رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكرة تخرج **لنيل شهادة**

لـيسـانس أكـاديـمـي

ميدان: علوم طبيعة وحياة

شعبة علوم البيولوجيا

تخصص: بيولوجيا وفيزيولوجيا النبات

الموضوع

مقاربة جزيئية لتأثير الإجهاد الحراري عند النبات

تحت تأطير الأستاذ:

– بلمسعود رشـيـد

من إعداد الطالبات:

- دردوري نجـاة
- رمضـاني أسمـاء
- ضــو هــدى
- ونيـسي حنـان

الموسم الجامـعـي: 2013-2014

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وعرفان

أولا نتقدم بالحمد الكثير والشكر الجزيل والثناء الأعم لله سبحانه وتعالى الذي وفقنــا

في إنجاز هذا العمل

ومن المقرر أن الإعتراف لأهل الفضل بفضلهم ومن له الفضل بعد والدينا وأساتذتنا الأفاضل مساع مبررة في سبيل تكويننا وتذليل الصعوبات أمامنا من الشكر أجزله ومن الإمتنان أتمه ومن الإعتراف أكمله ومن التقدير أعظمه

ونخص بالشكر الخالص ومن الإمتنان الأكمل والاعتراف الأتم والثناء الأعم إلى الأستاذ الفاضل

بالمسعود رشيد

الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه القيمة

كما لا ننسى كل من أمدنا بالعون القليل أو الكثير في مسيرتنا العلمية

الفهرس

المقدمة	01
الفصل الأول: الإجـــــهـــــاد	
I.1. تعريف الإجهاد	02
I.2. أنواع الإجهاد	02
I.3. التأقلم ومقاومة الإجهادات	03
I.1.3. تعريف التأقلم	03
I.2.3. الصفات المتعلقة بتحمل الإجهادات	03
I.1.2.3.الصفات المرفولوجية	03
I.2.2.3.الصفات الفينولوجية	04
I.3.2.3.الصفات البيوكيميائية	05
I.4.2.3.الصفات الفيزيولوجية	07
I.4. عوامل الإجهاد	07
I.1.4.عوامل الإجهاد لأسباب لديها علاقة بالأزمنة الفيزيولوجية	07
I.2.4.عوامل الإجهاد لأسباب مناخية	08
I.3.4.عوامل الإجهاد التي لديها علاقة بطرق الزراعة	09
I.5. العوامل التي تحدد درجة استجابة النبات لظروف الإجهاد البيئية	09
I.6. التحسين الوراثي لإنتخاب سلالات وأصناف مقاومة للإجهادات	10
I.1.6. الخصائص الفيزيولوجية	10
I.2.6. الخصائص المرفولوجية	10
I.1.2.6.طول القصبة ولكتلة الإحيائية	10
I.2.2.6.المساحة الورقية ودور ورقة العلم	11
I.3.6.. التحطيم الخلوي	11
الفصل الثاني: الإجهاد الحراري	
II.1. تعريف الإجهاد الحراري	13
II.2. أنواع الإجهاد الحراري	14
II.1.2. إجهاد الحرارة المنخفضة	14
II.1.1.2.تأثير درجات الحرارة المنخفضة على نباتات الخضر	15
II.2.1.2. التغيرات البيوكيمياوية الناشئة عن إجهاد البرودة	17

3.1.2.II. تأثير إجهاد الحرارة المنخفضة على النبات	17
4.1.3.II.أعراض إجهاد الحرارة المنخفضة	17
5.1.3.II.أضرار إجهاد الحرارة المنخفضة	18
2.2.II. إجهاد الحرارة المرتفعة	20
1.2.2.II.التغيرات الفيزيولوجية الناتجة عن إرتفاع درجة الحرارة	20
2.2.2.II.تأثير إجهاد الحرارة المرتفعة على النبات	21
3.2.2.II.الأعراض الناجمة عن إجهاد الحرارة المرتفعة	22
4.2.2.II.أضرار إجهاد الحرارة المرتفعة	23
5.2.2.II.تكيفات النبات مع درجة الحرارة المرتفعة	23
3.II. درجة الحرارة كعامل بيئي	25
4.II. تأثير درجة الحرارة على النباتات	26
1.4.II.تأثير درجة الحرارة على البناء الضوئي	26
2.4.II. تأثير درجة الحرارة على التنفس	26
3.4.II. تأثير درجة الحرارة على الإمتصاص	26
3.4.II. تأثير درجة الحرارة على النتح	26
4.4.II. تأثير درجة الحرارة على الإنبات	26
5.4.II. الإزهار	26
5.II. درجة حرارة النبات	27
6.II. درجة الحرارة المثلى	27
7.II. درجة حرارة التربة	28
8.II. التغيرات البيوكيمياوية الناشئة عن الإجهاد الحراري	28
9.II. مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري	28
10.II. الإنتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري	30
الفصل الثالث : بروتينات الصدمة الحرارية	
1.III. تعريف بروتين الصدمة الحرارية	
2.III. بنية بروتين الصدمة الحرارية	
3.III. تصنيف بروتينات الصدمة الحرارية	

4.III. ظاهرة التخليق لـ Hsps في النباتات 5.III. وظائف بروتينات الصدمة الحرارية 6.III. ألية إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية 7.III. تأثير الإجهاد الحراري على البروتينات	

فهرس الوثائق

الرقم		الصفحة
01	مخطط يوضح تصنيف الإجهاد	02
02	نموذج لأيض البرولين في النباتات الراقية	06
03	تأثير الإجهاد الحراري على النبات	14
04	أضرار اجهاد الحرارة المنخفضة	20
05	تأثير اجهاد الحرارة المرتفعة	22
06	الأعراض الناجمة عن اجهاد الحرارة المرتفعة	23
07	تأثير الانتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري (HSI) على المردود الحبي للجزء المنتخب للعشائر الـ F3	32
08	بنية ثلاثية الأبعاد لبروتين الصدمة الحرارية	34
09	البنية الفراغية لبروتين الصدمة الحرارية	35
10	الفرق في تركيب البروتين اثناء وجود Hsp70 وأثناء غيابه	47
11	تشكيل بروتين HPS70 و HPS60	48
12	آلية عمل مرافقات بروتينات الصدمة الحرارية في السيتوبلازم	50
13	تأثير الإجهاد الحراري على البروتينات	52

فهرس الجداول

الرقم		الصفحة
01	الجدول : مؤشر الإجهاد الحراري الناجم عن الرطوبة النسبية و الحرارة الخارجية	29
02	الجدول : متوسطات السلالات المنتخبة في الجيل الثالث للعشائر الثلاثة, فرق الانتخاب الفعلي و النسبي لمؤشر مقاومة الإجهاد الحراري (HSI)	31
03	الجدول : أنواع بروتينات الصدمة الحرارية	34
04	الجدول : عوائل بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة	36
05	الجدول : بروتينات الصدمة الحرارية عند نوع من البكتيريا	36
06	الجدول : موقع وتنوع بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة عند النبات	38

الاختصارات

- بروتينات الصدمة الحرارية	Hsp
- بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة	SHsps
- عامل اللإستنساخ	Hsfs
- حرارة التأقلم	HA
- برودة التأقلم	CA
- مرافق إستنساخي لنكليوتيدات تبادل العوامل	NEFs
- البيروكسيد الحمضي	APY

مقدمة

هناك عدة ظروف بيئية أو مناخية يتعرض لها النبات من بين هذه الظروف الإجهاد وهو الذي عبارة عن اضطراب فسيولوجي يحدث نتيجة تعرض النبات لأحد العوامل البيئية الطبيعية وللإجهاد عدة أنواع حيث سنقوم في هذا البحث بدراسة جزيئية نظرية لأحد هذه الأنواع وهو الإجهاد الحراري والذي يحدث إما بإرتفاع درجة الحرارة High Température Stress أو إنخفاضها(برودة, تجمد , صقيع) Lou Température Stress , ومدى تحمل النبات لهذه الظاهرة وما هي الآلية الجزيئية التي يتبعها النبات للتغلب على هذا النوع من الإجهاد وهل يستطيع النبات بعد تأقلمه مقاومته للإجهاد الحراري مواصلة نموه الطبيعي وإنتاج مردود مقبول أثناء وجود الإجهاد وفي الظروف البيئية القاسية أي أن النبات لا يصبح يتأثر بالإجهاد الحراري.

وبما أن منطقة واد سوف من المناطق التي تكون فيها درجات الحرارة مرتفعة خاصة في فصل الصيف قمنا في عملنا هذا بدراسة مقاربة جزيئية نظرية لتأثير الإجهاد الحراري على النبات وقد قسم عملنا إلى ثلاث فصول على الترتيب التالي

- ✓ الفصل الأول : الإجهـاد.
- ✓ الفصل الثاني : الإجهـاد الحـراري .
- ✓ الفصل الثالث : بروتينات الصدمة الحرارية .

الفصل الأول

الإجهاد

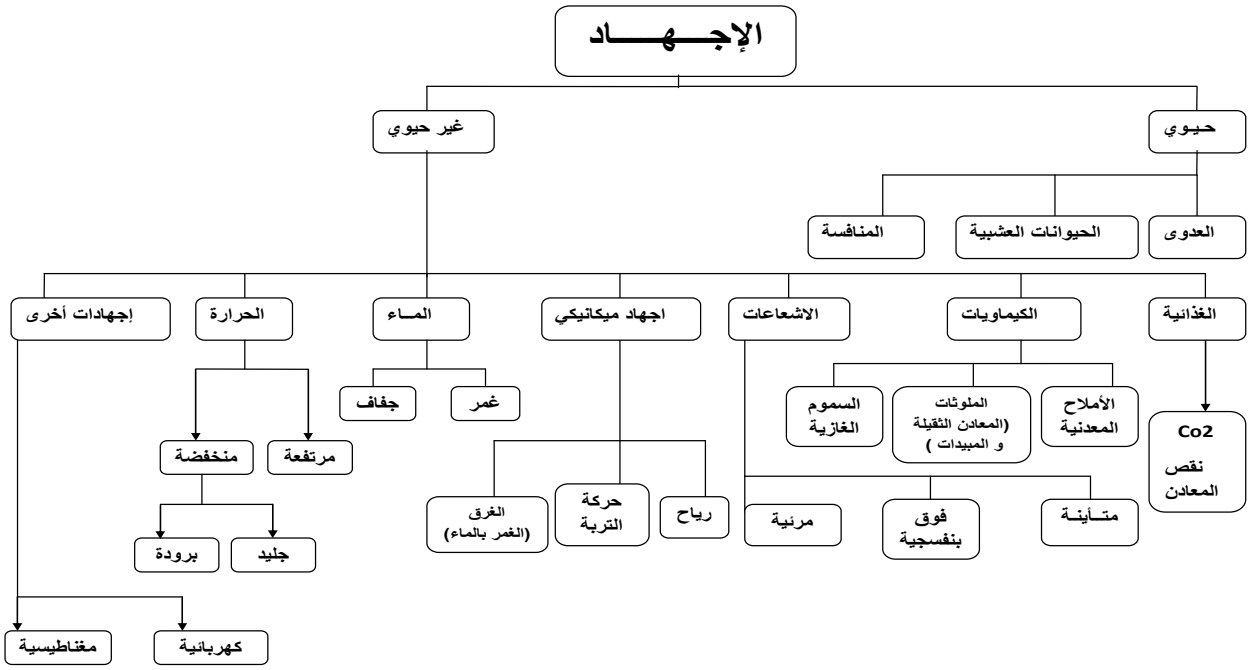
I .1.تعريف الإجهاد

إن النبات يتأثر بكل العوامل الغير حيوية التي تحيط به وهذا التأثير يختلف حسب الدرجة فعند الدرجات المثلى يكون نمو النبات امثل ولكن النباتات غالبا مالا تتوفر هذه له الدرجات المثلى من هاته العوامل في الوسط الطبيعي مما يجعل النبات ينحرف على الوضع الفيزيولوجية الأمثل وتسمى هذه الظاهرة بالإجهاد .

الإجهاد هو نتيجة ردود أفعال النبات الناجمة عن تذبذب درجات توفر العوامل الغير حيوية في الوسط كما يمكن قياس شدته على ميزان الكثافة حسب النقص والإفراط (Erns et al , 2002) .

I.2.أنواع الإجهاد

يتم تصنيف مجمل الإجهاد الذي يتعرض له النبات إلى إجهاد حيوي وإجهاد غير حيوي ويمكن لهذه العوامل منفردة أو متجمعة أو متداخلة فيما بينها أن تنتج تنوعا في الإجهاد مما ينجم عنه التنوع في أنواع التأقلم على مستويات مختلفة جزئية خلوية وعضوية (Erns D et al .2002) .يمكن توضيح هذا التصنيف في الوثيقة التالية



الوثيقة (01) : مخطط يوضح تصنيف الإجهاد (Erns et al .2002)

3.I التأقلم ومقاومة الإجهادات

1. 3. I تعريف

يعرف التأقلم بأنه عبارة على قدرة النبات على النمو وإعطاء مردود مقبول في المناطق المعرضة للاجهادات الدورية المعروفة.(Papadakis.1938;Monneveux et Nemmar,1986) .

النبات المتأقلم هو الذي يتحمل ويقاوم إجهاد معين وينجح في الإنتاج عند مستوى مقبول بالنسبة لنبات غير متأقلم(Ceccacelli,1987Blum,1988) .

