامس والسابع (الشكل6)، عندها انخفض النتح لعدم توافر كميات كبيرة من الماء واستمر الانغلاق الجزئي للثغور مما أسفر عنه انخفاض في قيم إنتاج المادة الجافة.



الشكل (7) تأثير الحرارة في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

يبدو من سلوك هذا النبات وكأنه تكيف لخفض نشاط أي عملية فيزيولوجية تستنفد الماء في فترة الجفاف، من خلال:

1- -خفض معدلات التركيب الضوئي بحيث تكون أقل من معدلاتها الأصلية.

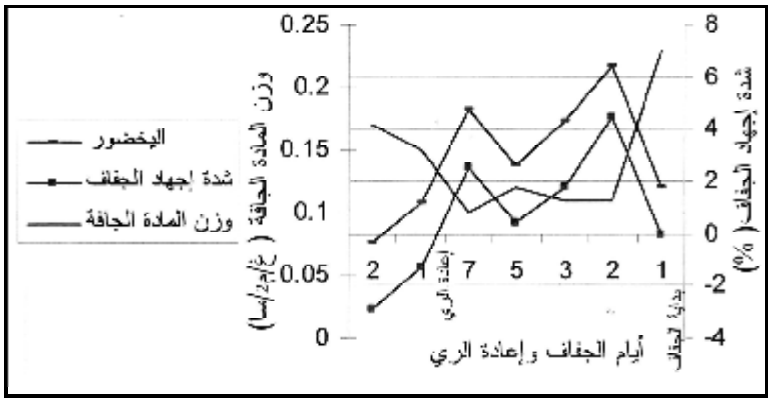
2- خفض معدلات النتح أيضاً التي تستهلك معظم ماء النبات.

3- الحفاظ على محتوى مائي نسبي ثابت وقريب من معدله الأصلي.

تشير كل هذه الدلائل إلى الحساسية العالية لهذا النبات لشدات الجفاف بجميع أنواعها، الأمر الذي يعكس آلية معينة يسلكها هذا النبات تمكنه من مقاومة فترة الجفاف واجتيازها، إلى أن تأتي ظروف مائية أفضل حالاً فيعاود نشاطه الفيزيولوجي من جديد.

2- إعادة الري: أخذت شدة الإجهاد قيماً سلبية مباشرة بعد ري النبات، أي أن المحتوى المائي النسبي ارتفع عن قيمته للوضع الأصلي في بداية التجربة، وهذا يعود إلى أن الجملة الجذرية النشطة لهذا النبات والتي لم تتأثر بفترة الإجهاد المائي، وإلى زيادة تركيز المواد المنحلة في فترة الإجهاد أدت إلى سرعة ازدياد الفرق في ضغط إجهاد الماء بين محلولي التربة والمحلول داخل الخلايا الجذرية وازدياد قوة الامتصاص الأسموزية للخلايا مما رفع كفاءة امتصاص الماء (Levitt, 1972) وهذا أدى إلى ارتفاع معدل التركيب الضوئي مباشرة في اليوم الأول لإعادة الري إلى 0.15 غ/م^2/سا، واستمر هذا الصعود في اليوم الثاني إلى 0.17 غ/م^2/سا، مترافقاً مع انخفاض شدة الإجهاد بل وانتفائها من -1.3 % إلى-2.9% مما يعني أن هناك تزايداً في المحتوى المائي النسبي عن الحد الأصلي في بداية التجربة، إلا أن معدلات التركيب الضوئي بقيت دون مثيلاتها في اليوم الأول لإيقاف الري، حيث كانت 0.23 غ/م^2/سا، وربما تحتاج إلى عدة أيام كما وصفها (Craft,1968).

يستنتج أن النبات حساس تجاه الجفاف وإعادة الري، فقد أبدى في اليوم الثاني للري معدلاً مقبولاً وصلت نسبته إلى 75% من مثيله في اليوم الأول للجفاف (الشاهد)، إذاً بإعادة الري استعاد النبات نشاطه الطبيعي، وربما يعود ذلك لتحسن الوضع الفيزيولوجي عامة ولتحسن إنتاجية اليخضور خاصة (الشكل8)، ولكن لم يصل التركيب الضوئي إلى الوضع الأصلي خلال هذين اليومين.

