

تمديدات الزمرة $C(n)$ بمساعدة زمرة دوارة من المرتبة p

عبد اللطيف هنانو

قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2006/05/23

قبل للنشر في 2007/02/04

الملخص

في الورقة العلمية هذه نبحث في تمديدات الزمرة $C(n) = Cp^\infty \oplus Cp^\infty \oplus \dots \oplus Cp^\infty$ حيث: $\langle a_0, a_1, \dots : pa_0 = 0, pa_1 = 0, \dots \rangle$ بمساعدة الزمرة الدوارة $A = \langle \bar{a} \rangle$ من المرتبة p (عدد أولي)، وتوصلنا إلى المبرهنة الآتية:
إن جميع التمديدات غير المتماثلة للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة A والموافقة لـ Z_p - تمثيلات غير خزولة للزمرة A هي:

$$1 - G(R_1, 0)$$

$$2 - G(R_2, 0) \quad , \quad G(R_2, b) \quad ; \quad b = (a_0, 2a_0, \dots, (p-1)a_0)$$

$$3 - G(R_3, 0)$$

حيث إن R_i هي الـ Z_p - تمثيلات غير خزولة للزمرة A .
التصنيف الرياضي العالمي K35 20.

الكلمات المفتاحية: تمديدات، الزمرة الدوارة، تمثيلات غير خزولة.

Extensions of the group $C(n)$ by means of the cyclic group of order p

Abdollatif Hanano

Department of Mathematics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria

Received 23/05/2006

Accepted 04/02/2007

ABSTRACT

This papers reports the investigation of extensions of the group:

$C(n) = Cp^\infty \oplus Cp^\infty \oplus \dots \oplus Cp^\infty$, where $Cp^\infty = \langle a_0, a_1, \dots : pa_0 = 0, pa_1 = 0, \dots \rangle$,

by means of the cyclic group $A = \langle a \rangle$ of order p , where p is a prime number.

It has been concluded from this work that, all non isomorphic extensions of the group $C(n)$ by means of the group A , that correspond to irreducible representations of the group A , are: - Z_p

$$1 - G(R_1, 0)$$

$$2 - G(R_2, 0) \quad , \quad G(R_2, b) \quad ; \quad b = (a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0)$$

$$3 - G(R_3, 0)$$

Key words: Extensions, Cyclic group, Irreducible representations.

المقدمة

لتكن $A = \langle \bar{a} \rangle$ زمرة دوارة من المرتبة p (p عدد أولي) ولتكن

$C(n) = Cp^\infty \oplus Cp^\infty \oplus \dots \oplus Cp^\infty$ زمرة المجموع المباشر لـ n زمرة من الشكل:

$$Cp^\infty = \langle a_0, a_1, \dots : pa_0 = 0, pa_1 = 0, \dots \rangle$$

إن كل تمديد للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة A هو زمرة G بحيث

$G/C(n) \cong A$ والزمرة G تُعرّف بتشاكل (homomorphism) $R: A \rightarrow \text{Aut}C(n)$

ونظام $m_{a,b}$; $a, b \in A$ لذلك نرمز كل تمديد للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة A

بالرمز $G(C(n), A, R, m_{a,b})$ [1], [2]

إن التشاكل $R: A \rightarrow \text{Aut}C(n)$ ما هو إلا Z_p - تمثيل للزمرة A وأن الزمرة

$C(n)$ ما هي إلا Z_p - مودول حر Free Module، إذا كانت $S = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$

قاعدة له فإن التمثيل R يعين تمثيلاً مصفوفاتياً $R: A \rightarrow GL(n, Z_p)$ وإذا غيرنا

$$S' = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$$

فإننا نحصل على تمثيل مصفوفاتي \hat{R} مشابه للتمثيل R أي $\hat{R} = P^{-1} R P$ حيث

P مصفوفة الانتقال من القاعدة S إلى القاعدة S' .

لنوجد الآن التمديدات غير المتماثلة للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة الدوارة A الموافقة

لـ Z_p - تمثيل غير خزول R للزمرة A .

نظراً لأن $G/C(n) \cong A$ فإننا إذا رمزنا ممثل صف التكافؤ المماثل للعنصر $\bar{a} \in A$

بالرمز a فإن ممثلي صفوف التكافؤ $G/C(n)$ ستكون: $1, a, a^2, \dots, a^{p-1}$

بحيث $a^p = a \in C(n)$ وإن

$$m_{a^i, a^j} = \begin{cases} 1 & \text{if } i+j < p \\ a & \text{if } i+j \geq p \end{cases}$$

ومن ثم كل تمديد G للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة A المعين بـ Z_p - تمثيل غير

خزول للزمرة A وبالعنصر $a \in C(n)$ يمكن أن نرمز له بالرمز $G(R, a)$. ونظراً

$$R(a) = a^{-1} \cdot a \cdot a = a$$

فإن العنصرين $a, a = a^p$ متشابهان (Similar)، والعنصر a صامد (Stable) أمام R أي إن العنصر a ينتمي إلى الزمرة الجزئية:

$$A(R) = \{x \in C(n) \quad ; \quad R(x) = x\}$$

إذا أخذنا a_1 كمثل آخر بدلاً من a فإن ممثلي صفوف التكافؤ $G/C(n)$ ستكون:

$$1, a_1, a_1^2, \dots, a_1^{p-1} \quad ; \quad a_1 = a \cdot c \quad ; \quad c \in C(n)$$

$$a_1^p = b = a^p (R_{a^{p-1}}(c) + R_{a^{p-2}}(c) + \mathbf{L} + R_a(c)) \cdot c \quad \text{وإن}$$

ونظراً لأن $a^p = a$ فإن

$$b = a (R_{a^{p-1}}(c) + R_{a^{p-2}}(c) + \mathbf{L} + R_a(c)) \cdot c$$

وعندئذ

$$m_{a_1^i, a_1^j} = \begin{cases} 1 & \text{if } i + j < p \\ b & \text{if } i + j \geq p \end{cases}$$

ومن ثم إذا رمزنا الزمرة الجزئية:

$$\{(I + R_a(x) + \mathbf{L} + R_{a^{p-1}}(x))x \quad ; \quad x \in C(n)\}$$

بالرمز $B(R)$ نجد أن $B(R) \subseteq A(R)$ ومن ثم للحصول على تمديدات غير

متكافئة للزمرة $C(n)$ يجب اختيار العنصر a من الزمرة $A(R)/B(R)$.

إن الـ Z_p - تمثيلات غير الخزولة للزمرة A هي [3]:

$$R_1 : A \rightarrow GL(1, Z_p)$$

$$a \mathbf{a} 1$$

$$R_2 : A \rightarrow GL(P-1, Z_p)$$

$$a \mathbf{a} e$$

$$R_3 : A \rightarrow GL(P, Z_p)$$

$$a \mathbf{a} z = \begin{pmatrix} e & \langle 1 \rangle \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

حيث:

$$e = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & -1 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & -1 \\ 0 & 1 & \dots & 0 & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} ; \langle 1 \rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \mathbf{M} \\ 0 \end{pmatrix}$$

* تمديدات الزمرة $C(n)$ الموافقة للتمثيل R_1 :

بحساب الزمرتين $A(R_1)$, $B(R_1)$ نجد أن:

$$A(R_1) = \{x \in C(n); 1 \cdot x = x\} = C(1) = Cp^\infty$$

$$B(R_1) = \{px ; x \in C(1)\} = C(1) = Cp^\infty$$

واضح أن $a = 0$ ومنه $A(R_1)/B(R_1) = 0$

إذن يوجد تمديد واحد موافق للتمثيل R_1 وهذا التمديد هو $G(R_1, 0)$.

* تمديدات الزمرة $C(n)$ الموافقة للتمثيل R_2 :

إن:

$$A(R_2) = \{x \in C(p-1) ; R_2(x) = x\}$$

$$x \in C(p-1) \Rightarrow x = (x_1, x_2, \dots, x_{p-1}) ; x_i \in Cp^\infty$$

ومن ثم

$$R_2(x) = x \Rightarrow \begin{cases} -x_{p-1} = x_1 \\ x_1 - x_{p-1} = x_2 \\ \dots \\ x_{p-2} - x_{p-1} = x_{p-1} \end{cases}$$

ومنه $px_{p-1} = 0$ أي إن $x_{p-1} = 0 \pmod{p}$ ومنه

$$x_{p-1} = la_0 ; l = 0, 1, \dots, p-1$$

ومن ثم

$$A(R_2) = \{I(a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0) \ ; \ I = 0, 1, \mathbf{L}, p-1 \ ; \ pa_0 = 0\}$$

وهي زمرة دوارة من المرتبة p .

كما أن

$$B(R_2) = \{(I + R_2(a) + R_2(a^2) + \mathbf{L} + R_2(a^{p-1}))x \ ; \ x \in C(p-1)\}$$

لكن $(I + e + e^2 + \mathbf{L} + e^{p-1})a = 0$ ومن ثم $B(R_2) = 0$ ومنه

$$A(R_2)/B(R_2) = A(R_2)$$

ونظراً لأن $A(R_2)$ زمرة دوارة من المرتبة p فإنه يوجد على الأكثر p تمديد

غير متماثل للزمرة $C(n)$ موافق للتمثيل R_2 وهذه التمديدات هي :

$$G(R_2, a) \ ; \ a = I(a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0) \ ; \ I = 0, 1, \mathbf{L}, p-1.$$

إذا رمزنا العنصر $(a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0)$ بالرمز b فإننا نحصل على

التمديدات :

$$G(R_2, 0) \ ; \ G(R_2, b) \ ; \ G(R_2, 2b) \ ; \ \mathbf{L} \ ; \ G(R_2, (p-1)b)$$

من الواضح أن التمديد $G(R_2, b)$ ، $G(R_2, 0)$ غير متماثلين ، ولنبيين أن

التمديدات $G(R_2, (p-1)b)$ ، \mathbf{L} ، $G(R_2, 2b)$ متماثلة مع التمديد $G(R_2, b)$.