التأقلم لاجهادات الإحيائية ذات طبيعة مائية وحرارية تتبع عدة طرق من بينها :

الفينولوجي (Acevedo et al., 1991)

المورفولوجي (Hanson et al ., 1985; Shahma et Smith , 1986)

الفيزيولوجي (Richards et al . 1997; Araus et al .,1998)

2.3.I الصفات المتعلقة بتحمل الإجهادات

1.2.3.I. الصفات المرفولوجية

أ . مرفولوجية ومساحة الأوراق

إن تقليص مساحة الأوراق في ظروف الإجهاد المائي الحاد هي آلية للتقليل من الاحتياجات المائية .(Turk et al, 1980, Ludlow et Muchow, 1990) النوع الآخر من التأقلم الورقي المبين من طرف النباتات هو التفاف الورقة الذي يمكن اعتباره كدليل لفقد الامتلاء وفي نفس الوقت كصفة لتفادي التجفف (Belhassen et al ,1995 , Amokrane et al ,2002) ويبين كل من (O'Toole et Gruz 1980) إن التفاف الأوراق ينتج عنه انخفاض معدل النتح والتقليص من المساحة الورقية المعرض للأشعة بنسب تقدر بين '% 40 %60 ما يساهم بشكل كبير في تخفيض نسبة الفقد المائي'(El-Jaafari , 1985) وأشار أيضا إلى اللون الفاتح تكوين الزغب ووجود الكيوتيكيل كآلية ناجحة لتقليل من كمية الماء المفقود , (Blum 1988,Ludlow et Muchow 1992).

ب. استطالة الساق

يرجع دائما طول النبات على انه احد الصفات الهامة والدالة على تحمل النبات للجفاف (Nachit etJarrah,1986) .

يشرح Blum (1988) هذه العلاقة بين طول النبات والتأقلم بتحويل المدخرات المخزنة داخل الساق نحو البذرة وبالتالي تكوين مستوى من المردود مقبول تحت ظروف الإجهاد . لان طول النبات مرتبط بطول الجذر .

ج . مورفولوجية النظام الجذري

تحت ظروف الجفاف والنقص المائي يطور النبات النظام الجذري أكثر من الكتلة الهوائية (Hsiao et Acevedo, 1974, Monneveux et Bemhassen, 1996) ,يلعب النظام الجذري المتطور دورا هاما في التغذية المائية والمعدنية لنبات قد تبين إن امتصاص الماء من التربة لمحاصيل المناطق الجافة وشبه الجافة مرتبطة بشدة مع ديناميكية نمو الجذور (Passioura et al ,1981) .

وقد وجدت علاقة وطيدة بين كثافة وعمق النظام الجذري والكمية الممتصة من الماء (Ahmadi,1983) ,والذي يساعد استغلال أمثل للماء الموجود في التربة وكذا الزيادة من القدرة التخزينية له.

د. مورفولوجية وطول السفا

إن طول السفا يعد مؤشرا مرفولوجيا هاما لديه علاقة مباشرة بمقاومة الإجهاد المائي النهائي وخاصة لدى القمح الصلب (Hadjichristodoulou ,1985) , كما يزيد السفا في الوزن الجاف للنبات (Grignas, 1965; Monneveux et Nemmar, 1986).

2.2.3.I الصفات الفينولوجية

من أهم الصفات الفينولوجية التي يتبعها النبات للتهرب من الإجهادات هي الاختصار في دورة الحياة لتفادي صدفة مراحل النمو الحرجة بالحوادث المناخية مثل درجات الحرارة المرتفعة, والإجهاد المائي. يتوافق نمو النبات مع فترة وجود الماء والظروف الملائمة للنمو(Passioua,2002) .

تحت الظروف الشبه جافة, تعتمد بعض الأنماط الوراثية صفة التبكير في الإسبال وتتصف بسرعة تعمير قوية, بذلك تنهي دورة نموها قبل حلول حادث الإجهاد بينما الأنماط الوراثية المتأخرة فإنها تعتمد على الغذاء المخزن في السيقان, للتقليل من أثر الاجهاد (Abbassenne et al,1997).

I .3.2.3الصفات البيوكيميائية

أ .البر ولين

هو أحد الأحماض الأمينية الهامة في النباتات والذي يقوم بتخليقه كرد فعل أو كنوع من التأقلم ضد الجفاف قصد تعديل الوسط للحفاظ على المحتوى المائي في الخلية والحفاظ على ضغط الامتلاء الضروري لكل تفاعلات الخلية الحيوية , ويركز البرولين في جميع أجزاء النبات وبكمية مرتفعة في الأوراق (Palfi et al ., 1973) ,حيث يمثل في بعض الحالات 1% من الوزن الجاف للنبات (Hsiao, 1973) .

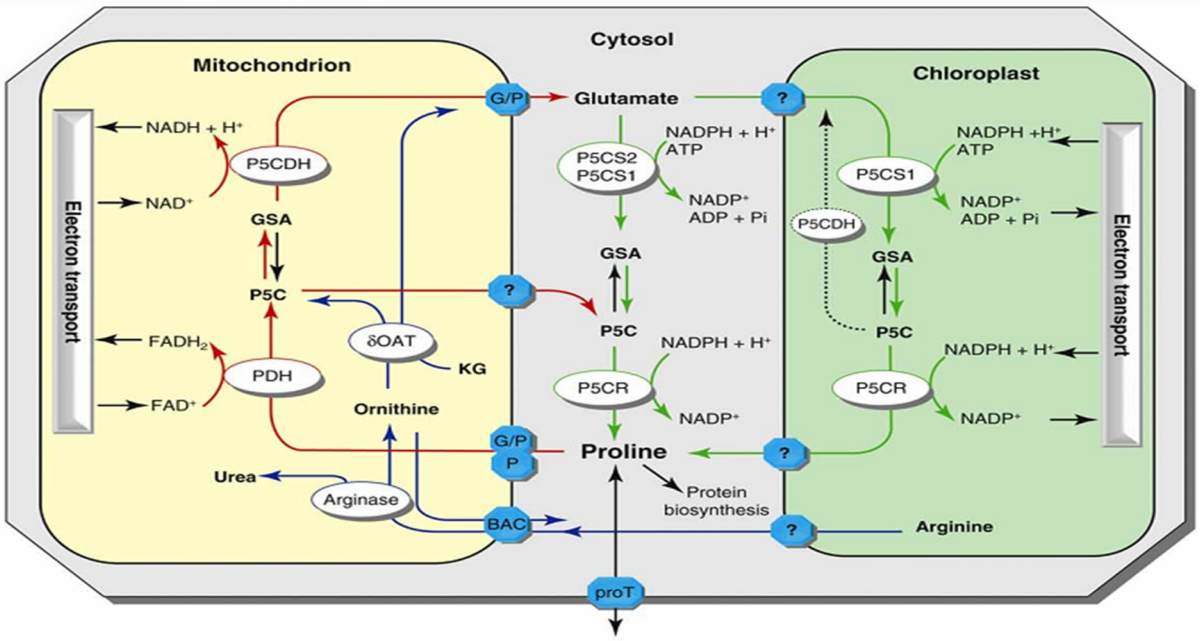
إن مصدر البرولين المتراكم أثناء إجهاد الجفاف هو التخليق الحيوي من الحمض الأميني غلوتاميك Glutamique (Pourrat , 1974; Voetberg et Stewart, 1984) ,أو ترجع جزئيا إلى نقص أكسدته نظرا لنقص الإنزيم المحفز لأكسدته وهو إنزيم Proline dehydrogenase (Rayapati et, Sànchez, et al ,2007; Stewart , 1991).

وعملية تجميعه متعلقة بنقص الماء وكذلك درجات الحرارة المرتفعة (Monneveux et Nemmar ,1986) .

تدل نتائج بعض الأبحاث على أن تراكم البر ولين أثناء الجفاف يتطلب زيادة محتوى النبات من حمض الأبسيسيك ABA (Ober et Sharp ,1994 ; Demirevska et al, 2008).

وبينت دراسات Savitskaya (1967),التي عرضت فيها نبات الشعير لظروف نقص الماء في التربة أن الحمض الأميني البرولين كان الوحيد من بين الأحماض الأمينية التي تم الكشف عنها وبكميات كبيرة وفي جميع أعضاء النبات وقد توصل باحثون آخرون إلى نفس النتيجة في نبات القمح .

ولهذا يكشف عنه في النبات المعرض للإجهاد المائي كدليل على مقاومة الجفاف , فانه هناك علاقة طردية بين كمية البرولين المفروزة من النبات والمتراكمة فيه بين مقاومة الجفاف حيث كلما زادت هذه الكمية المتراكمة كلما كان النبات أكثر مقاومة (Tyankova,1967 ;Vlasyuk et al,1968).



الوثيقة (02) : نموذج لأيض البرولين في النباتات الراقية (Szabados .2009)

ب. تراكم السكريات

تعتبر السكريات والأحماض الأمنية والأحماض العضوية من أهم المواد المتراكمة أثناء الإجهادات وللسكريات المذابة دور ايجابي في تخفيف الإجهاد الحراري والمائي وفي طريقة التعديل الأسموزي أيضا وذلك بواسطة منح مقاومة للجفاف والبرد لبعض خلايا النبات

(Lee-stadelmann etStadelmann,1976).

ولقد وجد بعض الباحثين في أوراق القمح المجهد حراريا ومائيا تراكم السكريات وتثبيط أيض النشاء (Turner etBegg,1978) كما تعتبر السكريات من أهم المذيبات المستعملة من طرف النبات لتعديل الأسموزي ومنها الغلوكوز و السكروز كما بينت بعض الأبحاث أن هناك استنفاذ عام للسكر ونشاء في الأوراق المعرضة للإجهاد المائي(Ackerson ,1981) .

I .4.2.3 الصفات الفيزيولوجية

أ .التعديل الأسموزي

من بين الصفات المستعملة من طرف النبات لتحمل الإجهادات التعديل الأسموزي والذي يعرف على أنه تراكم المواد الذائبة(Osmoticum) في النسيج النباتي استجابة لمختلف أنواع الإجهاد (Dakheen,1991,Turner,1979) حيث أن التعديل الأسموزي يحافظ على التوازن المائي في الخلية' وفقدان الماء من الخلية نتيجة ارتفاع التركيز خارج خلوي الناتج على الإجهاد المائي كما أنه يحافظ على ضغط الامتلاء والعمليات المعتمدة عليه والتي لها تأثير كبير على نمو النبات ومردوده (Johnson et al. 1984) ويتجلى هذا في تراكم البرولين والسكريات (Ludlow etMechow, 1990).

ب.التعديل الثغري

إن انخفاض النتح مرتبط بنقص في الكمون المائي للأوراق ويرجع مبدئيا إلى انغلاق الثغور وينتج عن انخفاض معدل الماء داخل الأوراق وفقد محفزات انتباج الثغور, أو تراكم مثبطات الثغور (Allaway.1970 , Mansfieldm ,1970).

تحت ظروف الإجهاد تغلق النباتات الثغور للحفاظ من فقد الماء عن طريق النتح, وفي هذه الحالة تحد في نفس الوقت دخول CO2 .ويمكن أن تبقى الثغور مفتوحة من أجل الحصول علىCO2 الضروري لبناء الضوئي وبالتالي يؤدي إلى جفاف النبات . فبين هاتين الحالتين المتطرفتين' النبات ينوع درجة فتح الثغور(Ykhlef.2000 . Djekoum,2000) .

و يشير Grinac **1965**,إن قدرة القمح الصلب لتحمل أنواع الإجهاد تكون اكبر من القمح اللين و هذا يرجع جزئيا إلى آلية هذه الآلية الفيزيولوجية , كما أن حجم و عدد الثغور ذات فعالية , انغلاق الثغور بطريقة سريعة و فعالة حيث تتواجد ثغور عديدة و صغيرة يسمح بالتحكم فيها أو في النتح أكثر من الثغور الكبيرة و قليلة العدد (عولمي ,2010).

I.4.عوامل الإجهاد

I.4.1.عوامل الإجهاد لأسباب لديها علاقة بالأزمة الفيزيولوجية

منذ نمو البذرة حتى وصولها إلي مرحلة الشيخوخة، يتطور النبات حجما ويتكاثر، مارّا بسلسلة من المراحل التي تشكل دورته البيولوجية.

يأتي هذا التطور مصحوبا بسلسلة من التغيرات الفيزيولوجية والإستقلابية التي تسمح بنمو النبات،

وبالتفريق بين بنياته المختلفة، حسب المرحلة الفينولوجية التي يوجد فيها.
تكون تلك المراحل التي يحدث فيها التغير عادة عسرة بالنسبة للنباتات خاصة عندما يتعلّق الأمر بحساسيتها لأي نوع من التغيرات المثلي للنمو .وتتزامن عوامل الإجهاد مع مرحلة التطور الخاص بالمضغة والنمو والتزهير وتكوّن الفاكهة ونضجها، والتي تكون النباتات خلالها أكثر حساسية للتغيرات الداخلية المعقّدة التي تعاني منها.ويأتي العبور عبر تلك المراحل المختلفة، محدّدا وراثيا ويرتبط بظروف البيئة .
العامل المشترك المشير إلى بداية كل عملية، هو تغيّر في المحتوي الإندوجيني للهرمونات، والذي يليه تغيرات في التوزيع الداخلي الأيض النبات .بالإضافة إلى ذلك، تتزامن هذه المراحل الحساسة مع المراحل الحرجة للمحصول، من أجل الحصول على أعلى معدل للإنتاج (محب طه ص.,2010).