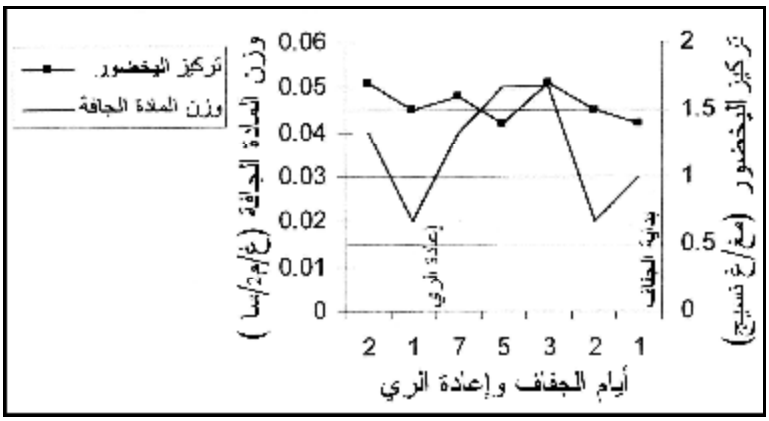


الشكل (8) تأثير اليخضور وإجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

ثالثاً: الونكة، تفتة: *Vinca rosea L.*

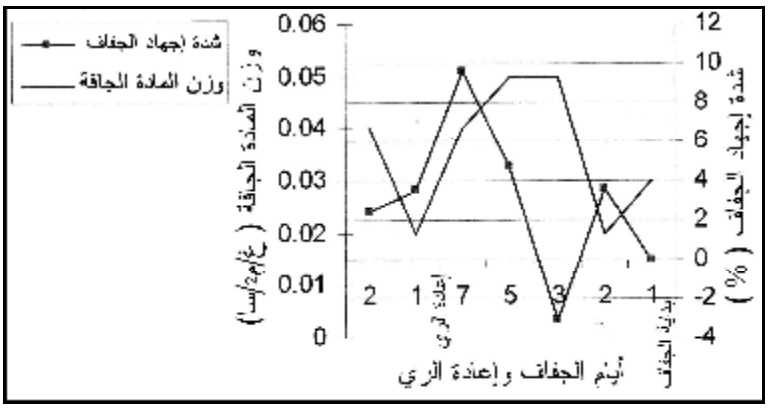
1- الجفاف: استمر تعريض الونكة للجفاف7 أيام، وأبدى هذا النبات معدلات منخفضة للتركيب الضوئي مقارنة بالنباتات المدروسة (الجدول 1)، ففي اليوم الأول كان معدل التركيب الضوئي 0.03 غ/م^2/سا، وانخفض إلى 0.02 غ/م^2/سا في اليوم الثاني على الرغم من ارتفاع تركيز اليخضور (الشكل9)، وذلك نتيجة ارتفاع شدة إجهاد الجفاف إلى3.6 % (الشكل 10) ومن ثم أخذ معدل التركيب الضوئي منحىً تصاعدياً حيث وصل إلى ذروته في اليومين الثالث والخامس (0.05 غ/م^2/سا أكثر من المعدل الأصلي بـ 75%) خلال فترة الجفاف ويعزى ذلك إلى الانخفاض الكبير في شدة الإجهاد بل واتخاذه منحىً سلبياً في ذلك اليوم -3.1% بسبب مضاعفة المحتوى المائي عن الحد الأصلي لبداية الجفاف، ويستمر هذا المعدل في اليوم الخامس ما دام الجفاف من مرتبة الإجهاد الخفيف 4.7%، إلا أن هذه الإنتاجية تنخفض إلى أقل من50% ما أن ترتفع شدة الإجهاد من 4.7% إلى 9.6% في اليوم السابع. ويمكن تفسير ذلك بأن هذا النوع من النباتات الوسادية (الشجيرات القزمة) تؤمن لنفسها مناخاً دقيقاً Microclimate، فعلى الرغم من أن ثغورها ذات حساسية عالية لجفاف الهواء إلا أنها تبقى مفتوحة بدرجة كبيرة ولا يضر ذلك بتوازنها المائي حتى عند معدلات نتح عالية ويعود ذلك إلى:

- نموها الوسادي والمقاومة العالية لانتشار بخار الماء من الحجيرات الهوائية إلى الهواء الخارجي عبر المسام - تمتلك هذه النباتات جذوراً عميقة وكثيفة (تؤمن متطلباتها المائية) تصدر عن أغصان تصلح لأن تكون خزاناً مائياً - كما أن الوضع المائي لهذه النباتات الوسادية متوازن من خلال النسبة الجيدة بين سطح النبات الناتح والماء الداخلي المخزن (Larcher, 1995).

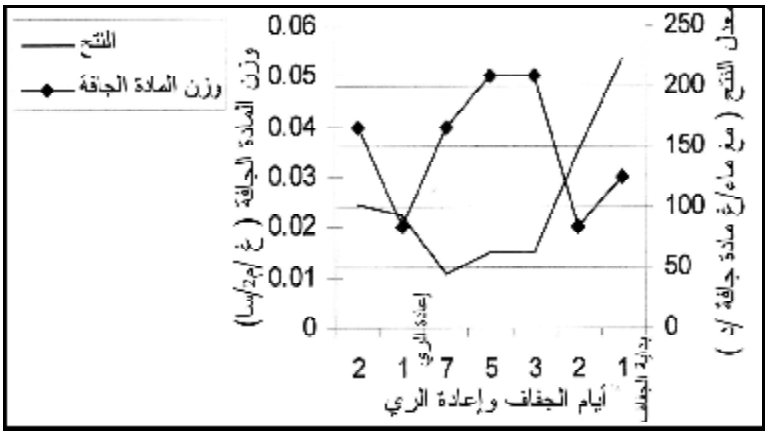


الشكل (9) تأثير تركيز اليخضور في إنتاج المادة الجافة في الونكة

يلاحظ أن إيصالية الثغور (تسهيل الحركة) لغاز CO_2 لم يكن لها دور خلال كل مراحل الجفاف، ذلك أن معدل النتح انخفض تدريجياً (الشكل11) تحت تأثير شدات جفاف متزايدة حتى اليوم السابع (الشكل10) ترافق بانغلاق تدريجي وجزئي للثغور مما أتاح انتقال CO_2 ولو ضمن الحد الأدنى، حيث تشير قيمة معامل الارتباط بين التركيب الضوئي والنتح إلى علاقة عكسية –0.551.

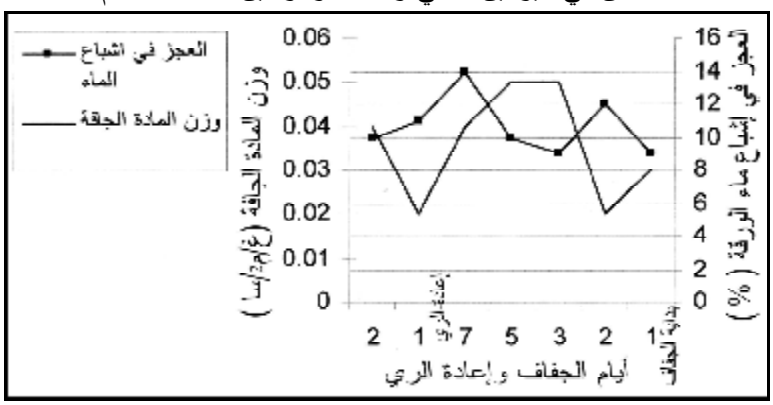


الشكل (10) تأثير شدة إجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الونكة