نظراً لأن الزمرة $C(P-1)$ (الجزئية من الزمرة $(G(R_2, b))$ هي Z_p - مودول حر

فلتكن S قاعدة للمودول $C(P-1)$ ولنأخذ Z_p - قاعدة جديدة للمودول $C(P-1)$ ناتجة من

القاعدة S بضرب عناصر المجموعة S بـ λ ($I = 1, 2, \mathbf{L}, P-1$) فنجد أن الزمرة

$G(R_2, Ib)$ تشابه الزمرة $G(R_2, b)$ ومن ثم التمثيل R_2 يعين على الأكثر تمديدين

غير متماثلين للزمرة $C(n)$ هما:

$$G(R_2, 0) \ , \ G(R_2, b) \ ; \ b = (a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0)$$

* تمديدات الزمرة $C(n)$ الموافقة للتمثيل R_3 :

بالحساب نجد أن:

$$A(R_3) = \{((p-1)x, (p-2)x, \mathbf{L}, 2x, x, px) \ ; \ x \in Cp^\infty\}$$

$$B(R_3) = \{(I + R_3(a) + \mathbf{L} + R_3(a^{p-1}))x \ ; \ x \in C(p)\}$$

وأن $A(R_3)/B(R_3) = 0$ ومنه $a = 0$ أي إن التمثيل R_3 يعيّن تمديداً وحيداً

للزمرة $G(R_3, 0)$ للزمرة $C(n)$. وبهذا نكون قد أثبتنا صحة المبرهنة الآتية :

إن جميع التمديدات غير المتماثلة للزمرة $C(n)$ بمساعدة الزمرة الدوارة

$A = \langle \bar{a} \rangle_p$ الموافقة لـ Z_p - تمثيلات غير خزولة للزمرة A هي :

$$1 - G(R_1, 0)$$

$$2 - G(R_2, 0) \ , \ G(R_2, b) \ ; \ b = (a_0, 2a_0, \mathbf{L}, (p-1)a_0)$$

$$3 - G(R_3, 0)$$

REFERENCES

- [1] Kurosh, A.T. (1953). The Theory of groups.
- [2] Hall M. (1962). The Theory of groups.
- [3] Drobotenko, V.; Hanano A. (1995), Representations of cyclic group of order p^2 .

استخدام الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء HPLC في تحليل بعض الفيتامينات

جمال محفوض

قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2006/05/16

قبل للنشر في 2007/02/04

الملخص

يهدف هذا البحث إلى استخدام طريقة الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء (HPLC) high performance liquid chromatography للتوصل إلى الشروط المثلى في تحليل بعض الفيتامينات الموجودة سوية في بعض المستحضرات الدوائية السورية وهي نياسيناميد، بيريدوكسين هيدروكلوريد، ريبوفلافين والنيامين هيدروكلوريد، كما دُرِس تأثير pH الوسط في فعالية الفصل. اختبرت الطريقة المقترحة على عينات دوائية منتجة محليا. وتبين إمكانية استخدامها لأغراض المراقبة الدوائية.

الكلمات المفتاحية: الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء HPLC، الفيتامينات:

نياسيناميد، بيريدوكسين هيدروكلوريد، ريبوفلافين وتيامين هيدروكلوريد.

Using the high performance liquid chromatography (HPLC) for analysis of some vitamins

Jamal Mahfoud

Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria

Received 16/05/2006

Accepted 04/02/2007

ABSTRACT

The purpose of this article is how to use HPLC technique for analysis of some vitamins. The studied vitamins are niacinamide (vit.PP), pyridoxine hydrochloride (vit.B₆), riboflavin (vit.B₂) and thiamine hydrochloride (vit. B₁), which can be found in some Syrian pharmaceutical preparations.

Key words: High performance liquid chromatography (HPLC), Vitamin, Niacinamide, Pyridoxine hydrochloride, Riboflavin, Thiamine hydrochloride.

المقدمة

تعدُّ الفيتامينات من المركبات الضرورية لنمو جسم الإنسان بشكل سليم وطبيعي لذلك لا بد من تحليلها لمعرفة تراكيزها في المركبات التي توجد فيها (كالأغذية والمستحضرات الدوائية) [1]. وخاصة في مجال الصناعات الدوائية التي تهتم الإنسان بشكل رئيس لذلك لا بد من تحديدها كميًا بدقة عالية، كما أن اختيار طريقة التحليل المناسبة هي في غاية الأهمية وخاصة عندما تكون المواد المدروسة عبارة عن مزيج من الفيتامينات.

إن طريقة تحليل فيتامين وحيد تتم بسهولة وذلك باستخدام بعض الطرائق التحليلية العادية، مثل المعايير الحجمية [2] وطرائق التحليل الطيفي [3] وغيرها، لكن ليس من السهولة تحليل عدة فيتامينات موجودة مع بعضها بعضاً بالطرائق السالفة الذكر، والتي تعتمد على استخلاص فيتامين ما من مجموعة فيتامينات، ومن ثم القيام بمعيرته، وذلك بسبب أن هذا الفيتامين يمكن أن يتخرب أو استخلاصه لا يتم أحياناً بشكل كامل، كما يمكن أن يستخلص بعض الفيتامينات الموجودة معه جزئياً، أو قد تحدث بعض التداخلات في أثناء عملية التحليل [4]. ولتلافي هذه الأسباب استخدمت طريقة الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء لتحليل الفيتامينات المدروسة الموجودة مع بعضها بعضاً.

مواد البحث وطرقه

1 - المواد المستخدمة:

استُخدمت مواد قياسية أولية بنقاوة تتراوح ما بين 99.7% - 99.9% من شركة (BASf) الألمانية لتحضير جميع محاليل الفيتامينات العيارية المدروسة.

وكانت جميع المحلات المستخدمة ذات نقاوة عالية تتراوح ما بين 99.8% - 99.98% من الصنف (HPLC - grade) وهي من شركة Scharlau الإسبانية.

أما العينات المدروسة فكانت من إنتاج شركات دوائية سورية، حيث حُللت الفيتامينات المدروسة الموجودة في مستحضر دوائي سائل (شراب) وفي مستحضر دوائي صلب (مضغوطات) ويبين الجدول (1) أسماء الفيتامينات المدروسة وصيغتها [5-6].

الجدول (1) أسماء الفيتامينات المدروسة وصيغتها

اسم الفيتامين	اسمه المختصر	صيغته الكيميائية
نياسيناميد	vit. PP	$C_6H_6N_2O$
بيريدوكسين هيدروكلوريد	vit. B ₆	$C_8H_{11}NO_3 \cdot HCl$
ريبوفلافين	vit. B ₂	$C_{17}H_{20}N_4O_6$
تيامين هيدروكلوريد	vit. B ₁	$C_{12}H_{17}ClN_4OS \cdot HCl$

2 - الأجهزة المستخدمة:

استُخدم جهاز الـ HPLC الأمريكي الصنع من ماركة Waters، والذي يتألف من مضخة ذات قدرة ثابتة للضخ HPLC pump isocratic Waters 1515، وكاشف يعمل في مجال الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-VIS) نموذج Waters 2487 Dual λ Absorbance Detector مربوط مع حاسوب يحوي البرامج الخاصة بهذا التحليل، وكان العمود المستخدم هو C_{18} أو ما يعرف وفق دستور الأدوية الأمريكي USP بالعمود L1 وهو يحوي الحشوة octa decyl silane (ODS)، المطعمة كيميائياً على سيليكاً مسامية.

3 - اختيار المحل المناسب للعينات المدروسة:

اختير المزيج المؤلف من (ماء - أسيتونتريل - حمض الخل الثلجي) كمحل للعينات المدروسة وينسب قدرها [1:5:94] على الترتيب. إن سبب اختيار هذا المحل عائد لعدة عوامل أهمها أن جميع الفيتامينات تتحلل في هذا المحل، هذا المزيج لا يمتص الضوء عند طول الموجه المختارة لهذه الفيتامينات وهي 280 نانومتراً.

4 - اختيار الطور المتحرك:

استُخدم الطور المتحرك المؤلف من المزيج الآتي (ماء - ميثانول - حمض الخل الثلجي) وينسب قدرها [1:27:72] على الترتيب والذي يحتوي في كل 100 مل منه على 140 مغ من 1 - هبتان سلفونات الصوديوم. يرشح المحلول على مرشحات قطر مساماتها $0.45\mu m$ ، ومن ثم تنزع جزيئات الغاز من المحلول باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية ultrasonic نموذج Elma الألماني الصنع. وقد اختير هذا المزيج كطور متحرك لملاءمته لتحليل هذه الفيتامينات .

5 - تحضير محاليل العينات:

أ - تحضير محاليل عينات مستحضر المضغوطات:

● تحضير المحلول العياري لمستحضر المضغوطات:

وُزن 200 مغ من فيتامين نياسيناميد العياري، و40 مغ من فيتامين بيريدوكسين هيدروكلوريد العياري، و20 مغ من فيتامين الريبوفلافين العياري و20 مغ من فيتامين تيامين هيدروكلوريد العياري باستخدام ميزان الكتروني حساس دقة قياسه $\pm 0.1mg$ ، أذيبت جميع الأوزان السابقة بكمية مناسبة من المحل ثم نقلت كميّاً إلى دورق حجمي سعة 25 مل. غمس الدورق الحجمي في حمام مائي بدرجة حرارة ما بين $75 - 65$ °C مدة 10 دقائق مع الخض المنتظم حتى تمام الانحلال، تبرّد محتويات الدورق ويكمل بالمحل حتى العلامة.

يؤخذ (5 مل) من محلول الفيتامينات السابق ويوضع في دورق حجمي سعة 50 مل ويكمل بالمحل حتى العلامة، ثم يرشح المزيج. ومن ثم تصبح تراكيز الفيتامينات في المحلول العياري النهائي كما هو موضح في الجدول (2).

● تحضير محلول الاختبار لمستحضر المضغوطات (نيستافيت NESTAVIT):

إن هذا المستحضر هو على شكل مضغوطات ملبسة بالفيلم وهو من إنتاج شركة سورية. ولتحضير محلول الاختبار لهذه الفيتامينات لابد من معرفة الكمية المصرح عنها من الفيتامينات في المضغطة الواحدة وذلك من قبل الشركة المصنعة. لاحظ الجدول (2) الذي يبين ذلك.

الجدول (2) كميات الفيتامينات المصرح عنها في المضغطة الواحدة لمستحضر لمضغوطات

وفي 1 مل من مستحضر بولي فيت شراب وتراكيز محاليلهما العياريّة

تراكيز الفيتامينات				اسم الفيتامين
مضغطة		شراب		
المحلل العياري mg/ml	المصرح عنها mg/tab.	المحلل العياري mg/ml	المصرح عنها mg/ml	
0.80	20	1.0	10	vit. PP
0.16	4	0.2	2	vit. B ₆
0.20	5	0.2	2	vit. B ₂
0.08	2	0.1	1	vit. B ₁

لتحضير محلول العينة المدروسة وُزنت 30 مضغطة وحُسب الوزن الوسطي للمضغطة الواحدة. ثم سحقت المضغوطات بشكل ناعم وأخذت كمية من هذا المسحوق بما يعادل وزن حبة واحدة 1.2 g وأذيبت بكمية مناسبة من المحل ثم نقلت كميّاً إلى دورق حجمي سعة 25 مل. وغمس الدورق الحجمي ضمن حمام مائي بدرجة حرارة ما بين 65 - 75 °C مدة 10 دقائق مع الخض المنتظم حتى تمام الانحلال، بعد ذلك برد الدورق وأكمل الحجم بالمحل حتى العلامة ثم رشح وطرّد الغاز منه. وبهذا تكون تراكيز الفيتامينات المدروسة المصرح عنها في محلول الاختبار مساوية لتراكيز الفيتامينات في المحلول العياري المحضر للمضغوطات والموجودة في الجدول (2).