I.2.4.عوامل الإجهاد لأسباب مناخية

من بين تلك العوامل المسببة للإجهاد، نذكر منها درجات الحرارة المنخفضة (الإجهاد بسبب البرد، بسبب التجمّد)والمرتفعة (الإجهاد بسبب الحر الشديد) .فأقل من أدنى درجة حرارة معيّنة أو أكثر من أقصى درجة حرارة معيّنة، وبحسب طبيعة النبات، تصاب النباتات بأضرار وخيمة تعرقل نموها المثلي .
فالتعرّض للبرودة يؤدّي إلي شلل النشاطات الإنزيمية ويؤدي كذلك إلى انخفاض السيولة داخل الأغشية الخلوية، مما يؤثر على انتقال الماء والعناصر المغذية من خلالها، ويتوقف بذلك النبات عن الإنتاج .إذا كان انخفاض درجة الحرارة شديد ومفاجئ، يصبح النبات متعرّض لخطر التجمد، الشيء الذي يؤدي إلى تكوّن بلورات جليدية داخل الخلية، ما يؤدّي إلي فقدان شديد للماء الخلوي.
عكس ذلك، فإن التعرّض المطوّل لدرجات الحرارة المرتفعة جدا مؤذي للخلية، بسبب خمول الإنزيمات وتغيّر طبيعة البروتينات، مما يؤدّي إلي زيادة السيولة داخل الأغشية الخلوية، يعني ذلك أن مسامية المذابات من خلالها تصبح مختلّة .وتزيد الحرارة كذلك في عملية نتح النبات فيما يتعلق بالتمثيل الضوئي، الشيء الذي يؤدي إلي توقف نموها.
ففي مناخنا المتوسطي، لا يتميز الصيف الحار بارتفاع درجات الحرارة فيه فقط، بل غالبا ما يكون ذلك مصحوب بجفاف شديد أيضا.
الإجهاد المائي المعروف، يمكن له أن يحدث، سواء لقلة المياه (الجفاف)أو لزيادتها (الاختناق الجذري) فعلى سبيل المثال، يحدث الأول عندما تصبح فيه عملية "نتح النباتات "أكثر من امتصاصها للماء .
وإحدى أولى المظاهر، هو فقدان الانتفاخ الخلوي الذي يؤدي إلي فقدان الماء من طرف الخلية والغلق الفوهي ونقص في القدرة على التمثيل الضوئي.
وأخيرا، هنالك أضرار جسدية ناجمة عن العوامل المناخية، كالريح والبرد، والتي تؤدي إلى كسر بعض أجزاء النبات أو كلها، مما يؤدي إلى تأخر أو فقدان المحصول، الناتج عنها.

I.3.4.عوامل الإجهاد التي لديها علاقة بطرق الزراعة

إن الممارسات الزراعية التي يتم اللجوء إليها لتحسين المحاصيل الزراعية يمكنها أن تحدث أضرار بالنبات وبمحيطه، إذا لم يتم تطبيقها بصورة مناسبة .ومثال على ذلك، استعمال مبيدات الآفات، التي يمكن أن تسبّب مشاكل التسمم في النباتات عند استعمال العلاجات الرامية لحمايتها .

ومن جهة أخرى، ونظرا لسوء استخدام المياه، فإن ملوحة التربة قد أصبحت إحدى أكبر المشاكل التي يعاني منها قطاع الزراعة في العالم .ويسبب الإجهاد الملحيّ مشاكل التسمم في النبات، نظرا للتركيز العالي للملح ، ويسبب في نفس الوقت ظاهرة التناضح التي تمنع النبات من امتصاص الماء والمواد المغذّية الذي يحتاج إليها.

إن نقص إحدى العناصر الأساسية يظهر بأعراض فيزيولوجية أو مورفولوجية مختلفة، حسب كل حالة وإن الإجهاد المسمى بالإجهاد الناتج عن النقص، لا يظهر غالبا بسبب نقص في عنصر ما في التربة، بل لوجود العنصر على شكل لا يستطيع النبات امتصاصه.

ومن جهة أخرى ، هناك أضرار مادية يمكن أن يتعرض لها النبات، نظرا للاستعمال الغير مناسب للأدوات والآلات الزراعية، ومنها عملية التقليم والأضرار التي تحدث في العروق الناتجة عن الممارسات الزراعية الخاطئة ، ..خطورة الإصابة التي يتلقاها النبات، لا ترتبط بالضرر نفسه، بل بخطر الإصابة بالتلوث ، لأنه يمكن للإصابة أن تعمل كمنفذ لدخول العناصر المسببة للأمراض.

إن عملية نقل الشتلات بصورة صحيحة هي إحدى الممارسات الزراعية الأخرى المهمة في الزراعة . والعامل المهم الذي يحدد نمو الشتلة في هذه المرحلة الأولى من الزراعة هو البداية الحسنة للنشاط الجذري (محب طه ص.,2010).

I.5. العوامل التي تحدد درجة استجابة النبات لظروف الإجهاد البيئية

1- نوع الإجهاد الذي يتعرض له النبات .

2- عدد المرات التي يتعرض فيها النبات للإجهاد.

3- فترة التعرض لظروف الإجهاد.

4 -درجة الإجهاد (شدة الإجهاد).

5 -المرحلة العمرية للنبات .

6- التركيب الوراثي.

7- وجود بعض العوامل المنشطة المشجعة لمضاعفة أثار وشدة الإجهاد stress résistance mechanisms (بدون اسم,2010).

I.6. التحسين الوراثي لانتخاب سلالات وأصناف مقاومة للاجهادات

I.1.6.الخصائص الفيزيولوجية

توجد العديد من الصفات التي ترتكز عليها عمليات انتخاب الأصناف لمقاومة وتحمل الجفاف , لكن استعمالها بصورة نهائية في الانتخاب الأبعد التحقق من دورها الفعلي في غربلة السلالات المقاومة للجفاف و كذلك بان لها درجة توريث كافية .

يعتبر المحتوى المائي النسبي من المعايير المستعملة لتقييم تحمل الإجهاد المائي, وتظهر الأصناف المتحملة للإجهاد محتوى المائي نسبي مرتفع ويحدد هذا المحتوى بالنسبة المئوية للماء الموجود في نسيج النبات(Wardlaw et Moncor, 1995).

يظهر أن الجهد المائي الورقي أحسن مؤشر للحالة المائية مقارنة بالمحتوى المائي النسبي حيث يفسر علاقات بين التربة والنبات وبين أعضاء النبات يعتبر النبات كمحصلة لجهد الانتباج الذي يمثل ضغط جزئيات الماء على الغشاء الخلوي, الجهد الأسموزي الذي ينشأ نتيجة تراكم المواد الذائبة في الخلية ويصبح أكثر سالبية بزيادة تركيز هذه الذائبات وجهد الحشوة والذي ينشأ التصاق جزيئات الماء ببعضها (Yamaguchi-Shinozaki et al ; 2002).

II.2.6.الخصائص المورفولوجية

II.1.2.6طول القصبة والكتلة الإحيائية

الكثير من الأبحاث تشير أن طول القصبة هو إحدى الصفات الهامة والدالة على تحمل الجفاف, حيث امتلاء الحب يتوقف على كمية المواد المخزنة في الساق (Blum, 1988) .

في المناطق الشبه جافة إنتاج التبن ليس له نفس الأهمية كإنتاج الحب,ففي حالة تساوي المردود الأصناف طويلة القامة تصبح مرغوبة عن الأصناف قصيرة القامة .

تدل قامة الساق على امتلاك النبات لنظام جذري عميق وكثيف, يساعد على امتصاص الماء الموجود في التربة بطريقة سهلة وبكميات وافرة .

يرى Shamra et Smith (1986) ,بأنه يمكن تحسين المردود وذلك بانتخاب أصناف ذات كتلة إحيائية مرتفعة, كما وجدوا قيم توريث مرتفعة للكتلة الإحيائية وبالتالي ينصحون باستعمالها كصفة انتخابية غير مباشرة لتحسين المردود(Sharma 1986 , Smith ,1986).

I.2.6.2 المساحة الورقية ودور ورقة العلم

تلعب ورقة العلم دورا هاما في تعمير الحبة , وعموما أن مدة حياة هذه الورقة مرتبطة معنويا مع معدل ملء الحبة.

وتعد الشيخوخة السريعة لورقة العلم من الأعراض المعروفة للشد الرطوبي,وتدل على موت أنسجة الورقة بسبب ارتفاع درجة حرارتها الناشئة عن توقف النتح فيها, ويمكن الاعتماد على ظاهرة احتراق ورقة العلم بعد مرحلة الإسبال كمؤشر على استمرار وظيفة البناء الضوئي تحت ظروف الإجهاد المائي ويمكن الاستفادة منها كمعيار لانتخاب السلالات المقاومة داخل العشائر الانعزالية.

أن مورفولوجية ومساحة الورقة هما عاملين مرتبطين بنقص ضياع الماء, نذكر منها خاصية التفاف الأوراق, المساحة الورقية انفتاح وانغلاق الثغور.

وقد تين أن كمية فقد الماء من الورقة أفضل دليل لمعرفة مختلف الأصناف المقاومة للجفاف،ويمكن التقليل من عملية فقد الرطوبة من الأوراق بانتخاب الأصناف ذات الأوراق صغيرة المساحة للتقليل من عملية النتح (Fischer , 1985) .

وكذلك الأوراق ذات طبقة الكيوتيكول السميكة لتقليل من شدة الطاقة الشمسية المستقبلة ودرجة حرارة الأوراق ،ومنه خفض معدل نتح الماء منها (Nultsch , 2001) .

I.3.6.2التحطيم الخلوي

بالرغم من قلة المعلومات الخاصة بالتأثير الفعلي للجفاف على مستوى الخلية إلا انه تمت اختبارات سمحت بتقدير التأثيرات الفيزيولوجية للفقد المائي ، ومن بين هذه الاختبارات ،اختبار التحطيم الخلوي الذي قام به (Sullivan, 1972).

ويعتمد هذا الاختبار على تقدير الإصابة الناجمة على الإجهاد الحراري وذلك بطريقة قياس الناقلية الكهربائية والتي تبين قياس المادة الكيميائية المتسربة من الأنسجة المصابة إلي الماء المقطر, نتائج هذا الاختبار مرتبطة بالإنتاج تحت الإجهاد الحراري ففي هذا الإطار أشار (Reynolds et al, 1972). أن هناك ارتباط قوي بين إتلاف الخلايا بسبب الصدمة الحرارية وانخفاض إنتاجية الأنماط الوراثية المختبرة .

تعتبر قدرة البلاستيدات الخضراء على الحفاظ على امتلائها أحد أهم ميكانيزمات التكيف للجفاف , فالصانعات الخضراء الممتلئة جيدا تضمن تمثيل كلوروفيلي عالي عند جهود مائية ضعيفة

توجد ميكانيزمات أخرى والتي تحافظ على المحتوى المائي للخلايا ومن ضمنها مرونة الأغشية وصغر حجم الخلايا, بعض الخصائص المتعلقة بالبروتوبلازم والتي ترتبط بقدرة الخلايا على مقاومة الضرر الناشئ على مستوى الأغشية أو السيتوبلازم (Eckhart, 2002).

يهدف البحث عن المقاومة الفيزيولوجية للاجهادات لتحسين القدرات الوراثية لإنتاج النباتات تحت الظروف التي تكون غالبا غير ملائمة, هناك العديد من التقنيات التي تقرر أنها فعالة في التعرف على الأنماط المتحملة لدرجات الحرارة المرتفعة.

استعمل Hurd (1974) , تقنية الانتقاء على أساس النظام الجذري الدقيق الذي يكون كثير الأهمية من ناحية الحجم والطول وعلى غرار هذا أشار Dedio (1975) أن قدرة الاحتفاظ بالماء في الأوراق هي مستعملة جدا في تحديد مقاومة النباتات بالنسبة للإجهاد المائي.

أشار Clarke (1982), إلى أهمية قياس المحتوى المائي كمؤشر للاستدلال على تحمل النبات للإجهاد وينصحون باستعمال هذه التقنية لانتقاء كل المصادر الوراثية الموجهة إلى المناطق الجافة .

تقنية التحطم الخلوي كذلك ينصح باستعمالها في الانتخاب بالنسبة لمقاومة درجات الحرارة المرتفعة هذه التقنية تعطي قياس عن كمية الالكتروليت المتسربة من الخلية نتيجة المعرضة للإجهاد الحراري

(عولمي ,2010) .

الفصل الثاني
الإجهاد الحراري

1.II.تعريف الإجهاد الحراري

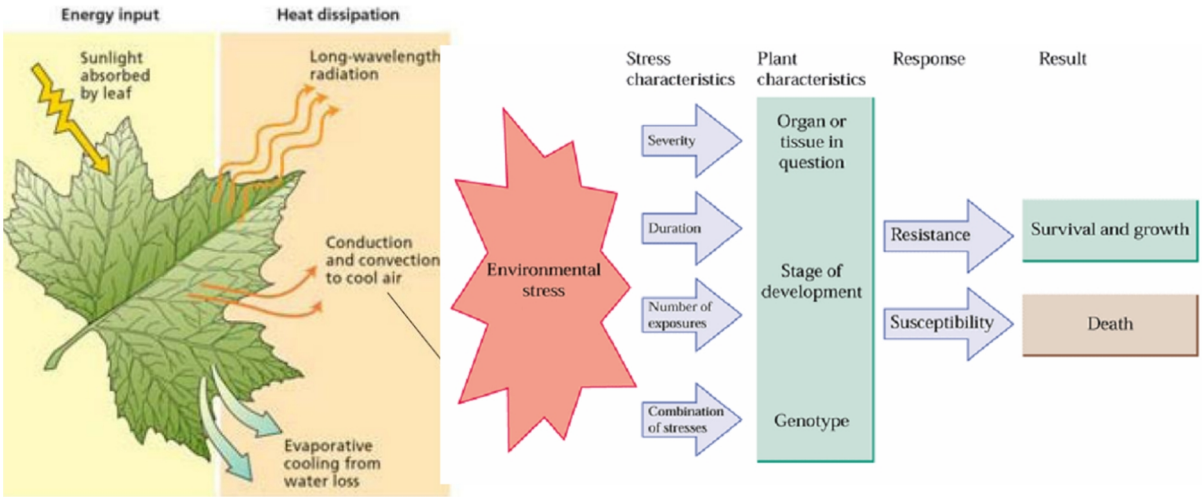
تعتبر الحرارة أهم العوامل المناخية التي تلعب دور هام في سير عمليات نمو وتطور النبات ويعتبر بعض أطوار ومراحل دورة الحياة حساسة لتغيرات في درجة الحرارة حيث أن لكل نوع نباتي درجة حرارة مثلى للنمو (عولمي ,2010).