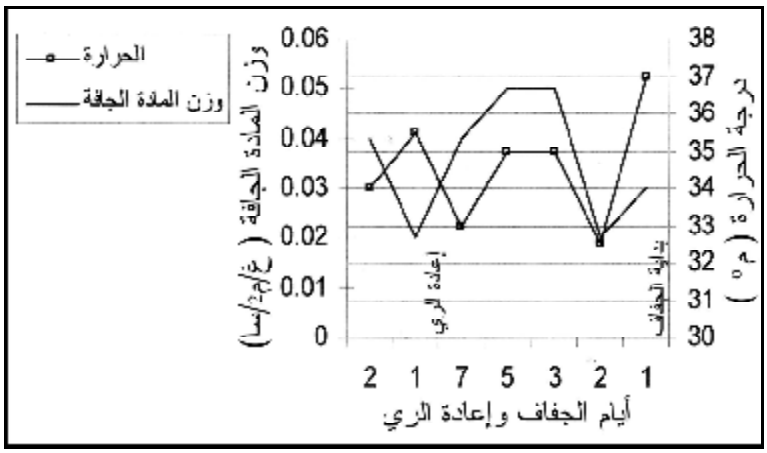
الشكل (11) العلاقة بين النتح وإنتاج المادة الجافة في الونكة

على الرغم من ارتفاع تركيز اليخضور خلال فترة الجفاف وإعادة الري (الشكل 9) إلا أن تأثيره يتلاشى خلال فترة الجفاف رابطاً ذلك بانخفاض قيمة معامل الارتباط 0.33، لذلك يعتقد أن هناك عوامل أخرى تؤثر في خفض إنتاج المادة الجافة في اليومين الأول والثاني، ويأتي في طليعة هذه العوامل ارتفاع العجز في إشباع ماء النبات الذي ارتفع خلال اليومين الأول والثاني (الشكل 12)، ومن ثم أصبح نشاط التركيب الضوئي المتزايد تابعاً لعامل درجة الحرارة المرتفعة أيضاً خلال اليومين الثالث والخامس وحتى اليوم السابع (الشكل 13)، أما في اليوم السابع وبسبب زيادة العجز في إشباع ماء النبات وبسبب ازدياد تأثير عامل الجفاف فقد انخفضت فعالية التركيب الضوئي، ويبدو أن المجال الحراري الأمثل للبناء كان في اليومين الثاني والثالث وهو بين 32.5- 35 م^{o} .



الشكل (12) تأثير العجز في إشباع ماء الورقة في إنتاج المادة الجافة في الونكة

2- إعادة الــري: تحسن المحتوى المائي في اليوم الأول مما أدى إلى انخفاض شــدة الإجهاد إلى 3.5% ولم يظهر تأثير ذلك في الإنتاجية التي تابعت انخفاضها في ذلك اليــوم 0.02 غ/م^2/سا، وفي اليوم الثاني تابعت شدة الإجهاد انخفاضها إلى2.4% وهنا بدت نتائج إعادة الري التي تمثلت بارتفاع مستوى الإنتاجية إلى معدل فاق الوضع الأصلي للنبات في بداية التجربة 0.04 غ/م^2/سا كدليل على التجاوب الجيد مع إعادة الري. كان هذا الارتفاع في معدل إنتاج المادة الجافة نتيجة تحسن بعض العوامل الداخلية المؤثرة: كانخفاض العجز في إشباع ماء النبات وتحسن إيصاليه الثغور لغاز CO_2 من خلال تنشط عملية النتح وانفتاح الثغور نتيجة لتحسن الوضع المائي للنبات ولازديــاد فــي إنتاجيــة اليخــضور. يــرى (Craft,1968) أن النباتات المعرضة للجفاف تحتاج عدة أيام بعد ريها للعودة إلى معدلاتها الأصلية، أما النباتات الحالية فلم تتطلب عدة أيام للعودة إلى المعدلات الأصلية، فالبظرومية والونكة عاودا نشاطهما في اليوم الثاني، أما الهيبسكس فتحسن في اليوم الأول للري ولكن بقي دون المعدل الأصلي في اليوم الثاني وربما احتاج إلى يوم آخر.