ب - تحضير محاليل عينات مستحضر الشراب

● تحضير المحلول العياري لمستحضر الشراب:

وُزن 100 ملغ من نياسيناميد العياري، و 20 ملغ من فيتامين بيريدوكسين هيدوكلوريد العياري، و 20 ملغ من فيتامين الريبوفلافين العياري و 10 ملغ من فيتامين النيامين هيدروكلوريد العياري ووُضعت الأوزان السابقة في دورق حجمي سعة 100 مل، ثم أنيبت بكمية من المزيج المحل حتى تمام الانحلال، بعد ذلك أكمل الحجم إلى 100 مل بالمزيج المحل. وقد كانت تراكيز الفيتامينات في المحلول العياري كما هي موضحة في الجدول (2).

● تحضير محلول الاختبار لمستحضر الشراب (نقط فموية بولي فيت Polyvit):

إن مستحضر البولي فيت هو على شكل نقط فموية ومن إنتاج شركة سورية ويحوي على مزيج من الفيتامينات. ويبين الجدول (2) كمية الفيتامينات المصرح عنها في 1 مل من الشراب من قبل الشركة المصنعة.

ولتحضير محلول عينة الاختبار من مستحضر الشراب المدروس أخذ 10 مل من عينة المستحضر السائل ووضعت في دورق حجمي سعة 100 مل وأكمل الحجم بالمحل حتى العلامة. وبهذا تكون تراكيز الفيتامينات المدروسة المصرح عنها في عينة الاختبار تساوي تراكيز الفيتامينات في المحلول العياري المحضر للشراب كما هي في الجدول (2).

ج- تحضير محاليل المنحنى العياري :

حُضرت محاليل السلسلة العيارية بطريقة تحضير المحاليل العيارية الخاصة بالمستحضرات نفسها لكن بالتراكيز الموضحة في الجدول (3) .

الجدول (3) تراكيز محاليل السلسلة العيارية

المحلل (5) mg/ml	المحلل (4) mg/ml	المحلل (3) mg/ml	المحلل (2) mg/ml	المحلل (1) mg/ml	اسم الفيتامين
1.20	1.0	0.80	0.6	0.40	vit. PP
0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	vit. B ₆
0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	vit. B ₂
0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	vit. B ₁

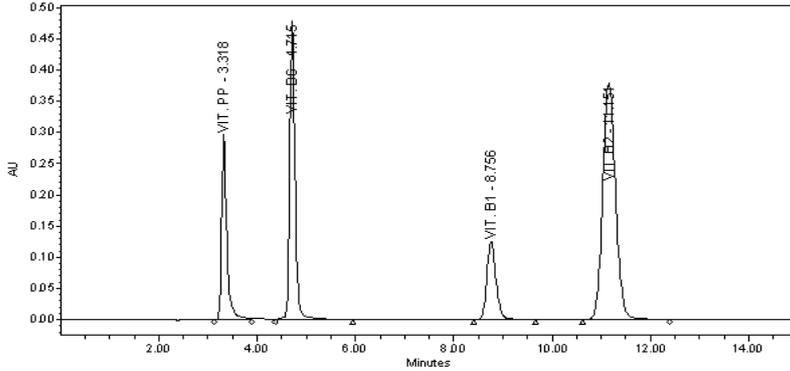
طُبقت الشروط الآتية في طريقة التحليل هذه:

- العمود المستخدم هو C18 او ما يعرف بـ L1 أبعاده (4.6 mm × 250 mm).
- كاشف الأشعة فوق البنفسجية UV ويعمل عند طول الموجه $\lambda = 280\text{nm}$.
- حجم خلية الحقن $20 \mu\text{l}$.
- تدفق الطور المتحرك المستخدم هي $1\text{ml}/\text{min}$.
- زمن التحليل الكلي بحدود 15 دقيقة.
- درجة الحرارة المستخدمة هي درجة حرارة الغرفة.
- المحل المستخدم هو مزيج من (ماء - اسيتونتريل - حمض الخل الثلجي) بنسبة (1:5:94) على الترتيب.
- الطور المتحرك المستخدم هو (ماء - ميثانول - حمض الخل الثلجي) بنسبة (1:27:72) على الترتيب والذي يحتوي في كل 100 مل منه على 140 مغ من 1 - هنتيان سلفونات الصوديوم وتم تعديل قيمة pH المحلول للطور المتحرك بإضافة محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه (2N) حتى $\text{pH} = 5 \pm 0.2$ حيث عند قيمة الحموضة أقل من 5 كان الفصل سيئاً نتيجة التداخل الحاصل ما بين قمة vit.B₁ وقمة vit.B₂. أما عند قيمة pH أكبر من الـ 5.5 فيتناقص زمن الاحتفاظ (retention time) لفيتامين vit.PP ويصبح قليلاً جداً. لهذا السبب ضُبّطت قيمة درجة حموضة الطور المتحرك عند قيمة للـ $\text{pH} = 5 \pm 0.2$.

النتائج والمناقشة

يوضح الشكل (1) كروماتوغرام المحلول العياري الخاص بمستحضر المضغوطات نيستافيت مع جدول يبين اسم الفيتامين، وزمن الاحتفاظ، ومساحة القمة ونسبتها المئوية، وارتفاعها ونسبتها المئوية، وكمية (تركيز) الفيتامين ونوع الوحدة المستخدمة.

SAMPLE INFORMATION			
Sample Name:	NESTAVIT_Standard	Acquired By:	System
Sample Type:	Standard		
Vial:	1	Acq. Method:	4 VITAMINES
Injection #:	4	Channel Name:	2487Channel 1
Injection Volume:	20.00 ul	Sample Set Name:	
Run Time:	15.00 Minutes		
Column Type:	C18, L=250 mm		



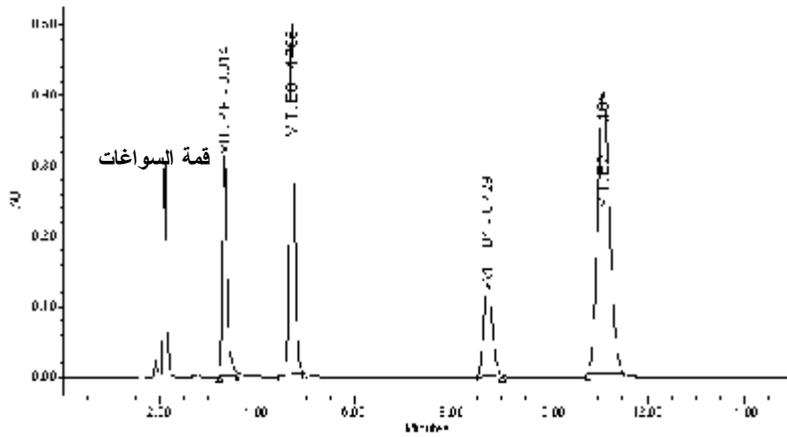
Peak Name	RT (min)	Area (μV*sec)	% Area	Height (μV)	% Height	Amount	Units
1 VIT. PP	3.318	2164957	15.27	295029	23.08	100.000	P%
2 VIT. B6	4.715	3587391	25.30	477473	37.36	100.000	P%
3 VIT. B1	8.756	1616889	11.40	125406	9.81	100.000	P%
4 VIT. B2	11.151	6810166	48.03	380217	29.75	100.000	P%

الشكل (1) كروماتوغرام المحلول العياري للفيتامينات المدروسة المستخدم في مستحضر المضغوطات نيستافيت.

في أثناء إدخال كميات الفيتامينات المدروسة الخاصة بالمحلول العياري للكميوترو اعتبرت جميع قيمها 100 ووحداتها كنسبة مئوية (P%) لأن قيمة تراكيزها في المحلول العياري وفي محلول الاختبار حُضرت كقيمة نهائية متساوية كما هو مشار إليه في أثناء تحضير المحاليل. وهذا ما يساعد على حساب النسبة المئوية المحققة من الكمية المصرح عنها في المستحضر مباشرة وذلك من مقارنة مساحة قمم المحلول العياري مع مساحة قمم محلول الاختبار. وهو ما يعمل به غالباً في أثناء تحليل الأدوية [7-10].

كما أن الشكل (2) يوضح كروماتوغرام عينة المضغوطات نيستافيت رقم الوجبة (178) مع جدول يبين بعض المقادير المحسوبة من هذا الكروماتوغرام وذلك بالمقارنة مع المحلول العياري وعند الشروط المطبقة عليه نفسها. ويبين الجدول (4) ملخصاً عن القمم (peaks) وبعض القيم الإحصائية لمستحضر المضغوطات نيستافيت، مثل: اسم العينة، ورقم أنبوب الحقن (vial)، والرقم التسلسلي للعينة المحقونة (inj.)، واسم القمة، وزمن الاحتفاظ، ومساحة القمة، وارتفاعها، وكمية (تركيز) الفيتامين، والقيمة الوسطية للمقادير المحسوبة، والانحراف المعياري (Std. Dev.) والنسبة المئوية للانحراف المعياري (%RSD) لمحلول عينة المضغوطات نيستافيت بالمقارنة مع محلولها العياري.

SAMPLE INFORMATION			
Formar Name	NESTAVIT LOT 178	Acquire By	System
Formar Type	11mmx6		
Vial		Acq. Method	1-VIAMES
Injection #	8		
Injection Volume	20.00 ul	Channel Name	23701 signal
Run Time	15.00 Minutes	Sample Size (ul)	
Column Type	C18 150mm		



Peak Name	RT (min)	Area (AU*sec)	Height (AU)	% Height	Amount (ng)
VIT B1	3.274	2135233	14.24	34.03	100.04 P%
VIT B2	4.705	3533313	22.80	46.82	100.79 P%
VIT B3	8.729	1313113	11.40	18.03	100.37 P%
VIT B4	11.10	3323137	18.00	38.86	100.26 P%

الشكل (2) كروماتوغرام عينة الاختبار للفيتامينات المدروسة في مستحضر المضغوطات نيستافيت وجبة رقم (178).

الجدول (4) يبين ملخصاً عن القمم وبعض القيم الإحصائية الخاصة بمستحضر المضغوطات نيستافيت رقم الوجبة (178) بالمقارنة مع محلولها العياري.

Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)	% Area	Height (μV)	Amount	Units
1	NESTAMT. Standard	1	4	MT. B1	8.756	1616889	11.40	125406	100.000	P %
2	NESTAMT. LOT (178)	1	8	MT. B1	8.729	1619110	11.40	130038	100.137	P %
Mean					8.743	1617999.207		127722.146	100.069	
Std. Dev.					0.019	1570.739		3275.09	0.10	
% RSD					0.22	0.10		2.564	0.097	

Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)	% Area	Height (μV)	Amount	Units
1	NESTAMT. Standard	1	4	MT. B2	11.151	6810166	48.03	380217	100.000	P %
2	NESTAMT. LOT (178)	1	8	MT. B2	11.101	6828197	48.06	399367	100.265	P %
Mean					11.126	6819181.430		389792.243	100.132	
Std. Dev.					0.035	12749.695		13540.74	0.19	
% RSD					0.31	0.19		3.474	0.187	

Peak Summary with Statistics

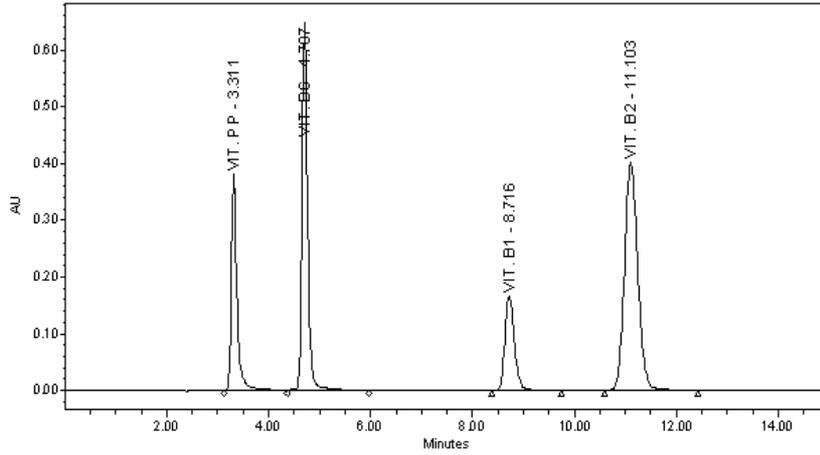
	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)	% Area	Height (μV)	Amount	Units
1	NESTAMT. Standard	1	4	MT. B6	4.715	3587391	25.30	477473	100.000	P %
2	NESTAMT. LOT (178)	1	8	MT. B6	4.705	3593818	25.30	495826	100.179	P %
Mean					4.710	3590604.317		486649.866	100.090	
Std. Dev.					0.007	4544.235		12977.37	0.13	
% RSD					0.15	0.13		2.667	0.127	

Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area ($\mu\text{V}\cdot\text{sec}$)	% Area	Height (μV)	Amount	Units
1	NESTAMT. Standard	1	4	MT. PP	3.318	2164957	15.27	295029	100.000	P %
2	NESTAMT. LOT (178)	1	8	MT. PP	3.314	2165263	15.24	310034	100.014	P %
Mean					3.316	2165109.937		302531.488	100.007	
Std. Dev.					0.003	216.869		10609.85	0.01	
% RSD					0.08	0.01		3.507	0.010	

والشكل (3) يوضح كروماتوغرام المحلول العياري لمستحضر الشراب بولي فيت.

SAMPLE INFORMATION			
Sample Name:	POLYVIT. I Standard	Acquired By:	System
Sample Type:	Standard		
Vial:	1	Acq. Method:	4 VITAMINES
Injection #:	9	Channel Name:	2487Channel 1
Injection Volume:	20.00 ul	Sample Set Name:	
Run Time:	15.00 Minutes		
Column Type:	C18, L=250 mm		



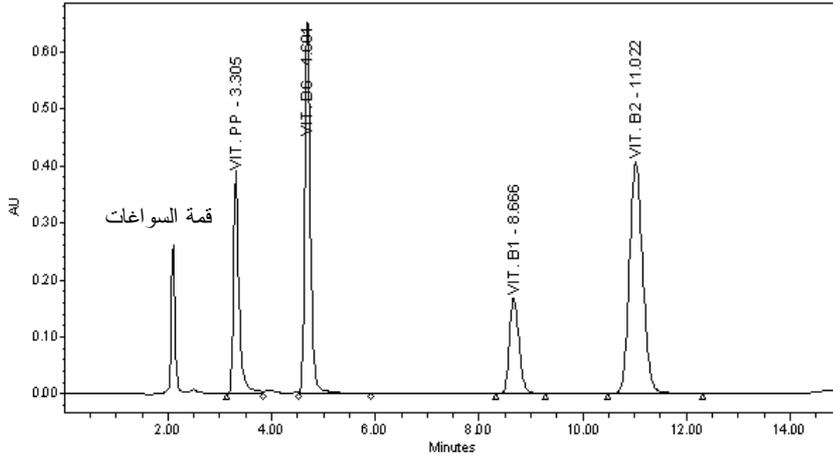
Peak Name	RT (min)	Area (μV*sec)	% Area	Height (μV)	% Height	Amount	Units
1 VIT. PP	3.311	2892525	16.79	382006	23.84	100.000	P%
2 VIT. B6	4.707	5004744	29.05	652534	40.72	100.000	P%
3 VIT. B1	8.716	2158780	12.53	166174	10.37	100.000	P%
4 VIT. B2	11.103	7174446	41.64	401668	25.07	100.000	P%

الشكل (3) كروماتوغرام المحلول العياري للفيتامينات المدروسة المستخدم في مستحضر الشراب بولي فيت

كما أن الشكل (4) يمثل كروماتوغرام عينة الاختبار لمستحضر الشراب بولي فيت رقم الوجبة (069) مع جدول يبين بعض المقادير المحسوبة من هذا الكروماتوغرام وذلك بالمقارنة مع المحلول العياري وعند الشروط المطبقة عليه نفسها.

SAMPLE INFORMATION

Sample Name: POLYVIT. LOT (069) Acquired By: System
 Sample Type: Unknown
 Vial: 1 Acq. Method: 4 VITAMINES
 Injection #: 12
 Injection Volume: 20.00 ul Channel Name: 2487Channel 1
 Run Time: 15.00 Minutes Sample Set Name:
 Column Type: C18 , 250 mm



Peak Name	RT (min)	Area ($\mu\text{V}^*\text{sec}$)	% Area	Height (μV)	% Height	Amount	Units
1 VIT. PP	3.305	2871311	16.70	389686	24.04	99.267	P%
2 VIT. B6	4.691	4998099	29.06	656347	40.49	99.867	P%
3 VIT. B1	8.666	2152950	12.52	168207	10.38	99.730	P%
4 VIT. B2	11.022	7167020	41.69	406593	25.09	99.896	P%

الشكل (4) كروماتوغرام عينة الاختبار للفيتامينات المدروسة في مستحضر الشراب بولي فيت وجبة رقم (069) .

والجدول (5) يبين ملخصاً عن القمم (peaks) وبعض القيم الإحصائية لمستحضر الشراب بولي فيت بالمقارنة مع محلولها العياري .

الجدول (5) يبين ملخصاً عن القمم وبعض القيم الإحصائية الخاصة بمستحضر الشراب بولي فيت رقم الوجبة (069) بالمقارنة مع محلولها العياري .

Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area (µV ² sec)	% Area	Height (µV)	Amount	Units
1	POLYMT. standard	1	9	VIT. B1	8.716	2158780	12.53	166174	100.000	P%
2	POLYMT. LOT (069)	1	12	VIT. B1	8.666	2152950	12.52	168207	99.730	P%
Mean					8.691	2155864.945		167190.497	99.865	
Std. Dev.					0.036	4122.848		1438.04	0.19	
% RSD					0.41	0.19		0.860	0.191	

Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area (µV ² sec)	% Area	Height (µV)	Amount	Units
1	POLYMT. standard	1	9	VIT. B2	11.103	7174446	41.64	401668	100.000	P%
2	POLYMT. LOT (069)	1	12	VIT. B2	11.022	7167020	41.69	406593	99.896	P%
Mean					11.063	7170732.851		404130.655	99.948	
Std. Dev.					0.058	5250.997		3482.17	0.07	
% RSD					0.52	0.07		0.862	0.073	

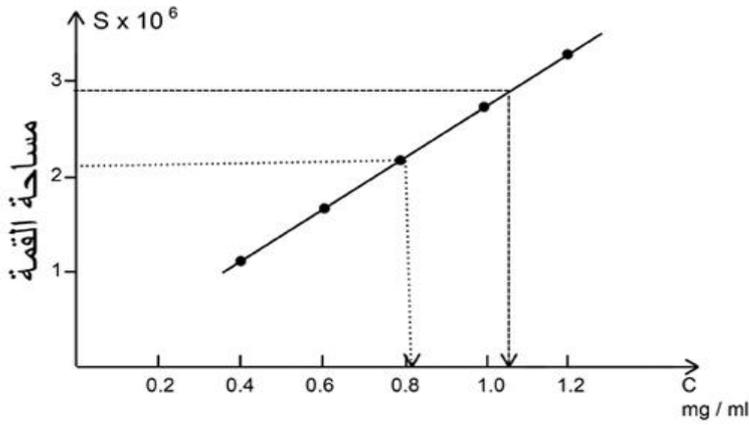
Peak Summary with Statistics

	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area (µV ² sec)	% Area	Height (µV)	Amount	Units
1	POLYMT. standard	1	9	VIT. B6	4.707	5004744	29.05	652534	100.000	P%
2	POLYMT. LOT (069)	1	12	VIT. B6	4.691	4998099	29.08	656347	99.867	P%
Mean					4.699	5001421.888		654440.330	99.934	
Std. Dev.					0.011	4698.721		2696.28	0.09	
% RSD					0.24	0.09		0.412	0.094	

Peak Summary with Statistics

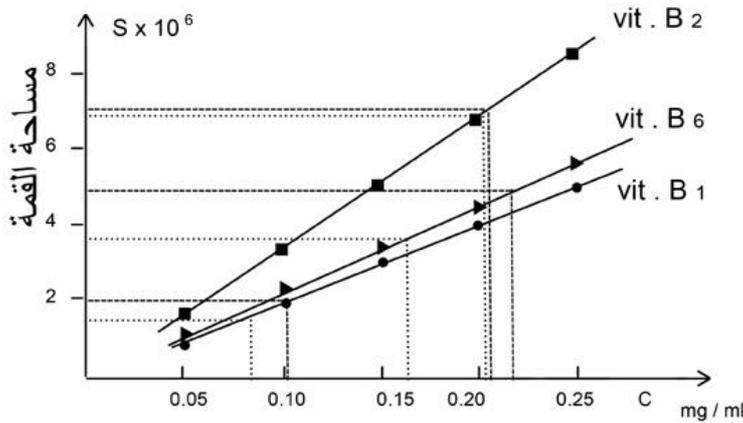
	Sample Name	Val	Inj.	Peak Name	RT (min)	Area (µV ² sec)	% Area	Height (µV)	Amount	Units
1	POLYMT. standard	1	9	VIT. PP	3.311	2892525	16.79	382006	100.000	P%
2	POLYMT. LOT (069)	1	12	VIT. PP	3.305	2871311	16.70	389686	99.267	P%
Mean					3.308	2881917.798		385846.025	99.633	
Std. Dev.					0.004	15000.597		5430.23	0.52	
% RSD					0.13	0.52		1.407	0.521	

رُسمت المنحنيات العياريّة لتراكيز السلسلة العياريّة للفيتامينات المدروسة الموجودة في الجدول (3) مع مساحة قممها، ويبين الشكل (5) المنحنى العياري لفيتامين نياسيناميد (vit. PP) القياسي، والشكل (6) المنحنى العياري لكل من vit.B₂ و vit.B₁، vit.B₆ القياسية.