يظهر تأثير الحرارة خاصة بهدم جزئي أو كلي لأعضاء النباتات الخضرية أو التكاثرية , يعتبر (Fischer ,1985)أن طور الإسبال من أهم الأطوار الدالة على موت النبات , ويبدأ الإجهاد الحراري إذا زادت درجة الحرارة على الحد الأقصى أو نقصت عن الحد الأدنى الذي يتحمله النبات يؤثر الإجهاد الحراري على مختلف أعضاء النبات ويعتبر طور الإنبات وطور الإزهار الأكثر حساسية ويؤدي هذا الإجهاد إلى حد من انتشار زراعة المحاصيل وقلة المردود (Fischer ,1985) .

النباتات التي تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة يحدث بها تغيرات شديدة في التحولات الغذائية وتخليق أنواع جديدة من البروتين والذي يعرف باسم Heat Shock protein (HSP90) ويحدث هذا غالبا إذا ما تعرض النباتات لدرجات حرارة أعلى من الحد الأمثل بحوالي°5 مئوية كما يحدث أيضا هدم للخلايا وفساد الأغشية البلازمية (محب طه ,2010).

درجة حرارة النبات غير ثابتة فهي تتغير مع تغير درجة حرارة المحيط حول النبات ، والعامل المحدد لدرجة حرارة أجزاء النبات هو درجة حرارة المحيط الملامس لذلك الجزء منه ، وتعتمد درجة حرارة النبات على الاتزان بين كمية الحرارة الممتصة وكمية الحرارة المفقودة ، فإذا زادت الطاقة الممتصة عن الطاقة المفقودة ينتج عن ذلك تسخين النبات والعكس إذا نقصت الطاقة الممتصة عن الطاقة المفقودة يؤدي إلى تبريد النبات ، ولمعظم النباتات الراقية درجة الحرارة التي تعد خطرة ومضره تقع بين 45) (55 –م °وتختلف درجة الحرارة المضرة أحياناً بين الخلايا في النبات نفسه.

فعلى سبيل المثال تعتبر درجة الحرارة 25 درجة مئوية هي درجة الحرارة المثلى بالنسبة لنبات القمح للقيام بجميع الوظائف الفيزيولوجية, كما يمكن اعتبار درجات الحرارة بين28 و32 م درجات مجهدة حراريا , أما درجات الحرارة التي تفوق32 م فإنها تسبب موت النبات (محب طه، 2010).



الوثيقة (03) :تأثير الاجهاد الحراري على النبات (Franklin.2010)

II- 2 أنواع الإجهاد الحراري

للحرارة الأثر الواضح في نمو النباتات ومدى المحافظة على حياتها من التدهور والانقراض والأثر الواضح على النمو السليم أو السيئ وللإجهاد شقان وهما إجهاد الحرارة المرتفعة وإجهاد الحرارة المنخفضة (بدون اسم. 2010).

II.1.2 إجهاد الحرارة المنخفضة

ينشأ الضرر من تعرض النبات لدرجة حرارة منخفضة تصل إلى درجة التجمد (إجهاد تجمد) و يحدث إجهاد البرودة لمعظم النباتات عند تعرضها لدرجة حرارة أقل من 15 م أو 10 م وقد تصل إلى صفر مئوية ، قد يسبب إجهاد التجمد موت أنسجة النبات بسبب تكون بلورات ثلجية في أنسجة النبات ، ومن الممكن أن تبرد بعض النباتات إلى درجة حرارة أقل من الصفر ولا يحدث لها ضرر إذا لم تتكون البلورات الثلجية فيها ، والبلورات الثلجية قد تتكون في المسافات البينية للخلايا أو داخلها ويرجع ضرر تكون الثلج داخل الخلايا إلى:

- اختلال في التركيب الطبيعي لمكونات الخلية
- التجفيف أو زيادة تركيز المواد السامة
- حدوث ضرر للبروتوبلازم نتيجة انتقال الماء من خارج الخلية إلى المسافات البينية (وجود بلورات الثلج)
- ضرر ميكانيكي تحدثه البلورات في الخارج على الخلية (Grime , 1973).

1.1.2.II تأثيرإجهاد الحرارة المنخفضة على نباتات الخضروات

تؤثر درجة الحرارة المنخفضة بشكل مباشر أو غير مباشر في كل وظيفة من الوظائف الحيوية للنبات ,فهي تؤثر في العمليات الطبيعية كالانتشار و النفاذية و امتصاص الماء و تبخره و في كافة العمليات الكيميائية للتحول الغذائي .(بدون اسم .2010).

حيث تتحمل بعض أنواع نباتات الخضر الحرارة المنخفضة أكثر من البعض الأخر وكذلك داخل النوع الواحد وتختلف الأصناف فيما بينها في تحملها لدرجات الحرارة المنخفضة بل إن الأجزاء النباتية أيضا تختلف رغم وجودها على نبات واحد أيضا في تحملها في درجات الحرارة وقد اتضح ذلك في أن زيادة تحمل نباتات الخضر لدرجات الحرارة المنخفضة إنما يرجع إلى النسبة التي يوجد بها الماء الخلوي داخل الخلية النباتية للنبات فكلما انخفضت نسبه الماء الخلوي داخل الخلية كلما ارتفعت نسبه السكريات الذائبة وكان الضغط الأسموزي للخلايا مرتفع كلما زاد تحمل ومقاومه النبات لانخفاض درجات الحرارة كما وجد انه بالإضافة إلى ما سبق أن التركيب التشريحي للنبات له دخل كبير في زيادة قابليه النباتات للمقاومة ومن المعروف أن الأنسجة التي تتكون من خلايا صغيرة الحجم تكون أكثر قابليه للمقاومة عن الأنسجة ذات الخلايا الكبيرة ولقد أثبتت الأبحاث أن أهم الأسباب يرجع إلى الصفات الخاصة بالبروتوبلازم في تكوين المواد الغروية التي تتميز بوجود سطح كبير بالنسبة لحجمها مما يؤدى إلى امتصاص كميات كبيرة من الماء على هذا السطح وتنجذب جزيئات الماء لبعضها بقوة كبيرة وتصبح وكأنها سطح صلب وليس سائل وهذا ما يسمى بالماء المرتبط ولذا يكون درجه تحمل النباتات المحتوية على كميه كبيرة من هذه المواد الغروية للبرودة كبيرة.

وعموما تختلف النباتات في تحملها لدرجات الحرارة فالبعض منها مثل الكرنب واللفت والبنجر يتحمل درجات الحرارة المنخفضة شديدة الانخفاض والمصحوبة بالصقيع دون أن يحدث لها ضرر بالغ أو أي أضرار عامه وأيضا فان القرنبيط و الخس والجزر والكرفس والبسلع تتحمل البرودة الشديدة أيضا لكنها لا تتحمل الصقيع بينما البطيخ البطاطا والباذنجان و الباميا لا تتحمل مجرد الانخفاض البسيط في درجات الحرارة ولانخفاض درجات الحرارة الأثر الواضح على أطوار نمو المحاصيل المختلفة في الخضر عندما تنخفض عن المدى الحراري الأمثل لها وهو أكثر وضوحا "في طور النمو الزهري واليكم بعض الأمثلة من خلال التجارب والأبحاث.

أولا نباتات الخضر ذات الحولين

وجد من التجارب والأبحاث أنه عندما تنخفض درجه الحرارة عن المجال الأمثل فان كثيرا "من النباتات تتجه إلى الإزهار في العام الأول خاصة نباتات ذات الحولين مثل البصل والكرنب واللفت والكرفس والبنجر والجزر تتجه للإزهار عندما تنخفض درجه الحرارة عن المجال الأمثل لنموها الخضري في حين نجد أن هذه النباتات تحت الظروف العادية والتي تقوم بتخزين الغذاء كما تظهر ظاهرة الإزهار المبكر عندما تتعرض بادرات المحاصيل السابقة الذكر لدرجات حرارة منخفضة عن المجال الأمثل لنموها الخضري وتتكون البذور بدلا من الاتجاه لتكوين الأجزاء المخزنة برؤوس الكرنب والأعناق اللحمية في الكرفسة الجذور اللحمية في البنجر وتختلف نباتات الخضر ذات الحولين في المدة اللازمة لكي تتعرض خلالها لدرجه الحرارة المنخفضة لكي تزهر حوليا ويرجع ذلك إلى نوع المحصول والصنف والعمر بالإضافة إلى مدى انخفاض درجه الحرارة والمدة ولقد اتضح من الأبحاث أن الجزء من النبات الذي تحدث به التغيرات عند تعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة لكي تتهيأ للإزهار عبارة عن الأنسجة المرستيمية ويتضح هذا في نباتات الكرفس عند تعرض تاج نبات الكرفس إلى درجات حرارة منخفضة مع تعرض باقي النبات لدرجات حرارة عادية نجد أن النبات اتجه للإزهار في حين أن النباتات التي لم تتعرض تيجانها للحرارة المنخفضة أو تعرضت لدرجات حرارة مرتفعة لم تتجه للإزهار

ثانيا نباتات الخضر الحولية

يؤدى انخفاض درجه الحرارة عن الحد الأمثل لبعض نباتات الخضر الحولية إلى دفعها للإزهار السريع كما يحدث في نباتات السلق وبعض أصناف السبانخ كما يؤدى انخفاض درجه الحرارة وخاصة درجه حرارة الليل عن المجال الأمثل لكل من نبات الفول الرومي والبسلة والطماطم والفلفل إلى تساقط الإزهار وعدم عقد الإزهار المتبقية على النباتات لعدم حدوث الإخصاب أما في الطماطم فلا يحدث إخصاب أيضا لانخفاض الحرارة مما يؤثر على تكوين البذور في الثمار وينتج عن ذلك ثمار جوفاء

وفى القرنبيط نجد أن تعرض النباتات لدرجات الحرارة المنخفضة ينتج عنه تكوين أقراص صغيرة رديئة الصفات وغير صالحه للتسويق (Weavar et Clements ,1939).

II .2.1.2التغيرات البيوكيماوية الناشئة عن إجهاد البرودة

- لوحظ نقص واضح في محتوى الكلوروبلاست منa-tocopherol تحت ظروف البرودة.

وهذا المركب من أهم مركبات مضادات الأكسدة في الكلوروبلاست.

-تنشيط بعض التفاعلات والتحورات في التحولات الغذائية ويتبعها إنتاج الجذور الحرة مثل ROS)
(والتي لها تأثير مدمر على الأغشية البلازمية والمحتوى من الADN(محب طه , 2010).

II.3.1.2 تأثير إجهاد البرودة على النبات

توقف حركة السيتوبلازم.

-زيادة نفاذية الأغشية وتسرب المواد الذائبة من الخلايا.

-زيادة معدل التنفس وانخفاض معدل البناء الضوئي (مجاعة).

-تضرر أغشية البلاستيدات الخضراء وتكسير الكلوروفيل (نقص معدل البناء الضوئي).

-تثبيط عمليات النقل للتغير في طبيعة الدهون المفسفرة المكونة للأغشية .

-تراكم المواد السامة.

-زيادة معدل هدم البروتين عن معدل بناءه وتراكم NH_3 السام.

II .4.1.2أعراض إجهاد البرودة

تحدث استجابة بطيئة خلال (6 – 5) أيام بعد ذلك تظهر أعراض الذبول على النبات

- ظهور بقع على أوراق النبات وظهور أعراض نقص العناصر.

- تقزم النبات وتوقف نموه.

- يمنع إنبات البذور عند درجات الحرارة المنخفضة جداً والمرتفعة جداً.

- حساسية البذور للحرارة تختلف باختلاف أنواعها ، وكذلك درجة رطوبة البذرة تؤثر على حساسية البذور لدرجات الحرارة .

-البذور الجافة تقاوم درجات الحرارة المختلفة على حسب نوع الغذاء المخزن داخلها .

-لمنظمات النمو دور رئيسي في تحديد درجة حرارة الإنبات.

-للتركيب الوراثي دور هام في تحديد درجة الحرارة المثلى للإنبات.(Passioua ,.2002)

II .1.2. 5 أضرار إجهاد الحرارة المنخفضة

1 . الاختناق Suffocation

في المناطق الباردة وخلال فصل الشتاء يتراكم الجليد ويغطي النباتات لفترات طويلة مما يؤدي إلى تكوين مواد سامه من عملية التنفس وينتشر ثاني أكسيد الكربون ويزيد تركيزه وبالتالي تعاني النباتات خاصة ذات النمو البطيء.

2 . العطش الفسيولوجي Physiological Drougut

في بعض الحالات لا يستطيع النبات امتصاص ما يحتاجه من الماء بالرغم من توفره في التربة لتعويض ما يفقده خلال عملية النتح.

3 . الاقتلاع / الإنتزاع Heaving

تحدث هذه العمليه بعد ذوبان الجليد حيث يحصل تمدد في الأرض يؤدي إلى اقتلاع جذور النبات أو قطعها وبالتالي موت النبات لعدم المقدرة على امتصاص الماء.

4 . التبريد Chilling

يحدث ضرر عند انخفاض الحرارة وقربها من نقطة التجمد ويتفاوت الضرر حسب نوعية المحصول , ولذلك قسمت النباتات إلى

أ / نباتات تموت عند تعرضها لدرجات حرارة (0.5 -5) °C لفترة 60 ساعة ومثال لذلك النباتات الاستوائية(الأرز – القطن وبعض المحاصيل الأخرى.

ب / يحدث ضرر لبعض النباتات عند تعرضها للظروف السابقة ولكنها تستعيد النشاط بعد زوال السبب (ارتفاع درجات الحرارة) مثال لذلك حشيشة الليمون والفول السوداني.

ج / نباتات لا تقاسي كثيراً عند تعرضها لدرجات الحرارة المنخفض ولكن لفترات زمنيه أقل ومثال لذلك الذرة الشامية والذرة الرفيعة.