الشكل (13) تأثير درجة الحرارة في إنتاج المادة الجافة في الونكة

رابعاً: جدوى التقسية: Hardening

إذاً تفيد كل من عمليتي التقسية وإعادة الري في أمور عديدة منها: تكيف النبات مــع ظروف الجفاف، وزيادة الإنتاجية النباتية، واختبار الفترة التي يمكن للنبات أن يبقى فيهــا دون ري، ومن ثَمّ عودته إلى نشاطه بعد إعادة الري مما يسهم في تحسين جميع جوانــب النشاط الفيزيولوجي، وترشيد استهلاك المياه، وخفض التكلفة والجهد البــشري اللازمــين لعملية الري اليومي.

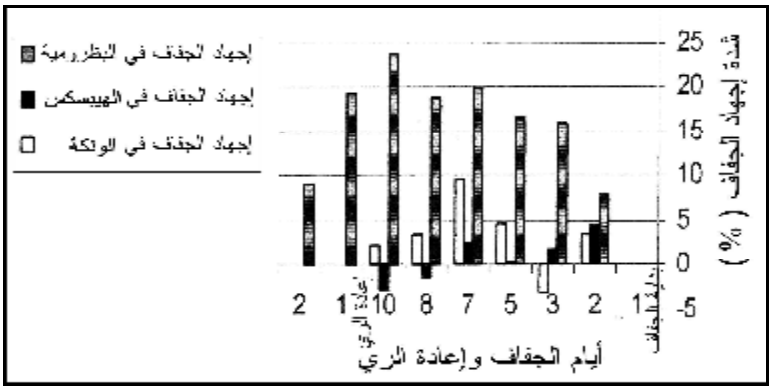
خامساً: الإنتاجية القصوى للنباتات تحت ظروف الجفاف:

يمكن عَدُّ المعدلات الأعظمية للبناء الضوئي التي تبديها الأنواع النباتية تحت ظروف الجفاف بأنها قياس لمعدل الإنتاج الأعظمي، فهي تعادل 0.70غ/م^2/سا في نبات البظرومية تزامنت مع اليوم الثامن، و0.12 غ/م^2/سا في نبات الهيبسكس في اليوم الخامس، أما في الونكة فقد بلغت 0.05 غ/م^2/سا في اليومين الثالث والخامس من الجفاف.

سادساً: قياس مقاومة النباتات المدروسة للجفاف:

1- قياس الإنتاج النباتي في الحقل في أثناء الإجهاد: كان ترتيب النباتات كالآتي: الأول هو البظرومية إذ إن إنتاجيته فاقت المعدل الأصلي بنسبة 300% في اليوم الثامن، يليه الونكة الذي زاد معدله بنسبة 55% على المعدل الأصلي، أما الهيبسكس فقد أبدى إنتاجية أقل بنسبة 55% عن المعدل الأصلي.

اختلفت شدة الإجهاد التي تشكلت من نبات لآخر (الشكل14)، فهي الأعلى لدى البظرومية، ثم الونكة، والأقل لدى الهيبسكس. وذلك برغم توافر الشروط نفسها للنباتات المدروسة سواء على مستوى نوعية التربة، والعوامل البيئية المحيطة، وكمية ماء الري في بداية التجربة أو في إعادة الري.



الشكل (14) التغيرات في شدة إجهاد الجفاف لدى النباتات المدروسة في أيام الجفاف وإعادة الري

2- قياس طول الفترة الزمنية التي يستطيع النبات البقاء فيها حياً بعد وقف الري: تأتي البظرومية في المرتبة الأولى إذ بقيت 10 أيام، يليها الونكة والهيبسكس ثانياً إذ بقيا 7 أيام. يمكن أن تؤدي إطالة فترة الإجهاد المائي المتمثل بجفاف أنسجة النبات إلى زيادة في إجهاد الأكسدة (Oxidative stress) الذي يسبب تدهوراً في تركيب الصانعات الخضراء مما يقود إلى انخفاض في فعالية التركيب الضوئي (Demmig-Adams and Adams, 1992).