الشكل (5) المنحنى العياري لفيتامين نياسيناميد (vit. PP) .

حيث يمثل الإسقاط : --- لمستحضر الشراب ، لمستحضر المضغوطات



الشكل (6) المنحنى العياري لكل من vit. B₂ و vit. B₁ ، vit. B₆

حيث يمثل الإسقاط : --- لمستحضر الشراب ، لمستحضر المضغوطات

ومن خلال إسقاط قيمة مساحة القمم الكروماتوغرافية للفيتامينات المدروسة في كل من المستحضرين على المنحنيات العيارية نحصل على تراكيز الفيتامينات المدروسة، ومن ثم يمكن حساب نسبها المئوية المحققة كما هو موضح في الجدول (6) .

الجدول (6) تراكيز الفيتامينات المدروسة الناتجة عن تطبيق طريقة المنحنى العياري

تراكيز الفيتامينات						اسم الفيتامين
مضغوطات			شرب			
النسبة المئوية المحققة	المحضرة من المستحضر mg/ml	المحسوبة بيانيا mg/ml	النسبة المئوية المحققة	المحضرة من المستحضر mg/ml	المحسوبة بيانيا mg/ml	
102.5%	0.800	0.820	106.0%	1.000	1.060	vit. PP
103.1%	0.160	0.165	109.0%	0.200	0.218	vit. B ₆
101.0%	0.200	0.202	102.5%	0.200	0.205	vit. B ₂
102.5%	0.080	0.082	102.0%	0.100	0.102	vit. B ₁

خلال عملية التحليل هذه ضُبِطت قيمة درجة حموضة الطور المتحرك بحدود pH=5±0.2 وذلك نتيجة أن أفضل فصل تم عند هذه القيمة، حيث عندما تكون قيمة درجة الحموضة أقل من ذلك نجد أن فيتامين B₂ لن يفصل بشكل جيد عن فيتامين B₁ أي يصبح تداخل بين القمتين وهذا ما يجعل عملية الحساب غير صحيحة وغير ممكنة. أما إذا كانت قيمة درجة الحموضة أكبر من القيمة المذكورة سابقاً فإن فيتامين PP سوف يفصل بسرعة أي قيمة زمن الاحتفاظ سوف تتخفض بشكل ملحوظ وهذا غير مرغوب به في أثناء عملية التحليل في الـ HPLC .

اختبرت سرعة تدفق الطور السائل 1مل/دقيقة هو معدل تدفق معروف في الـ HPLC بدقة تحليله وسرعته وذلك من خلال علاقة فانديميتير [11-13] .

إن سبب اختيار كل من الطور المتحرك والمحل المستخدم في عملية التحليل هذه هي إمكانية الحصول على فعالية فصل جيدة للفيتامينات المدروسة مقارنة مع بعض المحلات الأخرى.

ظهرت قمة في أثناء تحليل عينات الاختبار لكل من المستحضرين وذلك قبل زمن ظهور القمة التابعة لـ vit. PP أي عند زمن احتفاظ ما يقارب RT =2.1 min وهي تمثل قمة السواغات.

ومن خلال عرض الكروماتوغرامات العيارية ومقارنتها مع كروماتوغرامات المواد المدروسة نجد أن هناك تطابقاً كبيراً في أزمنة الاحتفاظ فضلاً عن صغر الانحراف العياري وهذا ما يؤكد أن دقة القياس عالية في هذا النوع من التحليل. ومن خلال مقارنة تراكيز الفيتامينات المدروسة في المحاليل العيارية مع محاليل مستحضرات المضغوطات والشرب نجد أن هناك تطابقاً كبيراً في النتائج لاحظ الجدولين (4) و(5) وهذا يدل على

أن تراكيز الفيتامينات في المستحضرات الدوائية المدروسة هي موافقة لما هو مصرح عنها من قبل الشركة المنتجة وهذا ما يؤكد جودة الأدوية السورية المدروسة.

يلاحظ عند استخدام طريقة المنحنى العياري أن قيم تراكيز الفيتامينات كانت أكبر من القيم الناتجة عن طريقة المقارنة القياسية المنجزة باستخدام محلول عياري واحد. وهذا عائد إلى أن دقة التحليل باستخدام المنحنى العياري هي أكبر من طريقة المقارنة القياسية، وذلك نتيجة استخدام عدة محاليل قياسية ومن ثم الخطأ المحتمل هو أقل عند تطبيق طريقة المنحنى العياري مقارنة مع طريقة المقارنة القياسية.

نستنتج مما سبق أن سبب اختيار طريقة الـ HPLC في تحليل المزيج المدروس من الفيتامينات عن غيرها من الطرائق يعود لأسباب كثيرة منها: لا تحتاج إلى وقت تحليل كبير، كلفتها الاقتصادية القليلة مقارنة مع استخدام طرائق غير الـ HPLC، إذ خلال 15 دقيقة أي ما يعادل 15 مل من الطور المتحرك يتم تحليل الفيتامينات الأربعة المدروسة وبحقنة مقدارها 20 ميكروليتراً من المحلول المدروس، كما أنه بهذه الطريقة يمكن تكرار التحاليل مرات عديدة وبتقنة ودقة كبيرتين، بينما عند تطبيق طرائق أخرى في تحليل مثل هذه الفيتامينات وهي مجتمعة مع بعضها بعضاً يحتاج المحلل إلى مئات من المليلترات أو أكثر فضلاً عن التداخلات التي تحدث عند تحليل فيتامين ما في مزيج من الفيتامينات، كما أن الوقت الطويل الذي تحتاجه هذه الطرائق كي يتم فصل وتحليل كل فيتامين على حده مما يجعلها غير مفضلة. أيضاً يجب على المحلل أن لا ينسى أن التداخلات التي قد تحدث عند استخدام طرائق غير الـ HPLC في التحليل والتي تعيق عملية القياس تؤدي أحياناً إلى فشل طريقة التحليل بالكامل.

الخاتمة

تبين نتائج البحث ما يأتي:

- إن تطبيق طريقة الـ HPLC هذه في تحليل مزيج الفيتامينات المدروسة الموجودة في العينة نفسها تعطي نتائج جيدة.
- إن اختيار شروط التحليل المناسبة مهمة جداً.
- إن تطبيق هذه الطريقة على تحليل أدوية سورية مخصصة للاستخدام البشري بشكل مباشر تعطي نتائج تحليلية موثوق بها.
- إن دقة التحليل وقصر الزمن في أثناء تطبيق هذه الطريقة تؤدي إلى إمكانية استخدامها بشكل كبير وواسع في تحليل المستحضرات الدوائية.

REFERENCES المراجع

- [1] George, F. M. (2005). **Vitamins in food: Analysis, Bioavailability and Stability**, P.281, New York.
- [2] Ceirwyn, S. (1999). **Analytical chemistry of foods** , P. 64, New York.
- [3] Robert, B., John, W. S., Donald, B. (2001). **Handbook of vitamins**, P. 82, New York.
- [4] Ronald Ray Eilenmiller, W.O. Landen – Medical. (1999). **Vitamin analysis for the health and food Sciences**, P.60 , USA
- [5] The United States Pharmacopeia. (2005). 28, vol.(2) , P. 2166
- [6] Physician desk reference (PDR). (2005).
- [7] Andre, P., Lambert, W. (2000). **Modern chromatographic analysis of vitamins**, P.564, New York.
- [8] British Pharmacopeia. (1993). vol. (2) , P. 1087.
- [9] Clarke, E.G.C. (1986). **Isolation and identification of drugs**, London.
- [10] Klaus Florey. (1989). **Analytical profiles of drug substances**, vol.(18), USA.
- [11] Hessey, G. A., Costanzer, M. L, and Bayne, W. F. (1986). **J. chromatogr.**, 380 , 450
- [12] Fullinfaw, R. O., Bury, R. W. and Moulds, R. F. W. (1987). **J. chromatogr.**, 415 , 347
- [13] Smith, R. M., Murilla, G. A, Hurdley, T. G. , Gill, R., and Moffat, A. C. (1987). **J. chromatogr.**, 384 , 259

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 - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2006/06/19

قبل للنشر في 2007/02/04

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة التباين في بعض أوجه النشاط الفزيولوجي لثلاثة من نباتات الزينة: البظرومية *Conocarpus erectus* L. والهيبيسكس (وردة الصين) *Hibiscus rosa-sinensis* L. والونكة (تفتة) *Vinca rosea* L. المزروعة في مكة المكرمة. توجد هذه النباتات في ظروف بيئية متشابهة (الجفاف وإعادة الري). مكنت دراسة فعالية التركيب الضوئي والإنتاجية القصوى وآليات تحمل الجفاف والنتج والتقسية ومقارنتها مع بعضها بعضاً من تحديد الظروف البيئية وشروط الزراعة الأنسب لكل نوع من الأنواع النباتية المدروسة.

الكلمات المفتاحية: البظرومية *Conocarpus erectus* L.، الهيبيسكس، وردة الصين: *Hibiscus rosa-sinensis* L.، الونكة، تفتة: *Vinca rosea* L.، فعالية التركيب الضوئي، الإنتاجية القصوى، آلية تحمل الجفاف، النتج، 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.

المقدمة

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 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. تعدّ 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 المترتبة 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.

تعدّ 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 يعدّ 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 يؤدي إلى تفاقم التلوث البيئي المرتفع أصلاً، ولحل هذه المشكلة لا بد من زراعة النباتات بجميع أنواعها الأمر الذي يساعد على تحسين الوضع البيئي، فضلاً عما تضيفه النباتات على المدينة ومحيطها من جمال.

ويرتبط المسار اليومي والفصلي للنمو، وإنتاج المادة العضوية لأنواع النباتات 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.

مواد 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):

- البظرومية: *Conocarpus erectus* L. من الفصيلة *Combretaceae*: نبات شجري، يصل ارتفاعه إلى 15 م وقطره إلى 6-8 م، أوراقه متبادلة، سميكة نوعاً ما، طولها 2-10 سم، وعرضها 1-4 سم. نورته عنقودية كثيفة وأزهاره صغيرة بيضاء مائلة للخضرة.

- الهيبسكس، وردة الصين: *Hibiscus rosa-sinensis* L. من الفصيلة *Malvaceae*: نبات شجيري، ارتفاعه 3 م وقطره 2 م، أغصانه منتصبية ومنتشرة، الأوراق بيضوية ومسننة الحافات وداكنة اللون، طولها 6-10 سم وعرضها 5-7 سم، أزهاره كبيرة إبطية، ولونها أحمر زاهٍ.