د / نباتات تضار بالتعرض لأكثر من (60) ساعة ولكنها تستعيد الحيوية والنشاط عند ارتفاع الحرارة مثل فول الصويا .

هـ / نباتات لا تضار ولكن تظهر عليها بعض الأعراض في شكل بقع أو أشرطه صفراء علي الأوراق عند تعرضها لدرجات حرارة° (2-4) C° لمدة (60) ساعة ومثال لهذه المحاصيل قصب السكر والذرة الشامي والرفيعة.

و/ الجفاف

ي/ قد تؤدي درجة الحرارة المنخفضة إلى تغيير الوسط الداخلي للنباتات عن طريق تثبيط تحول المواد المدخرة و انتقالها .

ن / و قد يعود السبب في إصابة النباتات في درجات الحرارة المنخفضة إلى تفكك البروتين يعود إلى تشكل مواد سامة ناتجة عن اضطرابات .

5 . التجمد Freezing

تتجمد أنسجة النبات نتيجة لتكوين بلورات ثلجية داخل وبين خلايا النبات(المسافات البينية) وعليه تسبب موت الخلايا و بالتالي موت النبات بكامله أو بعض أجزائه.

- إضافة إلى الأضرار التي سبق ذكرها هناك أضرار أخرى وهي :

* إذا تعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة أعلى من درجة حرارة التجمد يسمى إجهاد البرد(يسبب اختلال في التفاعلات الكيميائية) .

* إذا تعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة أعلى تصل إلى التجمد يسمى إجهاد التجمد عند التعرض لدرجة حرارة اقل من 15°C م أو 10°C م وقد تصل إلى الصفر (موت الأنسجة بسبب تكون البلورات الثلجية في أنسجة النبات خاصة إذا تكونت داخل الخلايا.)

- يؤدي تكوين الثلج داخل الخلايا إلى موتها بسبب:

* خلل في التركيب الطبيعي لمكونات الخلية وهو غير عكسي.

* تجفيف الخلية بسبب تكوين البلورات

* زيادة تركيز بعض المواد السامة في الخلية لا يؤدي تكوين الثلج خارج الخلايا إلى موتها , وان ماتت الخلايا فذلك راجع إلى:

- تجفيف البروتوبلازم
- الضغط الميكانيكي الذي تحدثه بلورات الثلج على الخلية

- زيادة تركيز بعض المواد السامة

- عند ذوبان البلورات الثلجية في خارج الخلية, تسبب سرعة انتفاخ الجدار الخلوي مقارنه بالبروتوبلازم تموت الخلية بسبب التمزق (Sheldon et al . 2000 ; Amasino . 2005).

الوثيقة (04) :أضرار اجهاد الحرارة المنخفضة على النبات(Franklin .2010)

II.2.2إجهاد الحرارة المرتفعة

II.2.2.1التغيرات الفيزيولوجية الناجمة عن إجهاد الحرارة المرتفعة :

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة معدل النتح بدرجة اكبر من معدل الامتصاص مما يؤدي إلى نقص شديد في المحتوى المائي للأنسجة مما يؤدي أيضا إلى موت الأوراق والأفرع وقد يموت النبات في النهاية

- ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى حدوث اضطرابات في التحولات الغذائية بالخلايا فمثلا يزيد معدل الهدم (التنفس) بدرجة اكبر من معدل البناء فيصبح النبات قزما ويموت في النهاية .
- ارتفاع درجة حرارة التربة في بعض الأحيان إلى 70°مئوية يؤدي إلى موت سيقان النباتات الصغيرة الملاصقة للتربة .

- بعض النباتات تتحمل درجات الحرارة المرتفعة وذلك بإحاطة سيقان بعض الأشجار بطبقة سميكة من الفلين (القلف) وهو رديء التوصيل للحرارة .

- تعرض النباتات لدرجة حرارة مرتفعة يؤدي إلى نقص في تخليق البروتينات الطبيعية وكذلك يحدث تغير في عملتي النسخ والترجمة (Transcription (Traduction مما يؤدي للحصول على بروتين جديد يعرف باسم (HSP)ويتخلق هذا البروتين إذا ما تعرض النبات لدرجة حرارة بأعلى من الحد الأمثل بحوالي 5°مئوية .

درجة الحرارة المرتفعة تؤدي إلى حدوث أضرار في التركيب الخلوي وكذلك تراكيب العضيات في الخلية ويحدث أيضا تدهور في وظيفة الأغشية البلازمية كما يحدث أيضا تغيير في التعبير الجيني Gene expression (محب طه ص ; 2010).

II.2.2.2تاثير إجهاد الحرارة المرتفعة

- انخفاض معدل البناء الضوئي وارتفاع معدل التنفس وبذلك يتعرض النبات للمجاعة عن طريق استهلاك الكربوهيدرات.
- نقص كمية البروتين النشط نتيجة تكسيره أو فقده لشكله الطبيعي.
- تراكم بعض المواد السامة نتيجة زيادة نفاذية الأغشية.
- زيادة سيولة الدهون خاصة دهون الأغشية الخلوية.
- تغير في طبيعة الأحماض النووية.
- ارتفاع معدل النتح مما يعرض النبات إلى إجهاد جفاف.
- تثبيط النمو وصغر حجم النبات وسقوط الأوراق مبكراً والفشل في تكوين الأزهار..
- تجمع للبروتوبلازم نتيجة لتأثير الحرارة المدمر لمكونات الخلية حيث أن للحرارة تأثير مدمر على الأغشية السيتوبلازم.

و للحرارة المرتفعة تأثير كبير على النباتات الخضر حيث يرجع السبب المباشر للأضرار التي تحدث لنباتات الخضر نتيجة ارتفاع الحرارة إلى تخثر المكونات الروتينية للبروتوبلازم كما توجد أنواع من نباتات الخضر تتحمل درجات الحرارة العالية أكثر من غيرها مثل نباتات البطاطا وقد اتضح أن الأنسجة المكائية قليله المحتوى المائي عادة تقاوم الحرارة المرتفعة نسبيا "أكثر من ذات المحتوى المائي المرتفع وقد وجد أن بعض نباتات الخضر مثل الخس و الخبازي والسبانخ تزهر إذا تعرضت لدرجات حرارة عالية عن المجال الحراري الخاص بها أو الأمثل لها كما يؤدى ارتفاع درجه الحرارة إلى قله عدد الأزهار المتكونة وعدد الأزهار العاقدة في بعض المحاصيل مثل الفول الرومي والبسلة والطماطم والفلفل والفاصوليا وهذا يرجع إلى عدم وجود أو حدوث الإخصاب وفى القرنبيط عندما تتعرض نباتاته إلى درجات حرارة عالية وقت تكوين الأقراص الزهرية فان الأقراص المتكونة تكون غير مندمجة ومفككه ذات لون اصفر غير مرغوب فيه كما تنمو أوراق وسط القرص وتشوه مظهرة كما تنمو البراعم الزهرية التي تجعل سطح القرص زغبي رديء الصفات أما في الخرشوف فتدفع درجات الحرارة العالية النورة الزهرية إلى النمو السريع ونتيجة لذلك تنمو الحراشف للخارج وتتصلب فتصبح النورة منخفضة الجودة ويقصر عمرها أثناء التسويق (Passioua ,2002).

الوثيقة (05): تأثير إجهاد الحرارة المرتفعة (Mirza.et al, 2013)

II.2.2.3 الأعراض الناجمة عن إجهاد الحرارة المرتفعة

- تلون الأوراق باللون البني وقد تسود بزيادة الإجهاد.
- ذبول وجفاف عام يصاحبه اصفرار في بداية الإجهاد.
- ظهور لسع موضعية في الأوراق(قتل موضعي).
- سقوط الأوراق .
- صغر حجم النبات والفشل في تكوين الأزهار.
- أضرار الحرارة المرتفعة تعتمد على الفترة الزمنية للتعرض.

الوثيقة (06): الأعراض الناجمة عن اجهاد الحرارة (Mirza.et al, 2013)

II.2.4.2 أضرار اجهاد الحرارة المرتفعة

يرتبط تأثير الحرارة المرتفعة بالجفاف الذي يسبب ضرراً مباشراً في بروتوبلازم الخلايا ويظهر ذلك علي الباذرات الصغيرة والشتلات عند ارتفاع درجة الحرارة ما بين (60 - 50) ويعتمد الضرر علي نوع المحصول وعمر النبات والجزء المتأثر ومدة التعرض لتلك الدرجة ويظهر الضرر في أشكال عدة:

1.بقع علي الساق Stem Lesions

2.تأكلات حرارية Heat Cankers

3.حروق شمسية Sclad Sun

4.ارتباك في عمليات البناء Disturbance Metabolic

أيضاً تؤثر الحرارة العالية في معدل التمثيل الضوئي حيث ينخفض مع ازدياد معدل التنفس , وتعتمد مقاومة النبات للحرارة العالية علي نوعية البروتوبلازم وان الأنسجة ذات المحتوي المائي المنخفض يمكنها التحمل أكثر من ذات الماء الكثير كما أن وجود طبقة عازل من الشمع أو الفلين في قشور ووضع الأوراق الراسي توفي حماية للنباتات من أضرار الحرارة المرتفعة.

تكيفات النبات مع درجة الحرارة المرتفعة

أ- تكيفات مورفولوجية وتشريحية

- النتح .
- تقوم كثير من النباتات بوظائفها الحيوية في الساعات الصباحية من النهار .

ب- تكيفات شكلية :

ومن أهم هذه الميزات, الأوراق الصغير والمكتظة والثخينة والمغطاة بالشعر , إضافة إلى تغطية البراعم بالحراشف البرعمية والشعر أو المواد الصمغية (النباتات المخروطية) زيادة سمك القلف والأدمة وغيرها .

ج- تكيفات فيزيولوجية :

- انخفاض المستوى المائي للبروتوبلازم .
- زيادة نسبة المواد الذائبة .
- ارتفاع الضغط الأسموزي .
- تحول المختزن من النشاء إلى زيوت ودهون .
- تجميع المواد الغروية المحبة للماء .
- زيادة نفاذية الأغشية البروتوبلازمية .

مثال تأثير الحرارة المرتفعة على نبات القمح

يواجه إنتاج القمح في السهول العليا في إفريقيا الشمالية تلف في الفترة الممتدة من شهر جانفي إلى شهر أفريل, ويتعرض للجفاف والإجهاد الحراري خلال ماي وجوان .

أشار Bajji (2001), أن ارتفاع درجات الحرارة بصورة متأخرة خلال مرحلة نمو النبات خاصة بعد الإسبال تعتبر أهم الأسباب التي تعرقل زيادة المردود في المناطق شبه جافة.

كما أشار Abbassene (1998) , أن ارتفاع درجة الحرارة ما فوق ينشط هجرة المواد المدخرة في المجموع الجذري أثناء تعمير الحبة ولكن مدة هذه المساهمة مرتبطة أيضا بشدة الإجهادات التي تعيشها النباتات حيث ارتفاع كبير للحرارة يؤثر على هذه الهجرة نظرا لزيادة عملية التنفس التي تستهلك جزءا كبيرا من هذه المدخرات ويؤدي هذا بدوره إلى انخفاض وزن الألف حبة النهائي,وكذا موجة الحرارة المرتفعة في نهاية الموسم أي بعد مرحلة الإزهار يؤدي إلى تخفيض تعمير الحبة. إن درجات الحرارة المثلى لنمو تعمير الحبة تنحصر بين 12 و 15م °لعدد كبير من محاصيل الحبوب. وقد لوحظ أيضا أن أي ارتفاع في درجة الحرارة بمعدل درجة حرارة واحدة عن هذا المجال الحراري يؤدي إلى انخفاض في الوزن المتوسط للحب بنسبة من 3 الى 5 (Wardlaw et al , 1989) .

أشار Hauchinal (1993) , أن درجات الحرارة المرتفعة تتسبب في انخفاض الغلة الحبية عند مواعيد البذر المتأخرة والمرتبطة أساسا بقلة عدد السنابل والوزن المتوسط للحب وقد لوحظ أن التأثير السلبي للإجهاد الحراري هو الزيادة في تطور الأعضاء وبالتالي قلة الإنتاجية للنبات.

درجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى تجفيف النبات نتيجة التنفس الشديد إذا كانت التربة لا تستطيع أن توفر تغذية كاملة بالماء ويؤدي ذلك إلى نقص الإنتاج ,هذه الظاهرة يمكن أن تكون مؤقتة. فالنبات يجمع كمية الماء أثناء الليل بسبب انخفاض النتح , فإذا كانت كمية الماء في التربة منخفضة يكون يكون مصحوب بتخثر البروتوبلازم وموت النبات.(Dielh 1975; Zuang,1987 ;Morard)

كما أن درجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى ضمور الحبوب وهو العرض الأكثر ظهورا ويسمى باللفحة. لاحظ Abassene (1998), أن الأصناف متأخرة الإسبال , نتيجة لحساسيتها للارتياع , تتصف بعدد ضعيف من الحبات في المتر المربع مقارنة بالوزن الجاف المتراكم عند الإسبال.

كما أشار Bouzerzour (2002), إلى أن أصناف القمح الصلب متأخرة الإسبال والنضج تعطي مردودا جيدا في الأوساط الملائمة , في حين أنها تحت الظروف المجهدة , ينخفض مردودها نتيجة تزامن طور ملء الحبة مع الفترة التي ترتفع فيها درجة الحرارة وينقص الماء , كما توصل Rawson (1988)من خلال أعماله في أوساط مراقبة إلى أن التأثير السلبي لارتفاع درجات الحرارة على نمو النبات يعود إلى عدم قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر المعدنية التي يتطلبها النمو بالسرعة التي تفرضها الحرارة. تستثمر بكثرة الأصناف متأخرة الإسبال هيدرات الكربون لنمو الساق مقارنة بما تستعمله لتشكيل الثمار وينافس الساق السنبلة الناشئة. يحد ارتفاع درجة الحرارة من قدرة إنتاج المناطق شبة الجافة حيث يعتبر المجال من 25 م °إلى27 م °كعتبة التأثير الفعال للحرارة , وتظهر سلبيات هذا التأثير على عدد الحب سنبلة ومتوسط 1000 حبة ; 1995. Wardlaw) monsor1995)

أشارWardlaw, Monsor (1995) إلى أن مقاومة الإجهاد الحراري ما بين25 م °الى 30 م ° مرتبط بقدرة الصنف على سرعة ملء الحبة.