ما النبات الأجدر بالزراعة ؟

رغم أن شدة الإجهاد المتشكلة في البظرومية كانت الأعلى بين النباتات المدروسة، إلا أن إنتاجيته القصوى 0.71غ تجاوزت مثيلاتها في النباتات الأخرى في فترة الجفاف (الشكل1) كما تجاوزت معدلها الأصلي في الوضع الطبيعي. أما الهيبسكس الحساس لفترتي الجفاف وإعادة الري فقد تعرض لشدة إجهاد كانت الأقل مرتبة (المرتبة الثالثة) إلا أن إنتاجيته القصوى جاءت في المرتبة الثانية 0.12غ ولكنها أقل من الوضع الأصلي. في حين أتى الونكة ثانياً بالنسبة لشدة الإجهاد وكانت إنتاجيته هي الأقل بين النباتات ولكنها تجاوزت المعدل الأصلي بنسبة 55%. وبناءً على هذا فإن أولوية الزراعة ستكون لنبات البظرومية، يليه الونكة وأخيراً الهيبسكس. فعلى الرغم من وجود النباتات في الظروف البيئية نفسها إلا أنها أبدت سلوكاً مختلفاً على مستوى فعالية التركيب الضوئي والطاقة الإنتاجية القصوى وآليات تحمل الجفاف وجدوى التقسية.

تعدُّ هذه الدراسة مميزة في وطننا العربي وتشكل نواة عمل حقيقية على صعيد تطوير الدراسات الفيزيولوجية البيئية، إذ إنها تفيد في:

1- إنتاج أصناف من المحاصيل النباتية على درجة كبيرة من مقاومة الإجهاد بجميع أشكاله، اعتماداً على التهجين الوراثي وعلى البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology التي تمكن استخدام المؤشرات الجزيئية Molecular Markers، حيث تفيد في تحديد صفة المقاومة النباتية المدروسة بطرائق مخبرية متقدمة، ويمكن بناءً على هذه البحوث نقل مورثات المقاومة إلى النباتات قليلة المقاومة (Karakousis et al, 2003، Salem, 2004، Salem et al, 2004).

2- ترشيد المياه في القطاع الزراعي.

3- تحسين الإنتاجية النباتية لجميع أنواع المحاصيل.

4- تنظيم المراعي وتطويرها.

5- زراعة الحدائق وتشجيرها داخل المدن.

6- مكافحة التصحر من خلال زراعة أطراف الصحاري بنباتات مناسبة لهذه البيئات وذات إبذار وتلقيح ذاتي مما يثبت الترب ويعيد انتشار الغطاء النباتي باتجاه معاكس لزحف الصحراء.

7- زراعة الأشجار المناسبة في البيئات المناسبة، حتى ينتشر الغطاء النباتي في كل المناطق مما سوف يكون له الأثر الأكبر في موضوعي المناخ والبيئة.

REFERENCES المراجع

Ackerson, R. C. and Kreig, D. R. (1982). Synthesis and movement of abscisic acid in water stressed cotton leaves. Pl. ph. Soil. 69:609-613.

Almadi, L. (1982). Vizhaztartasi vizsgalatok I. Bot. Kozlem. 69: 85 – 93.

Ashton, F. M. 1965: Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on the rate of apparent photosynthesis in sugar cane Plant Physiol. 31: 266-274.

Bookman, P. and Mack, R. (1983). Competition between Bromus tectorum L. and Poa pratensis L. role of light. Oecologia/Berlin 57:406-411.

Craft, A.S. (1968). Water deficit and physiological processes. In: Kozlousk, T.T(Ed) water deficit and growth .Academic Press,pp.85-133.New York.

Demmig-Adams, B. and Adams, W. W. (1992). Photoprotection and other responses of plants to high light stress. Ann. Rev. Pl. Physiol. Pl. Mol. Biol. 43:599-628.

Genkel, P. A.; Badanov, K. A., and Andreeva, I. I. (1967a). Significance of respiration for the water content of plant cells under drought conditions. Fiziol. Rast. 14, 494-499

Geof, R. (1992). Landscape plant Manual for Saudi Arabia. Scientific Publishing Center . king Abdulaziz University. Jaddah.