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

3- طريقة تعريض النباتات للجفاف الترابي (الإجهاد المائي): اعتمدت طريقة التحكم بعدد عمليات الري، فكان الري مرة واحدة ثم الامتناع عن الري فترة زمنية معينة حتى ظهور أعراض الذبول المؤقت على أوراق النباتات (Levitt, 1980).

4- العوامل المقيسة: قيس إنتاج المادة الجافة وتركيز اليخضور وعملية النتج والعجز في إشباع ماء الورقة والمحتوى المائي النسبي في الأوراق لكل نوع نباتي تحت تأثير الجفاف وإعادة الري، كما قيست العوامل البيئية الآتية: الشدة الضوئية ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية والعجز في إشباع بخار ماء الهواء في كل ساعة من ساعات

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 فعدت نباتاته شاهدة، أما الأيام التالية فكانت بمنزلة فترة التعرض للجفاف واختلفت هذه الفترة من نبات إلى آخر، وقد قدرت فترة التعرض للجفاف لكل نوع نباتي اعتماداً على أعراض ظهور الذبول المؤقت على أوراقه، فكانت 10 أيام للبطرومية، و7 أيام لكل من الهيبسكس والونكة. ثم اتبعت فترة الجفاف بريّة واحدة لكل نبات. كما أن النباتات مزروعة في تربة متجانسة تماماً من حيث احتفاظها بماء الري وبنيتها الغروية وتعرضها لأشعة الشمس. أجريت 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 الأولى 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:

$$Ph = (P3-P4) + (P2-P1)$$

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: استخلص اليخضور بواسطة أسيتون تركيزه 80%، وحُسب تركيز اليخضور بالمعادلة الآتية (Sadasivam & Manickam, 1991):

$$\text{mg total chlorophyll/g tissue} = 20.2(A_{645}) + 8.02(A_{663}) \times \frac{V}{1000 \times W}$$

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 نباتات تنتمي إلى النوع النباتي نفسه في كل ساعة من ساعات القياس ابتداءً من الساعة صباحاً وحتى الساعة مساءً، ورقة علوية واثنان 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، وأعيد 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:

$$Tr = \frac{Mo(mg) - Mi(mg)}{Md(mg) \times t(sec)} \times 60000$$

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)، (Stocker, 1929، Slatyer, 1967)، 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 تتطلب 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 أخذت القيمة المتوسطة للعينات الثلاث لكل نوع نباتي في كل ساعة من ساعات القياس. وحُسبت القيمة المتوسطة اليومية:

$$WSD = \frac{Ms - Mo}{Ms - Md} \times 100$$

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 المرورية 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.

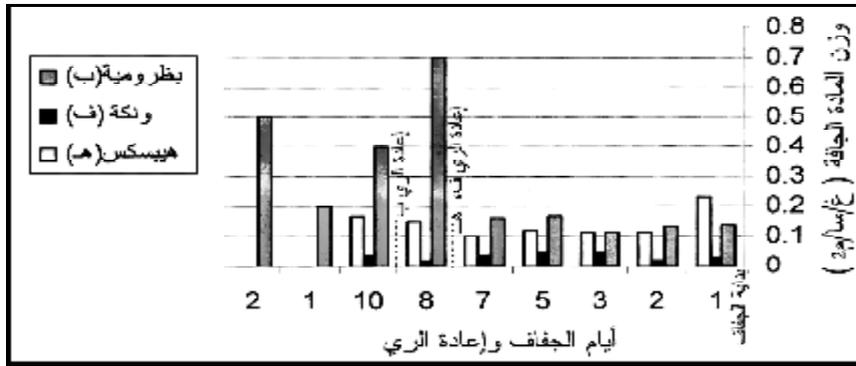
5- جدوى التقسية Hardening : تُعرّف التقسية بأنها تعريض النبات إلى دورات من الإجهاد الخفيف، التي تساعد على خفض أضرار الإجهاد الشديد عند التعرض له، فتعريض النبات إلى إجهاد جفاف خفيف (تقسية ضد إجهاد الجفاف)، بتقليل عدد مرات الري، يؤدي إلى نقص في حجم الأوراق وزيادة في سمك الأدمة، وزيادة نسبة المجموع الجذري 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.

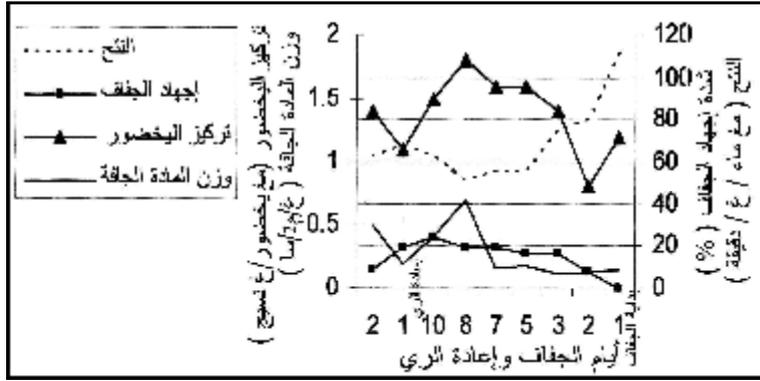
1- الجفاف: كان معدل التركيب الضوئي في اليوم الأول من الجفاف (0.14 غ/م²/سا)، أخذ هذا المعدل بالهبوط تدريجياً خلال اليومين الثاني (0.13 غ/م²/سا)، والثالث (0.11 غ/م²/سا)، ومن ثم أخذ بالارتفاع في اليوم الخامس (0.17 غ/م²/سا)، وزاد نشاط التركيب الضوئي بشكل كبير وملحوظ ليصل إلى أعلى معدلاته (كما كان الأعلى بين الأنواع المدروسة) في فترة الجفاف (0.70 غ/م²/سا) في اليوم الثامن (الشكل 1)، إلا أن هذا المعدل بدأ بالانخفاض في اليوم العاشر ليصل إلى القيمة (0.4 غ/م²/سا)، إلا أن هذه القيمة تبقى أعلى منها في بداية الجفاف حيث كانت (0.14 غ/م²/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 تأثير 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 النسبي 8%)، وكانت قيم إنتاج المادة الجافة منخفضة أيضاً، وقد يعود ذلك لانخفاض تركيز اليخضور الذي أصبح في هذه المرحلة عاملاً محددًا على الرغم من تدني قيمة معامل الارتباط بينهما (الجدول 1)، ومع زيادة الإجهاد إلى مستوى

الإجهاد المتوسط 18.9% في الأيام 3 و 5 و 7، تضاعف معدل التركيب الضوئي خمس مرات مقارنة ببداية الجفاف، مبدئياً إنتاجية قصوى بلغت (0.7 غ/م²/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 يساهم في المحافظة على محتوى مائي قد يساهم في تحسين 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

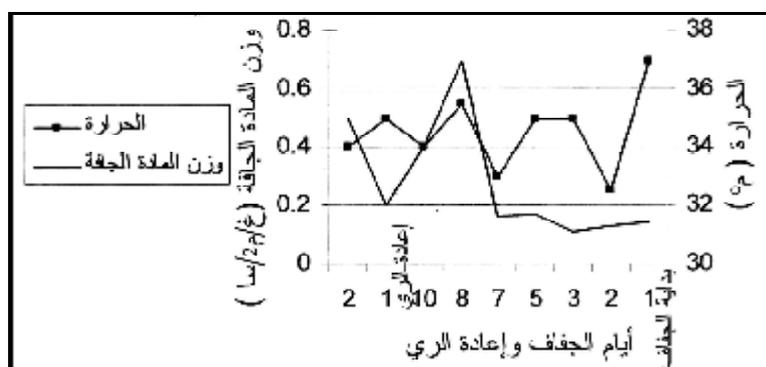
ويفترض (Genkel et al, 1967a) أن النباتات المقساء لتحمل الجفاف يزداد فيها التنفس مقارنة بالنباتات غير المقساء، فرغم أن قيمة معامل الارتباط بين الإنتاجية ودرجة الحرارة (الجدول 1) لا تشير إلى علاقة ذات أهمية 0.089، إلا أن متابعة المنحنى البياني (الشكل 3) وخاصة في اليوم الثامن تؤكد تأثير درجة الحرارة كعامل محدد (ضمن المجال الحراري 33-35.5 م°) 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 وإنتاج اليخضور أحياناً في كل النباتات في منتصف فترة الجفاف، على الرغم من ضعف توصيل الثغور والنسيج الوسطي لغاز CO₂ بسبب الانغلاق الجزئي للثغور الناتج عن الانخفاض التدريجي للنتح خلال فترة الجفاف.

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

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

* قيم مهمة

كانت كمية ماء الري في بداية التجربة مناسبة وكافية ولكنها بدأت بالتناقص خلال فترة الجفاف ومن ثم أدى توافر الماء دوراً محدداً لنشاط التركيب الضوئي في اليوم العاشر عندما جفت التربة نتيجة ارتفاع كل من الشدة الضوئية ودرجة الحرارة وقدرة 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 إلى (0.4 غ/م²/سا) (الشكل 2) إلا أن هذه القيمة تبقى أعلى من مثيلتها في بداية الجفاف حيث كانت (0.14 غ/م²/سا).



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

فعلى الرغم من تعريض النبات لفترة جفاف إلا أن ذلك لم ينعكس بشكل كبير على 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 النتج، فهي عكسية وذات دلالة أهم -0.437، فالنتج يستهلك معظم ماء النبات، ومن ثم قد يؤثر بشكل أو بآخر في كميات الماء اللازمة لعملية التركيب الضوئي أو في عمليات استقلابية أخرى قد يكون لها بالغ التأثير في

التركيب الضوئي، فالسلوك النتح لهذا النبات (وكل النباتات المدروسة) خلال أيام الجفاف يبدي انخفاضاً تدريجياً في معدلاته (الشكل 2) 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 CO₂، ونتيجة للانفتاح الجزئي للثغور كان هناك استهلاك محدود للماء من خلال عملية النتح، مما سبب نقصاً لماء البروتوبلازمي وانغلاقاً تدريجياً للثغور، فجفاف البروتوبلازمي يؤثر في بنيته الغروية وكذلك في نشاطه الاستقلابي مثل التنفس والتركيب الضوئي كما ينخفض نشاط الأenzيمات والتي تؤثر بدورها في معدل العمليات الحيوية (Loustalot, 1945). إن التركيب الضوئي أكثر حساسية لنزع الماء من البروتوبلازمي 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 لتنشيط التركيب الضوئي في حالة نقص الماء (Rabinowitch, 1945).