II.3.درجة الحرارة كعامل بيئي Temperature as an Ecological Factor

تؤثر درجة الحرارة تأثير كبيرا في النباتات فهي تؤثر على كافة العمليات بين امتصاص و تبخر و تنفس و بناء ضوئي , كما يرتبط توزيع الأنواع النباتية على سطح الكرة الأرضية .

و من المعروف أن اليابسة تكتسب الحرارة بنسبة اكبر و أسرع من الماء و ذلك يعود للأسباب التالية :

1- أن الحرارة النوعية لليابسة اقل من الحرارة النوعية للماء .

2- أن صافي الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الماء اقل من صافي الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح اليابسة .

3- إن سمك طبقة الماء التي تتأثر بالإشعاع الشمسي اكبر من سمك طبقة اليابسة التي تتأثر بنفس الأشعة.

كما تلعب عوامل مختلفة دورا هاما في اختلاف درجة حرارة الهواء فوق اليابسة من مكان لآخر و أهمها :

- عامل البعد أو القرب عن البحار والمحيطات .
- التضاريس .
- الرياح
- الغطاء النباتي .

II.4.تأثير درجة الحرارة على النباتات

تؤثر درجة الحرارة بشكل مباشر أو غير مباشر في كل وظيفة من الوظائف الحيوية للنبات , فهي تؤثر في العمليات الطبيعية كالانتشار والنفاذية وامتصاص الماء وتبخره وفي كافة العمليات الكيميائية للتحول الغذائي .

1- تأثير درجة الحرارة على البناء الضوئي :

يتوقف معدل البناء الضوئي الي جانب العوامل البيئية المختلفة من إضاءة وتركيز ثاني اوكسيد الكربون وغيره .

2- تأثير درجة الحرارة على التنفس :

تؤثر درجة الحرارة تأثيرا معقدا في عملية التنفس وفي العمليات الحيوية المختلفة , وعلى العموم تؤدي زيادة درجة الحرارة في حدود معينة إلى زيادة معدل التنفس .

3- تأثير درجة الحرارة على الامتصاص :

ينخفض معدل امتصاص الهواء في كثير من النباتات إذا انخفضت درجة حرارة التربة إلى درجة قريبة من الصفر أو دون درجة التجمد .

4- تأثير درجة الحرارة على النتح :

يزداد معدل النتح مع زيادة درجة حرارة الهواء المحيط بالمجموع الخضري .

5- تأثير درجة الحرارة على الإنبات :

إذا لم توجد عوامل محددة أخرى فان بذور أي نوع نباتي تنبت في مجال معين من درجات الحرارة تختلف من نوع لآخر ولكنها لا تنبت في درجات حرارة أعلى أو اقل من هذا المجال .

6- علاقة درجة الحرارة بالإزهار (الارباع) :

ويطلق على عملية معاملة النبات بالتبريد كي يكمل دورة حياته ويزهر اسم الارباع Verbalization (Springification)وهكذا فالإرباع هو اكتساب النبات القدرة على الإزهار أو تعجيل القدرة على الإزهار بمعاملته بالتبريد .

II.5.درجة حرارة النبات Plant température

تتأثر درجة حرارة النبات بمؤثرات أساسية تحدد التوازن الحراري وهي :

- امتصاص الحرارة من الأشعة الشمسية .
- فقد الحرارة بالإشعاع العكسي .
- الفقد بالتوصيل الحراري للهواء.
- الفقد بالتبريد بواسطة النتح وتيارات الغازات اي بالحمل الحراري (Chater ,Brinis 2004)

II.6.درجة الحرارة المثلى :Optimum temperature

وتنقسم النباتات حسب استجابتها لدرجات الحرارة الى :

- النباتات المحبة للبرودة Psychrophiles.

وتضم النباتات التي تنمو وتتم دورة حياتها في أوساط تتراوح درجة حرارتها بين 0 و 20 درجة مئوية.

- النباتات المحبة للحرارة المعتدلة Mesophiles

وهي نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة تتراوح بين 10 و30 درجة مئوية و أي درجة حرارة اكبر من 35 °C تسبب لها اجهاد حراري .

- النباتات المحبة للحرارة المرتفعة Thermophiles

وهي نباتات تنمو وتتم دورة حياتها في درجات حرارة أعلى من 30-45 درجة مئوية وتسبب درجات الحرارة المرتفعة جملة من الأخطار تهدد النبات وأهمها :

1- فقدان كميات كبيرة من الماء حيث تؤدي درجات الحرارة المرتفعة التي تتعرض لها الأوراق إلى الجفاف .

2- عدم التوازن بين معدلي التنفس والبناء الضوئي يشكل عاملا ساما أو مواد سامة.

3- تلف المكونات البروتينية للبروتوبلازم وموت وإتلاف الكلوروفيل واصفرار لون الأوراق وتثبيط النمو .

قد يعزى تأثير درجات الحرارة المثلى على الإنبات في ارتفاع عمليات التنفس ونشاط الإنزيمات ومنها الــ Catalase ، إلا أن التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة قد يثبط الإنبات لتأثيره على نشاط إنزيمات التنفس بشكل خاص وعلى الإنزيمات بشكل عام ، كما يعزى الضرر الناتج من انخفاض درجات الحرارة إلى تكوين بلورات من الثلج داخل الخلايا أو بينها (في المسافات البينية) مما يؤثر على التركيب الوظيفي للأغشية الخلوية وعلى البروتوبلازم (لزوجته) وبالتالي يؤثر على عمليات النقل.

II.7.درجة حرارة التربة Soil temperature

1- التغيرات اليومية والسنوية في درجة حرارة التربة :

تستمد التربة حرارتها من أشعة الشمس , كما يحتمل أن تستمد بعض الحرارة أيضا من أعماق الأرض ومن الأمطار الدافئة ومن تحلل المواد العضوية فيها .

2- العوامل التي تؤثر في درجة حرارة التربة :

يؤثر عدد من العوامل تأثير مباشر في درجة حرارة التربة كاللون والقوام والتركيب والمحتوى المائي والانحدار ووجود الغطاء النباتي أو عدم وجوده وغيرها , ويعتبر المحتوى المائي للتربة من اهم هذه العوامل .

3- تأثير درجة الحرارة على توزيع النباتات .

- عن طريق درجة الحرارة المرتفعة والمنخفضة .

- حاجة النباتات لفترة منخفضة من الحرارة (بدون اسم, 2010).

II.8.التغيرات البيوكيماوية الناشئة عن الإجهاد الحراري

لوحظ انه تحت تأثير الحرارة المرتفعة يتم إنتاج (ROS) بكميات وفيرة وهذه الجذيرات الحرة لها تأثير مدمر على نواتج التحولات الغذائية كما أنها تقوم بأكسدة الأغشية البلازمية وإتلافها كما أنها تدمر المحتوى من الــADN (محب طه ص, 2010).

II.9.مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري

تم تقدير مؤشر المقاومة للإجهاد المائي (DSI) ومؤشر المقاومة للإجهاد الحراري(HSI) باستعمال اختبار التحطم الحيوي (نسبة 100%) من الخلايا التالفةIC (100%) على الورقتين الأخيرتين المتطورة تماما.

تؤخذ ورقتين بشكل عشوائي لكل نمط وراثي، حيث يتم غسل هذه العينات بالماء العادي تقطع الأوراق إلى قطع طولها1 سم. توضع كل عينة مكونة من 10 قطع من الأوراق في أنبوبة الاختبار وتغسل بالماء المقطر لإزالة الغبار الملتصق الذي يمكن أن يؤثر على نتائج الاختبار.

يضاف لكل أنبوب لكل10 مل من الماء المقطر; ترج الأنابيب دوريا يدويا وتترك في درجة حرارة المختبر وتترك مجموعة الأنابيب الأولى الخاصة بمؤشر المقاومة للإجهاد المائي في المختبر وبعد20 ساعة تتم القراءة الأولى عليها(EC1 T1) بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية (Conducti Vimètre)وتوضع الأنابيب الثانية الخاصة بمؤشر المقاومة للإجهاد الحراري في حمام مائي-(bain marie)درجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة ثم نقوم بالقراءة الأولى عليها بعد 24 ساعة بواسطة جهاز الناقلية الكهربائية(EC1 T2) توضع كل الأنابيب المقاومة في حمام مائي في درجة حرارة 100 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة.

تجرى قراءة ثانية الناقلية 24 (EC2 T2) (EC2 T1) ساعة بعد مرور العينات في الحمام المائي لكلا المجموعتين من الأنابيب . تقدم النسبة المئوية للخلايا التالفة بسبب الإجهاد المائي والإجهاد الحراري حسب الطريقة التي وصفها (Bajji et al, 2001).

على النحو التالي: **HSI** ou **DSI (%) = 100(EC1$_{T1}$/EC2$_{T1}$)**

الجدو ل (01) :يوضح مؤشر الإجهاد الحراري الناجم عن الرطوبة النسبية والحرارة الخارجية:

	درجة الحرارة الخارجية (C°)										
	21	24	27	29	32	35	38	41	43	46	49
نسبة الرطوبة	درجة الحرارة الفعلية (C°)										
0%	18	20	23	26	28	31	33	35	37	39	42
10%	18	21	24	27	29	33	35	38	41	44	47
20%	19	22	25	28	30	33	37	41	44	49	54
30%	19	23	26	29	33	36	40	45	51	57	64
40%	20	23	26	30	34	38	43	56	58	66	
50%	20	24	27	31	36	42	49	57	66		
60%	21	24	28	33	38	46	56	65			
70%	21	25	29	34	41	51	62				
80%	22	26	30	36	45	58					
90%	22	26	31	39	50						
100%	22	27	33	42							

كلما انتقلنا من اللون الأبيض إلى اللون الأصفر فالبرتقالي فالأحمر، كلما أزداد المؤشر الحـــراري، وبالتالي ازدياد احتمالات الإصابة بالإجهاد الحراري.

10.II.الانتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري

تم الانتخاب في هذه الدراسة وذلك باختيار 3 أصناف من نبات القمح وهي

Ofanto/MBB وOfanto / Mrb5 وOfanto/Waha

أشار Clake، Gaig (1982),إلى أهمية قياس تطوير إنتاج محاصيل الحبوب في المناطق جافة والحارة من خلال انتخاب أصناف مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة وذات مردودية حبية جيدة . وينصحون باستعمال تقنية التحطم الخلوي لغربلة كل المصادر الوراثية الموجهة إلى المناطق الجافة كذلك ينصح باستعمالها في الانتخاب بالنسبة لمقاومة درجات الحرارة المرتفعة. نتائج هذا الاختبار هي مرتبطة بالإنتاج تحت الإجهاد الحراري . ففي هذا الإطار أشار كل من ssadallah (1994), Bouzerzour (1998) Reynolds Alderfasi, (2000), أن هناك ارتباط قوي بين إتلاف الخلايا بسبب الصدمة الحرارية مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري وانخفاض إنتاجية الأنماط الوراثية المختبرة .

في دراسة أخرى قام بها عولمي ع (2010)، حققت أفراد الخطوط المنتخبة تحسن في المقاومة ضد الإجهاد الحراري بالانتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري ب 80.4, 100 و74.7 % على التوالي للهجن Ofanto / Mrb5 وOfanto/MBB مقارنة بمتوسطات العشائر الثلاث.

هذا التحسن في المقاومة للإجهاد الحراري يترافق مع تحسن في المقاومة ضد الإجهاد المائي ,يرتبط بزيادة معنوية للمردود الحب والاقتصادي عند الهجينين Mrb5 / Ofanto و Ofanto/MBB, أما الهجين Ofanto/Waha فبالرغم من التحسن الكبير لخطوطه الوراثية في المقاومة لإجهاد الحراري ب100% إلا أنها لم تحقق أي زيادة في المردود الحبي والاقتصادي (جدول 02، الوثيقة 07)هذه النتائج مبينة من طرف Ben Salem et Vieira Da Silva,(1990), حيث وجدا علاقة ارتباط سلبية بين المردود الحبي ومؤشر المقاومة للإجهاد الحراري . وعلى عكس الباحثون (Sullivan et al, 1979, Saadallah et al, 1990, Shanahan et al, 1990)، لم يجدوا علقة بين قيم اختبار التحطم الخلوي والإنتاجية الحبية عند القمح والسورقو .