Henson, A. D and Hitz, W. D. (1982). Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits.Ann.Rev.pl.physiol.33:163-203.

Hsiao, T. C. (1973). Plant response to water stress. Ann. Rev. Pl. Physiol. 24: 519-570.

Karakousis, A.; Barr, A.R.; Kretschmer, J.M.; Manning, S.; Jefferies, S.P.; Chalmers, K.J.; Islam, A.K.M.R.; and, Langridge, P. (2003). "Mapping and QTL analysis of the barley population Clipper × Sahara." Aust J Agr Res 54: 1137-1140.

Kohl, D. H; Kennenlly, E.J; Zhu, Y; Schubert, K. R. and Shearer, G. 1991. Proline accumulation, nitrogenous (C_2H_2 reducing) activity and activities of enzymes related to praline metabolism in drought stress soybean nodules. J. Exp. Bot.42:831-837.

Larcher, W. (1995). Physiological Plant Ecology. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp: 257.

Levitt, J. (1972). Responses of plants to environmental stresses. Academic press, New York.

Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1, chilling, freezing and high temperature stress. Academic Press, New York.

Levitt, J. (1982). Response of plants to environmental Stresses. Vol.2, water, radiation, salt and other Stresses. Academic press, New York.

Loustalot, AS. (1945). Influence of soil moisture conditions on a apparent photosynthesis and transpiration of pecan leaves. Agre. Research 71:519.

Rabinowitch, E. (1945). Photosynthesis and Related Processes, vol. I.. New York: Interscience Publishers.

Rice, K. J; Black, R. A; Radamaker, G. and Evans, R. D. (1992). Photosynthesis, growth and biomass allocation in habitat ecotypes of cheatgrass /Bromus tectorum/. Functional Ecology.6:32-40.

Rychnovska, M.; Kvet, J; Gloser, J; and Jakrlova, J. (1972). Pl Act Sc. Nat. Brno 6 (5):1-38.

Sadasivam, S. and Manickam, A. (1991). Biochemical methods for agricultural sciences. Willy Eastern Limited and Tamilandu Agricultural University.

Sadik, Abdul-Karim and Shwki Barghouti. (1997). The Economics of Water. Second Symposium on Water Resources and Uses in the Arab World. Kuwait. 8-10 March 1997.

Salem K.F.M. (2004). The inheritance and molecular mapping of genes for post-anthesis drought tolerance (PADT) in wheat. PhD thesis, Martin-Luther-University, Halle-Wittenberg, Germany. 124 pp.

Salem K. F. M; Roder M. S; and Borner A. (2004). Molecular mapping of quantitative trait loci (QTLs) determining post-anthesis drought tolerance (PADT) in hexaploid wheat (Triticum aestivum L.). Vortrge für Pflanzenzüchtung 64:21-24

Slatyer, R. O. (1967). Plant-water relationships. Academic Press, London. Slavik, B. /eds/ 1974: Methods of studding plant water relations pp. 121 – 156. Acad. Paul. House.

Stoker, O. (1929). Ein feldmethode zur Bestimmung der Momentanen Transpiration-und Evapo-Ration grosse. Ber. Deut .bot. ges.47:129-136.

Tal, M., Imber, D. (1971). Abnormal Stomatal Behavior and Hormonal Imbalance in Flacca, a Wilty Mutant of Tomato: III. Hormonal Effects on the Water Status in the Plant. 1. Plant Physiol. 1971 JUN;47(6):849-850.

Tuba, Z. (1984). Homo; pusztagyep-fajok fotoszintezes okologiaja. /Photosynthetic ecological properties of some species of sandy grasslands /.PhD thesis, Vacratot.

Von Sachs. J. (1890). History of Botany (1530-1860) translated by HEF Garnsey; revised by IB Balfour. Clarendon Press, Oxford.

شكر وتقدير

أشكر كلية المعلمين بمكة المكرمة، متمثلة بعميدها الدكتور عبد الملك الثبيتي والوكيل العلمي الدكتور فيصل بغدادي وقسم العلوم على الدعم والمساعدة.