ينشط 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 يؤد الضوء دور العامل المحدد سواءً في انفتاح الثغور أو في الإنتاجية النباتية، ويدعم ذلك قيم معامل الارتباط المنخفضة (الجدول 1)، 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/م²/سا)، ولكنها أخذت منحىً تصاعدياً في اليوم الثاني لتصل إلى قيمة أعلى من الوضع الأصلي (0.5 غ/م²/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 مسبق مباشرة بإجهاد حاد فإن إنتاج اليخضور تابع

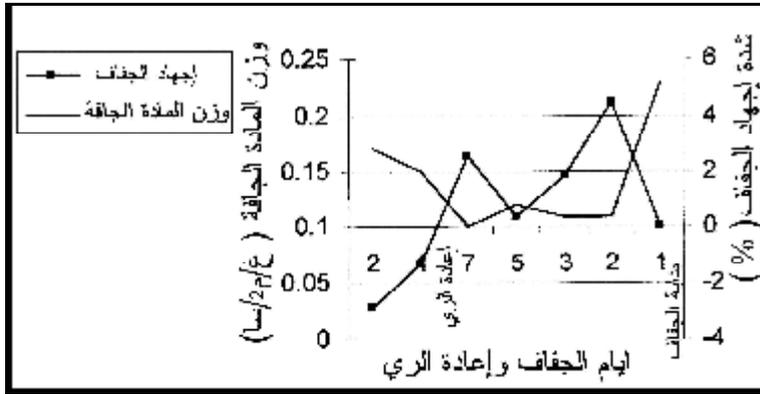
هبوطه الأمر الذي أدى إلى مزيد من الانخفاض في التركيب الضوئي، أما في اليوم الثاني الذي شهد انخفاض الإجهاد إلى إجهاد خفيف 9% فقد تحسن إنتاج اليخضور الأمر الذي أسهم في ارتفاع معدل التركيب الضوئي إلى أعلى من معدله الأصلي. وأدت إعادة الري إلى:

- تحسين المحتوى المائي للنبات.
- تعويض ماء البروتوبلازمي وتفادي تأثيراته السلبية، وإعادة البنية الغروية للخلايا، والنشاط الاستقلابي والأنزيمي، واستعادة النظم الضوئية لفعاليتها، الأمر الذي أسهم في 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 عملية التركيب الضوئي بمعدلات أكبر.

يستنتج أن حساسية هذا النبات لإعادة الري منخفضة، إذ كان معدل البناء الضوئي في اليوم الثاني (0.5 غ/م²/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 النبات معدلاً مرتفعاً للتركيب الضوئي في بداية الجفاف قدره 0.23 غ/م²/سا وهو الأعلى بين النباتات 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 المائي، ففي اليوم الثاني كان الإجهاد خفيفاً (النقص في المحتوى المائي النسبي 4.5%) رافقه خفض حاد في إنتاج المادة الجافة (الشكل 4) حيث انخفض المعدل مباشرة إلى أقل من 50% 0.11 غ/م²/سا مما يدل على حساسية النبات العالية لأدنى شدات الجفاف، وحافظ على هذه الإنتاجية في اليوم الثالث على الرغم من خفض شدة الإجهاد إلى 1.8% أما في اليوم الخامس فتابعته شدة الإجهاد انخفاضها إلى 0.4% أي انعدام الإجهاد تقريباً عندها فقط زادت إنتاجية النبات إلى 0.12 غ/م²/سا، وزادت شدة الإجهاد بانخفاض المحتوى المائي عن الحد الأصلي بنسبة 2.5% مما أدى إلى انخفاض معدل التركيب الضوئي إلى 0.1 غ/م²/سا في اليوم السابع.



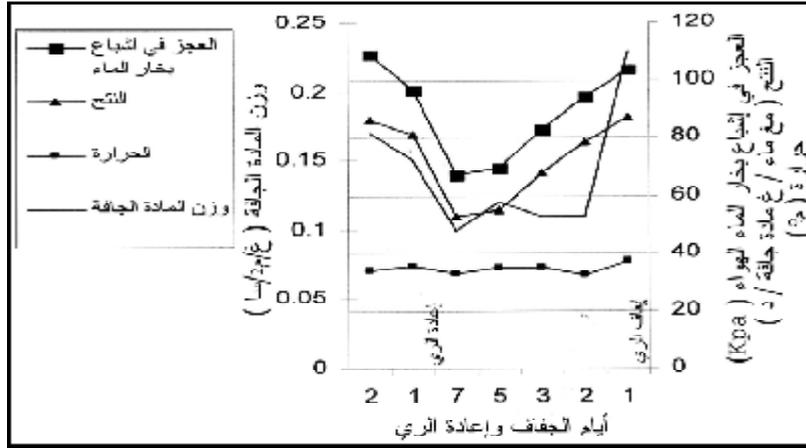
الشكل (4) تأثير إجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

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 منخفضة أيضاً، وهذا لا ينفي وجود تعاكس بينهما في اليوم الثاني والخامس والسابع، ومن ثم لا بد من البحث عن أدوار لعوامل أخرى أسهمت في التأثير في سلوك النبات.

فمن خلال قيم معامل الارتباط (الجدول 1) نجد أن القسيم المهمة لمعدل التركيب الضوئي كانت مع عوامل درجة الحرارة 0.734 ومعدل النتج 0.669 والعجز في ضغط بخار ماء الهواء 0.468، إن القيم الموجبة المرتفعة لمعامل الارتباط تعكس التغيرات اليومية المتزامنة لهذه المتغيرات التي أخذت قيمةً منخفضةً خلال أيام الجفاف، ثم أخذت منحىً تصاعدياً بعد إعادة الري (الشكل 4)، 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 (الشكل 5).

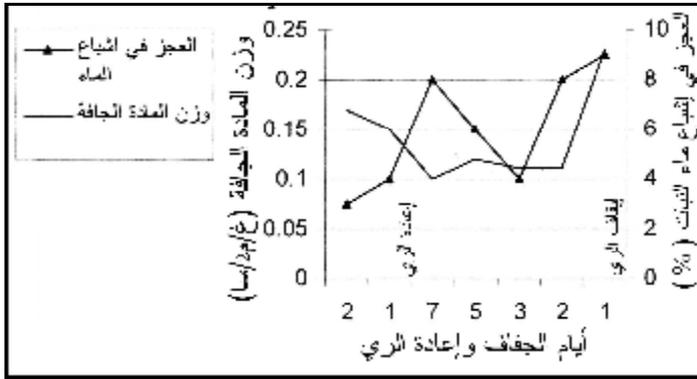
يبدو أن زراعة هذه النباتات لسنوات عديدة في هذه البيئات الجديدة والقاسية في إجهاداتها المختلفة ومنها الإجهاد الحراري قد زاد من المجال الحراري الذي يمكن أن تنشط فيه بعض العمليات الفيزيولوجية ولفترة زمنية قد تكون محدودة كأن يزداد إنتاج المادة الجافة في هذه النباتات ذات النمط C3 خارج المجال الحراري لموطنها 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 م° 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).



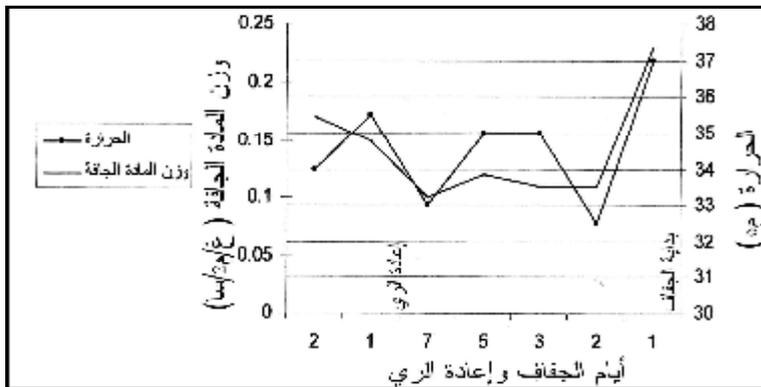
الشكل (5) تأثير العجز في إشباع بخار ماء الهواء والنتج والحرارة في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

إن عامل العجز في ضغط بخار ماء الهواء، يتناسب طردياً مع معدل النتج، وربما أدى انخفاض قيمه إلى انخفاض معدلات النتج خلال الأيام الثلاثة الأولى للجفاف (الشكل 5)، كما أن قيم العجز في إشباع ماء الورقة أخذت قيماً متدرجة الانخفاض خلال أيام الجفاف (الشكل 6) الأمر الذي يجب أن يتبعه أو أن يقابله ارتفاع تدريجي لمعدلات النتج (الشكل 5) 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 النتج التدريجي أثر بدوره في ضعف إيصالية الثغور والأنسجة المتوسطة لغاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية التركيب الضوئي.



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

أما ارتفاع معدل التركيب الضوئي في اليوم الخامس فلم يكن استجابة لانفتاح الثغور لأن معدل النتج بقي منخفضاً (الشكل 5)، وإنما بسبب ارتفاع درجة الحرارة (الشكل 7) في اليوم الثالث مما رجع 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 (الشكل 6)، 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 (الشكل 6)، عندها انخفض النتج 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.

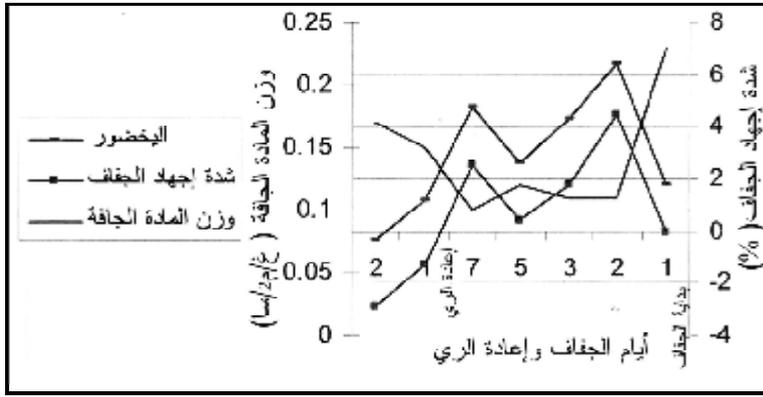
2- خفض معدلات النتج أيضاً التي تستهلك معظم ماء النبات.

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/م²/سا، واستمر هذا الصعود في اليوم الثاني إلى 0.17 غ/م²/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/م²/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)، إذا بإعادة الري استعاد النبات نشاطه الطبيعي، وربما يعود ذلك لتحسن الوضع الفيزيولوجي عامة ولتحسن إنتاجية اليخضور خاصة (الشكل 8)، ولكن لم يصل التركيب الضوئي إلى الوضع الأصلي خلال هذين اليومين.