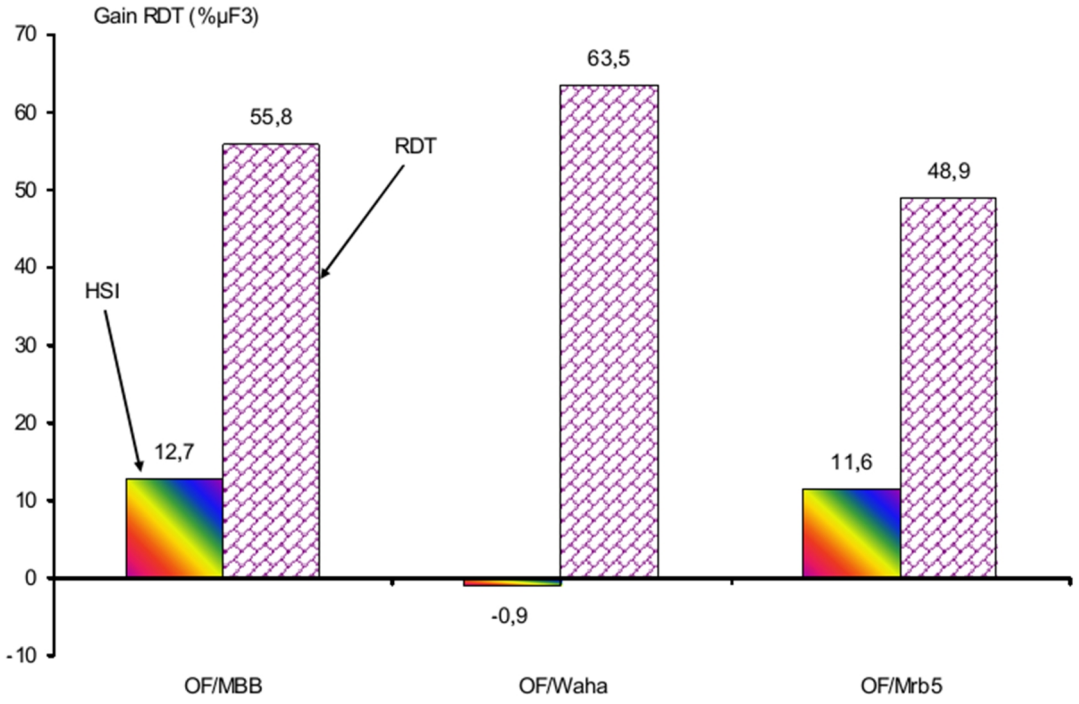
الانتخاب لمؤشر المقاومة للإجهاد الحراري يزيد في المساحة الورقية عند Ofanto/Waha وينقص منها عند الهجينان Ofanto / Mrb5 وOfanto/MBB ؛ما يتراجع المحتوى المائي الورقي عند Ofanto / Mrb5 دون تغيره عند الهجينان الآخران .أما الفقد المائي الورقي فيزيد معنويا عند Ofanto/MBB وينقص عند Ofanto / Mrb5 بنفس القيمة حوالي 15% هذا النقصان راجع لكون أن الفقد المائي الورقي يرتبط سلبيا مع المساحة الورقية (Begg et Turner ,1976).

جدول (02):جدول متوسطات السلالات المنتخبة في الجيل F3 للعشائر الثلاثة , وفرق الانتخاب الفعلي والنسبي لمؤشر المقاومة للإجهاد الحراري (HSI).

Critères / الصفات		TRE	S1F	LWL	PREC	T_{air}-T_{CV}	DSI	HSI	PSF	RDT	RDT_{ec}
					Ofanto/MBB						
HSI	μ_S	81.5	19.7	5.7	131.5	-2.0	8.1	3.0	9.8	679.6	1137.1
	Ppds5%	2.55	1.21	0.57	0.35	0.33	2.51	2.28	1.27	35.5	45.1
	$S=\mu_S-\mu_{F3}$	1.2	-0.6	0.8	0.6	0.0	-13.9	-12.4	0.0	76.8	125.3
	$S(\%\mu_{F3})$	1.4	-3.2	15.7	0.4	-1.6	-63.3	-80.4	-0.2	12.7	12.4
					Ofanto/Waha						
HSI	μ_S	83.4	22.0	7.7	130.3	2.5	13.5	0.0	10.9	664.8	995.1
	$S=\mu_S-\mu_{F3}$	1.8	1.1	0.2	-0.1	0.5	-10.0	-14.0	0.9	-6.2	-40.3
	$S(\%\mu_{F3})$	2.2	5.2	3.2	-0.1	24.8	-42.6	-100.0	9.3	-0.9	-3.9
					Ofanto/Mrb_5						
HSI	μ_S	80.8	18.0	7.4	129.4	0,9	21,2	3.1	10.1	801.0	1280.6
	$S=\mu_S-\mu_{F3}$	-2.8	-0.7	-1.2	-0.1	-1,1	-2,0	-9.3	-0.1	83.5	149.4
	$S(\%\mu_{F3})$	-3.4	-3.8	-14.2	-0.1	-54.5	-8.9	-74.7	-0.7	11.6	13.2

فرق درجات الحرارة بين الغطاء النباتي ودرجة حرارة الهواء ينخفض معنويا عند الهجين Ofanto / Mrb5 بـ 54.5% ما يوحي إلى زيادة درجة حرارة الغطاء النباتي (جدول 02). يرجع ذلك إلى تناقص سرعة الفقد المائي الورقي , إذ من المعروف أن زيادة سرعة الفقد المائي من الورقة يعمل على تخفيض درجة حرارة الغطاء النباتي (Chaker et Brinis,2004) الانتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري يزيد من التبكير في الإسبال عند بعض الخطوط للهجنين Ofanto / Mrb5 وOfanto/Waha ,بينما ساهم في إبراز تأخر في الإسبال عند الهجين Ofanto/MBB.

كإستنتاج لما سبق يمكن إعتبار الزيادة المعنوية للمردود الحبي والاقتصادي إبرازا لنجاعة الإنتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري ,وضرورة تركيز البحوث مستقبلا للإجهاد الحراري , وضرورة تركيز البحوث مستقبلا للإهتمام أكثر بدراسة هذه الصفات . من بين الهجن الثلاث يمكن إعتبار ِيادة المقاومة للإجهاد الحراري عند الهجين Ofanto/MBB وزيادة تأخره في الإسبال مؤشر إيجابي جدا لإمكانية رفع الغلة الحبية والإقتصادية من خلال إستنباط أنماط وراثية جديدة أكثر تأقلما للظروف المناخية السائدة في الهضاب العليا الشرقية الجزائرية .كما لا يجب أن نغفل المقاومة والتأقلم الكبيرين اللذين أبرزتها بعض الخطوط عند الهجين5 Ofanto/Mrb بإنقاص الفقد المائي الورقي وتقليص المساحة الورقية وزيادة درجة التبكير .



الوثيقة (07) :تأثير الانتخاب على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري (HSI) على المردود الحبي للجزء المنتخب لعشائر الـ F3 (12 lignées par groupe=10% = i)

الفصل الثالث

بروتينات الصدمة الحرارية

III .1. تعريف بروتينات الصدمة الحرارية

إن تعرض الكائن الحي (نبات, حيوان) لإرتفاع درجات الحرارة تعني إنتاج المزيد من البروتينات والتي تعرف" ببروتينات الصدمة الحرارية " وهذه المجموعة ترتبط مع مجاميع بروتينية وتؤثر في هيئتها ومواقعها عندما تتعرض الخلية للصدمة الحرارية .وتمتلك هذه المجموعة من بروتينات الصدمة الحرارية كتل جزيئية نسبية تقريباً (30,000 , 100,000 110,000, 90,000 , 70,000) وتسمى مثلا Hsp90,Hsp70, Hsp وهذه العوائل تشترك في تجميع أو تفكيك البروتينات والمضادات الحيوية في الخلية حيث إن كل نوع من بروتينات الصدمة الحرارية تتفاعل مع مجموعة معينة من الجزيئات فمثلا إن أعضاء عائلة (Hsp70) ترتبط بالسلاسل الثقيلة لكلوبيولينات المناعة ، وسلاسل كاترين ومتعددات تضاعف DNA وإن جميع أعضاء هذه العائلة ترتبط مع ATP وكذلك الحال لأعضاء عائلة Hsp90التي تتفاعل مع مستقبلات الهرمونات الستيرويدية وتحوير نشاط الفسفرة في الخلية بسبب ارتباطها مع إنزيمات (cellular kinesis) ولابد من الإشارة إلى إن عائلة (Hsp70) تعمل كمرفقات جزيئية مع بعض البروتينات خلال الأغشية بين الخلايا بينما يرتبط (Hsp70) مع البروتينات المصنعة حديثا لحظة انطلاقها من مراكز إنتاجها في الرايبوسومات وقد تمنع البروتينات من التجمع والتكاثف قبل تلفها بشكل ملائم وإشتراكها مع المعقدات أو العضيوات

.(Complexes et Organelles)

وقد تلعب بروتينات الصدمة الحرارية في المناعة رغم إن الحرارة الفائقة لها تأثيرات ضارة على تركيب الخلية و فسلجتها من ضمنها إعادة الإستنساخ وتصنيع RNA والترجمة والنسخ بعد الترجمة وتركيب ووظيفة الغشاء الخلوي والهيكل الخلوي(حامد حلمي ط. 2011).

إن بروتينات الصدمة الحرارية Hsp هي مرافقات مصنفة حسب شروط الإجهاد الذي يسمح بالتعرف عليها.

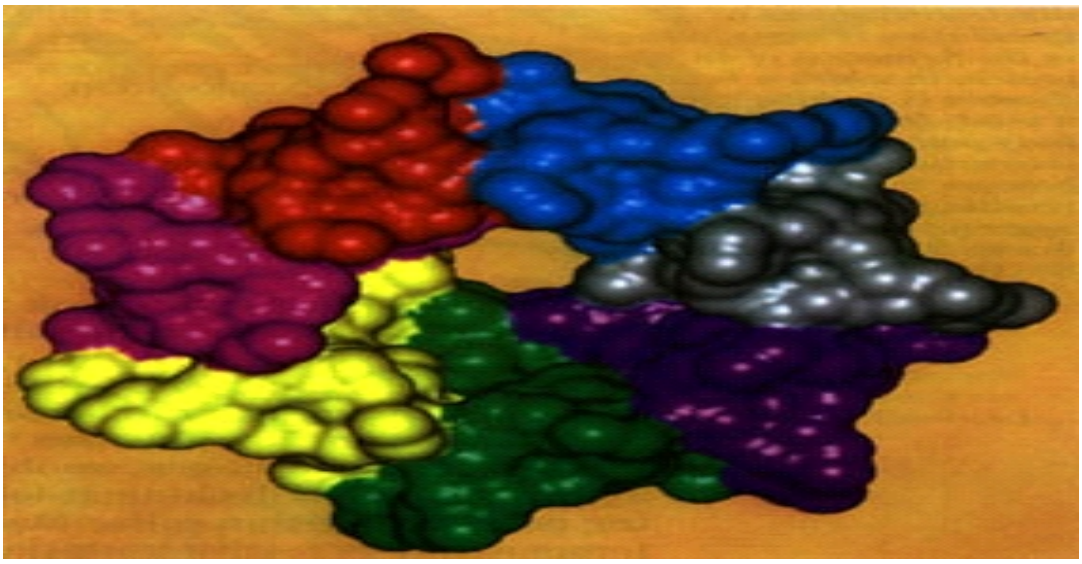
وهي تقسم إلى خمسة أقسام أساسية تسمى حسب وظيفة الوزن الجزيئي (DK) للبروتينات الـ Hsp70 مرافقين (Groel et Hsp60) الـ Hsp90 الـ Hsp100 و sHsp بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة .

الجدول (03): يوضح بعض أنواع بروتينات الصدمة الحرارية (Wahibe, 2010)

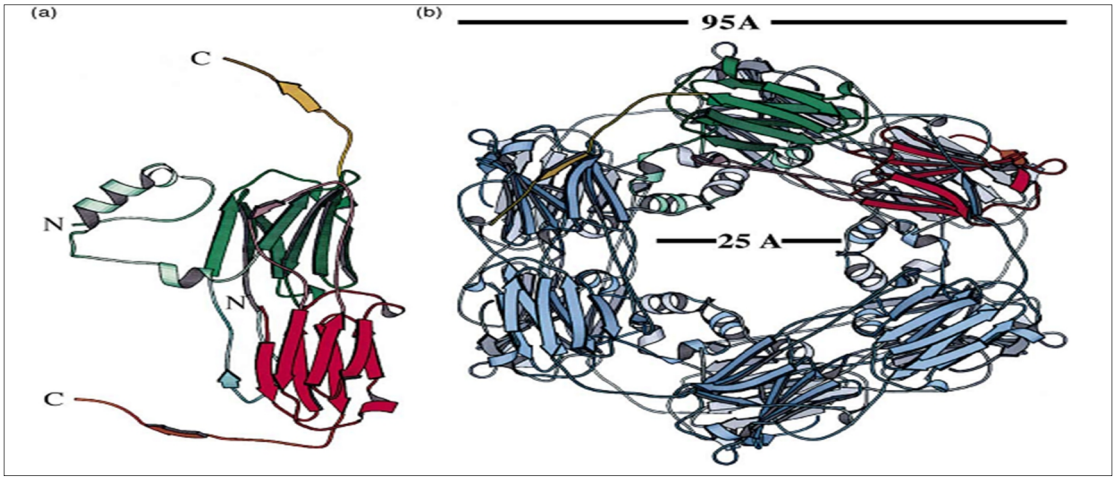
	PM (kDa)	Localisation subcellulaire
HSP100	100-114	cytoplasme
HSP90	80-94	Cytoplasme, RE
HSP70	69-71	Cytoplasme, RE, mitochondries
HSP60	10-60	Chloroplastes, mitochondries
smHSP	15-30	Cytoplasme, RE, mitochondries, chloroplastes

III .2. بنية بروتينات الصدمة الحرارية

تأخذ بروتينات الصدمة الحرارية الشكل الدائري تقريبا حيث أنها تتكون من 7 وحدات متداخلة فيما بينها



الوثيقة (07) : بنية ثلاثية الأبعاد لبروتين الصدمة الحرارية(W. Sun et al , 2002)



الوثيقة(08):بنية الفراغية لبروتينات الصدمة الحرارية (W. Sun et al , 2002)

III .3. تصنيف بروتينات الصدمة الحرارية

تاريخيا و حسب ملاحظة الباحث الايطالي R.Ritossa للتعبير الجيني للنفخ في كرومزومات ذبابة الخل (Drosophila) بعد تعرضها للحرارة التي كانت إكتشاف بروتينات الصدمة الحرارية وكانت النتيجة زيادة في تركيب البروتينات الذي حدث أيضا باستخدام عوامل إجهاد أخرى مثل azide,2,4dinitrophenole و salic-ylate (Ritossa ,1962).