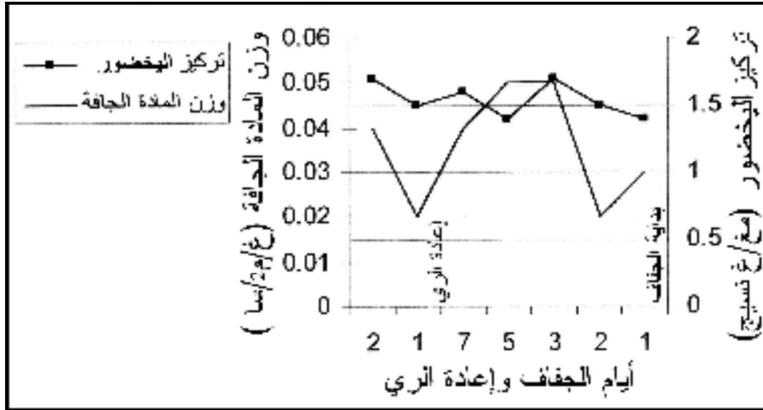


الشكل (8) تأثير اليخضور وإجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الهيبسكس

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

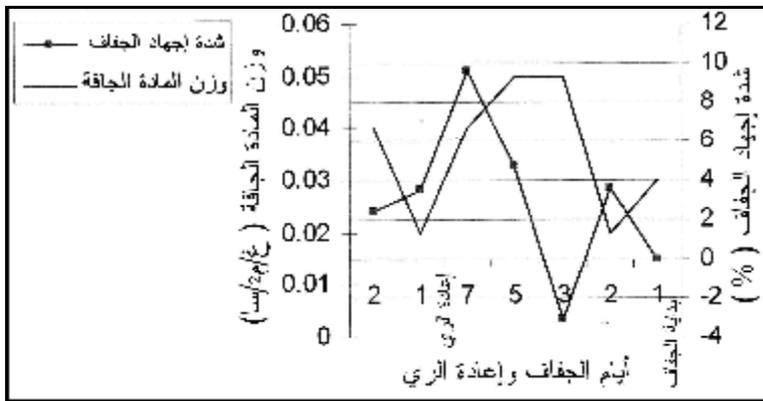
1- الجفاف: استمر تعريض الونكة للجفاف 7 أيام، وأبدى هذا النبات معدلات منخفضة للتركيب الضوئي مقارنة بالنباتات المدروسة (الجدول 1)، ففي اليوم الأول كان معدل التركيب الضوئي 0.03 غ/م²/سا، وانخفض إلى 0.02 غ/م²/سا في اليوم الثاني على الرغم من ارتفاع تركيز اليخضور (الشكل 9)، وذلك نتيجة ارتفاع شدة إجهاد الجفاف إلى 3.6% (الشكل 10) ومن ثم أخذ معدل التركيب الضوئي منحىً تصاعدياً حيث وصل إلى ذروته في اليومين الثالث والخامس (0.05 غ/م²/سا أكثر من المعدل الأصلي بـ 75%) خلال فترة الجفاف ويعزى ذلك إلى الانخفاض الكبير في شدة الإجهاد بل واتخاذها 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 من 50% ما أن ترتفع شدة الإجهاد من 4.7% إلى 9.6% في اليوم السابع. ويمكن تفسير ذلك بأن هذا النوع من النباتات الوسادية (الشجيرات القزمية) 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 خزناً مائياً - كما أن الوضع المائي لهذه النباتات الوسادية متوازن من خلال النسبة الجيدة بين سطح النبات الناتج والماء الداخلي المخزن (Larcher, 1995).

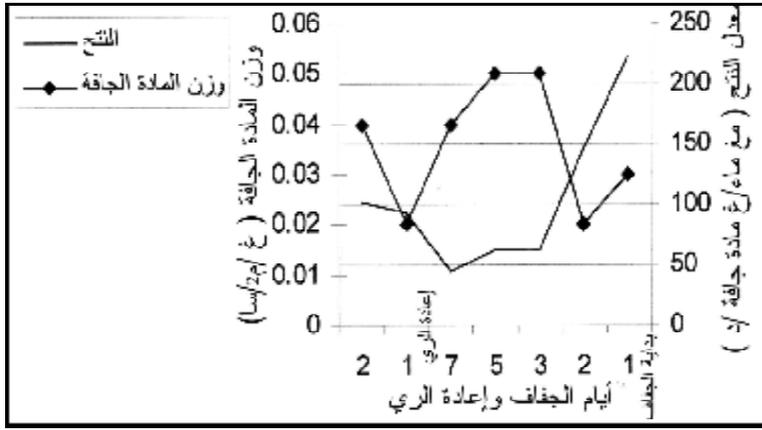


الشكل (9) تأثير تركيز اليخضور في إنتاج المادة الجافة في الونكة

يلاحظ أن إيصالية الثغور (تسهيل الحركة) لغاز CO_2 لم يكن لها دور خلال كل مراحل الجفاف، ذلك أن معدل النتج انخفض تدريجياً (الشكل 11) تحت تأثير شدة جفاف متزايدة حتى اليوم السابع (الشكل 10) ترافق بانغلاق تدريجي وجزئي للثغور مما أتاح انتقال CO_2 ولو ضمن الحد الأدنى، حيث تشير قيمة معامل الارتباط بين التركيب الضوئي والنتج إلى علاقة عكسية -0.551.

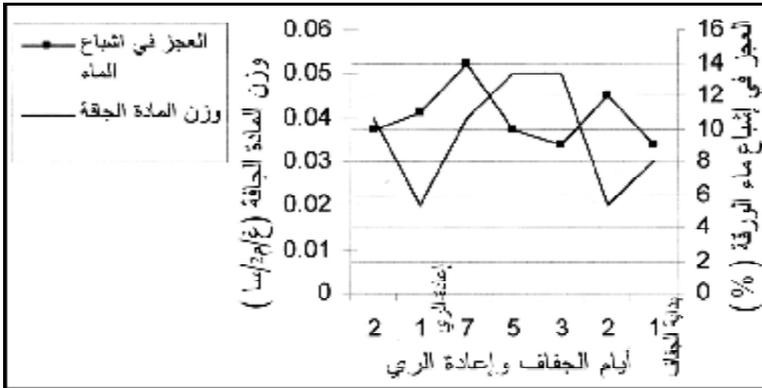


الشكل (10) تأثير شدة إجهاد الجفاف في إنتاج المادة الجافة في الونكة



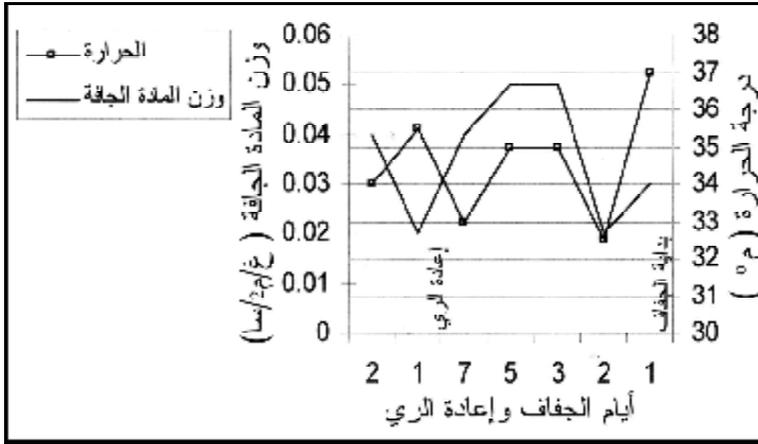
الشكل (11) العلاقة بين الناتج وإنتاج المادة الجافة في الونكة

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 لمعامل 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°.



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

2- إعادة السري: تحسن المحتوى المائي في اليوم الأول مما أدى إلى انخفاض شدة الإجهاد إلى 3.5% ولم يظهر تأثير ذلك في الإنتاجية التي تابعت انخفاضها في ذلك اليوم 0.02 غ/م²/سا، وفي اليوم الثاني تابعت شدة الإجهاد انخفاضها إلى 2.4% وهنا بدت نتائج إعادة الري التي تمثلت بارتفاع مستوى الإنتاجية إلى معدل فاق الوضع الأصلي للنبات في بداية التجربة 0.04 غ/م²/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 إيصاله الثغور لغاز CO₂ من خلال تنشيط عملية النتج وانفتاح الثغور نتيجة لتحسن الوضع المائي للنبات ولزيادة إنتاجية البخضور. يرى (Craft, 1968) أن النباتات المعرضة للجفاف تحتاج عدة أيام بعد ربيها للعودة إلى معدلاتها الأصلية، أما النباتات الحالية فلم تتطلب عدة أيام للعودة إلى المعدلات الأصلية، فالبطرومية 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 مع ظروف الجفاف، وزيادة الإنتاجية النباتية، واختبار الفترة التي يمكن للنبات أن يبقى فيها دون ري، ومن ثمّ عودته إلى نشاطه بعد إعادة الري مما يسهم في تحسين جميع جوانب النشاط الفيزيولوجي، وترشيد استهلاك المياه، وخفض التكلفة والجهد البشري اللازمين لعملية الري اليومي.

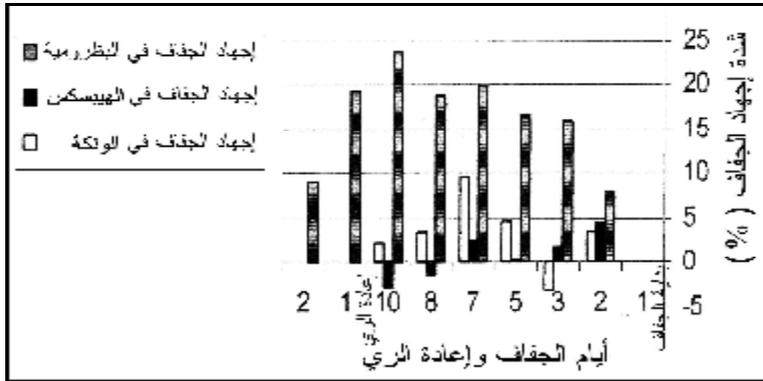
خامساً: الإنتاجية القصوى للنباتات تحت ظروف الجفاف:

يمكن عدُّ المعدلات الأعظمية للبناء الضوئي التي تبديها الأنواع النباتية تحت ظروف الجفاف بأنها قياس لمعدل الإنتاج الأعظمي، فهي تعادل $0.70 \text{ غ/م}^2/\text{س}$ في نبات البظرومية تزامنت مع اليوم الثامن، و $0.12 \text{ غ/م}^2/\text{س}$ في نبات الهيبسكس في اليوم الخامس، أما في الونكة فقد بلغت $0.05 \text{ غ/م}^2/\text{س}$ في اليومين الثالث والخامس من الجفاف.

سادساً: قياس مقاومة النباتات المدروسة للجفاف:

1- قياس الإنتاج النباتي في الحقل في أثناء الإجهاد: كان ترتيب النباتات كالاتي: 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 (الشكل 14)، 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 الصناعات 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 0.71 غ تجاوزت مثيلاتها في النباتات الأخرى في فترة الجفاف (الشكل 1) 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 0.12 غ 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 إيدار وتلقيح ذاتي مما يثبت التربة 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.

المراجع REFERENCES

- 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; Kennenly, E.J; Zhu, Y; Schubert, K. R. and Shearer, G. 1991. Proline accumulation, nitrogenous (C₂H₂ 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; Rademaker, 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 studing 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 الشيبتي والوكيل العلمي الدكتور فيصل بغدادى وقسم العلوم على الدعم والمساعدة.