بعد هذا التقرير بدأ الباحثون دراسة العلاقة بين تركيب هذه البروتينات المعرفة والمسمات بـ (Hsp) مع تحملها للإجهاد ومن جهة أخرى أفادوا إلى أن هناك تغير لتركيب الـ Hsp في Glycine max var (Tissieres et al ,1974).

وقد حددت أنواع كثيرة من الـ Hps تقريبا في جميع الكائنات الحية (Bharti et Nover, 2002) وتتصف كل Hsps بوجود الكربوكسيلات الطرفية (Helm et al, 1993) .

إن بروتينات الصدمة الحرارية لها أوزان جزيئية تتراوح بين 10 و 200 kd وتتصف كمرافقات حيث تشارك في تنظيم دورات تعريفية للإشارة أثناء الإجهاد الحراري (Schoffl et al, 1999) .

البعض توصل إلى أنه على الرغم من أن هناك بعض الأدلة الظاهرة للتعبير الجيني في بعض الحالات المعينة لكن ليس هناك أي دليل نهائي وقاطع على أن هذا هو ما يحدث في البيئة الطبيعية (Feder et Hofmann, 1999).

وقد صنفت بروتينات الصدمة الحرارية عند العتيقات على أساس الوزن الجزيئي التقريبي 100 KD إلى:

(1) Hsp100, (2) Hsp90, (3) Hsp70, (4)Hsp60

بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة (SHSPS) يتراوح وزنها الجزيئي بين 15 إلى 42 KD (Trent, 1996) و عادة ما تكون هذه البروتينات الصغيرة معقدة لمفارز صغيرة حيث وزنها الجزيئي يكون في هذه الحالة يتراوح من200 إلى KD800 حيث تكون مجمعة عند النباتات وهناك عدة عائلات من الـ SHSPS.

الجدول (04): يوضح عائلات بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة ومواقعها ووظائفها

Hsp Families	Cellular location	Proposed functions
Hsp27 (sHsp)	Cytosol, nucleus	Microfilament stabilization, antiapoptotic
Hsp60	Mitochondria	Refolds proteins and prevent aggregation of denatured proteins, proapoptotic
Hsp70		Antiapoptotic
Hsp72(Hsp70)	Cytosol, nucleus	Protein folding, cytoprotection
Hsp73(Hsc70)	Cytosol, nucleus	Molecular chaperones
Hsp75(mHsp70)	Mitochondria	Molecular chaperones
Hsp78(GRP78)	Endoplasmic reticulum	Cytoprotection, molecular chaperones
Hsp90	Cytosol, endoplasmic reticulum, nucleus	Regulation of steroid hormone receptors, protein translocation
Hsp110/104	Cytosol	Protein folding

(Kregel.;2002)

وتوصلت دراسة أخرى إلى أن بروتينات الصدمة الحرارية عند النبات لا تختلف عن تلك الموجودة في البكتيريا باستثناء وجود Hsp33 ، ولكن تسمية الـ (sHsps)هي نفسها.

الجدول (04) : يوضح بروتينات الصدمة الحرارية عند نوع من البكتيريا

Escherichia coli	Eukaryotic cells
ClpB	Hsp100
HtpG	Hsp90
Dnak	Hsp70
GroEL	Hsp60

(Kotak et al., 2007)

و كانت الأدوار التي تقوم بها بروتينات الصدمة الحرارية في الفطريات قد تم إستعراضها مؤخرا (Panaretou et Zhai, 2008)، وكخلاصة عامة فإن هذه البروتينات تكون متعددة المكونات والوظائف حيث تلعب أدوار في الإشارات والزيادة في المرونة الظاهرية فضلا عن وضيفتها الثابتة كمرافقات جزيئية.

و تختلف النباتات إلى حد كبير في كمية بروتينات الصدمة الحرارية (Hsps) المعبر عليها فضلا عن نوعها (Hamilton et al, 1996) والأنواع الأكثر دراسة في النبات هو نبات Arabidopsis thaliana حيث يحدث إستجابة لمعالجة الصدمة الحرارية من خلال إقحام أعداد مختلفة من بروتينات الصدمة الحرارية وهي :

13- (Hsp20)

8- (Hsp70)

7 - (Hsp90)

8 - (Hsp100)

21-عامل الإستنساخ (Hsfs) (Swindell et al,2007) ،لكن في الطماطم هناك على أقل 15 (Hsfs) (von Koskull-Do ¨ring et al, 2007) .

تتميز النباتات العليا بوجود على الأقل 20 نوع من الـ sHsps لكن هناك أحد الأنواع التي يمكن أن تحتوي على 40 نوع (Vierling, 1991).

إن الـ sHsps والتي عادة لايمكن إكتشافها في الخلايا النباتية تحت الظروف الفيزيولوجية النظامية، يتم حثها عند الإجهاد و التحمل للإجهاد ، بما في ذلك الجفاف والملوحة والأنواع المؤكسدة ودرجات الحرارة المنخفضة (Zhang et al , 2001).

ويعتقد أن هذا التنويع والوفرة من الـ sHsps في النبات تعكس تكيف النبات للإجهاد الحراري (Waters et al,1996) ومثال لهذا التنويع من sHsps للأنواع النباتية مع موقعهم يعطى في الجدول الموالي .

الجدول(5): التنويع في الـ sHsps للأنواع النباتية

Species	Protein	DNA accession number
Chloroplast-localized proteins		
Arabidopsis thaliana	HSP21	X54102
Glycine max	HSP22	X07188
Petunia hybrida	HSP21	X54103
Pisum sativium	HSP21	X07187
Triticum aestivum	HSP26A	X58280
Triticum aestivum	HSP26B	X67328
Zea mays	HSP26	L28712
Mitochondrial-localized protein		
Chenopodium rubrum	HSP23	X15333
Endoplasmic reticulum-localized proteins		
Arabidopsis thaliana	HSP22	U11501
Glycine max	HSP22	X63198
Pisum sativum	HSP22	M33898
Class I Cytocolically localized proteins		
Arabidopsis thaliana	HSP17.6	X16076
Arabidopsis thaliana	HSP17.4	X17293
Arabidopsis thaliana	HSP18.2	X17295
Chenopodium rubrum	HSP18.3	X53870
Daucus carota	HSP18.0	X53852
Daucus carota	HSP17.8	X53851
Glycine max	HSP17.5	M11318
Glycine max	HSP17.6	MI1317
Glycine max	HSP18.5	X07160
Helianthus annuus	HSP17.6	X59701
Lycopersicon esculentum	HSP17.8	X56138
Medicago sativa	HSP18.1	X58710
Medicago sativa	HSP18.2	X5871 1
Oryza sativa	HSP16.9	X60820
Oryza sativa	HSP17.4	D 12635
Pisum sativum	HSP18.1	M33899
Triticum aestivum	HSP16.9A	X13431
Triticum aestivum	HSP16.9B	X64618
Triticum aestivum	HSP16.9C	L 14444
Zea mays	HSP17.2	X65725
Class I1 Cytocolically localized proteins		
Arabidopsis thaliana	HSP17.6	X63443
Glycine max	HSP17.9	X07159
Ipomea nil (Pharbatis nil)	HSP18.8	M99430
Ipomea nil (Pharbatis nil)	HSP17.2	M99429
Lilium longiflorum	HSP17.6	D21816
Lilium longiflorum	HSP16.5	D21818
Pisum sativum	HSP17.7	M33901
Triticum aestivum	HSP17.3	X58279
Zea mays	HSP17.5	X54076
Zea mays	HSP17.8	X54075

(Waters et al .1996)

وعلاوة على ذلك فإن الـ sHsps لـ A- thaliana و Lycopersicon تنقسم إلى ثلاثة أنواع فرعية (Scharf et al, 2001. Siddique et al, 2003).

وشملت هذه الأفرع مايلي :

-فئة فرعية CI ممثلة ب 6 بروتينات في A. thaliana و 5 بروتينات في L. esculentum

-فئة CII ممثلة بجينين في كل نبتة

-فئة CIII ممثلة بجين واحد في كل نبتة

وأفادت دراسة حديثة (Siddique et al, 2008) إلى وجود مجموعات أخرى في السيتوبلازم لدى A. thaliana ويمكن أن تصنف إلى فئات فرعية وهي CIV, CV, CVI حيث كل فئة فرعية لها خصائصها المميزة ودورها.

وهناك 6 مجموعات من الجينات ترمز ل SHSP والتقسيم يستند إلى التشابه في التسلسل وموقع هذه البروتينات في الخلية ، كما توجد فئتان من البروتينات (الدرجة I والدرجة II) في السيتوبلازم مرمزة بمجموعتين من الجينات.

وهذه البروتينات لها مواقع أخرى في الصانعات الخضراء ، الشبكة الأندوبلازمية ، الميتوكندري والغشاء (Waters et al, 1996, Vierling, 1991) .

التعبير عن الجينات لهذه الـ SHSPS محدودة في غياب الإجهاد البيئي وتحدث في بعض المراحل من نمو النبات مثل المورثات الجنينية، الإنبات والتنمية من حبوب اللقاح ونضج الفاكهة (Sun et al , 2002) .

يتحكم في عملية نسخ هذه الجينات بروتينات تنظيمية تدعى عوامل نسخ بروتينات الإجهاد الحراري (HSFS) الواقع السيتوبلازم في حالة غير نشطة إذا تعتبر هذه العوامل كمنشطات إستنساخية للصدمة الحرارية (Clos et al,1990. Baniwal et al, 2004. Hu et al, 2009) .

حيث كل عامل له وظيفة كربوكسيلية طرفية (c -طرفية) والوظيفة الأمينية النهائية (N-النهائية) وكذلك اللوسين للأحماض الأمينية (Schuetz et al,1991) وتتميز النباتات بعدد كبير من عوامل الإستنساخ على الأقل 21 (Nover et Baniwal, 2006).

تم تصنيف هذه العوامل إلى فئات وفقا لإختلافات للبنية في تجميعات ثلاثية (Tripp et al, 2009) على النحو التالي:

-HSFAالنباتية مثل HSFA1 و HSFA2في exulentum L-

-HSFBالنباتية مثل HSFB1 في L-exulentum

-HSFCالنباتية

كل عامل له دور في الشبكة التنظيمية في النبات ومع ذلك تتعاون جميعها في تنظيم العديد من الوظائف والمراحل المختلفة للاستجابة للإجهاد الحراري دوريا (تحريك الصيانة والإنتعاش) ويظهر هذا الدور في الطماطم حيث أن HSFA1 هو المنظم الرئيسي المسؤول عن الإجهاد الناجم عن الجينات بما في ذلك تركيب HSFB1 وHSFA2 كما تم العثور على هذه العوامل بعد نظام المعالجة الحرارية حيث هناك عاملين مهمين يبينان تحمل النبات للحرارة (Baniwal et al ,2004).

وقد ناقش Mishra (2002) هذا الموضوع بالتفصيل ومن ثم بين أن هناك تحمل للإجهاد الحراري مكتسب (AT) هذه الظاهرة تم تأكيدها في دراسة على A-thaliana حيث أشارت إلى مشاركة HsfA2 في هذه الظاهرة (Charng et al, 2007) .

وعلاوة على ذلك HSFA2 نظم أخيرا تحت الفئة HSP17-CII خلال وضع العضو الذكري لتطوير إجهاد التحمل عند الطماطم في النمط الوراثي وكذلك التي يسببها كلا من ظروف الإجهاد الحراري الطويلة والقصيرة (Giorno et al, 2010) .

الدراسة والبنيات تشير إلى أن HSFA2 يمكن أن تشارك مباشرة في تفعيل آليات الحماية في العضو الذكري للطماطم خلال الإجهاد الحراري وقد تساهم ثمرة الطماطم في تعيين تحت درجات حرارة سلبية .

في دراسات الأحداث الجزيئية وهذا مهم للحصول على تحمل للإجهاد الحراري في A-thaliana والبقاء والنسخ وقورنت التشكيلات الجانبية بعد العلاجات الثلاثة وكان أول علاج للإجهاد شديد الحرارة (45C°)دون التأقلم والثاني زيادة تدريجية من 22C° إلى 45 C° مما يزيد عن 6 ساعات (أسلوب 1 للتأقلم) والعلاج الثالث وكان مدة 90 دقيقة في 38 C° وأكثر من 120 ثانية في 22C° قبل 45C° الأسلوب الآخر للتأقلم (Larkindale et Vierling, 2008) .

وأشارت نتائج هذه الدراسة إلى اختلافات كبيرة في إجمالي طيف تغيرات النسختين خلال المعالجتين وكانت هناك أيضا زيادة في إستنساخ جينات محددة في العمليات التي تتوقع أن تكون مطلوبة من أجل التحمل لهذا اللإجهاد (Thérmotoleronce) لحماية البروتين والترجمة والحد من الأكسدة .

من ناحية أخرى ذكرت الدراسة إنخفاض في مستنسخات (موت الخلايا المبرمجة أيض قاعدي،وإستجابات الإجهاد الحيوي وأخيرا أشارت الدراسة إلى تعريف 8 جينات متدخلة في التأقلم الحراري بما في ذلك Cytosolique,Axorbate وعامل الإستنساخ HSFA7و NF-x1 الجزيئي عن الطريق المؤدية إلى التعبير عن الجينات إلى تركيب بروتينات الصدمة الحرارية ويتكون من عدة آليات مثل ألية الإستشعار لدرجة الحرارة التي تتصل بها ألية إشارة إلى نقل HSFS حين يحدث تنشيط للتعبير الجيني عن طريق ربط عناصر الصدمة الحرارية في الADN .

HSE-(Schoffl et al, 1998. Larkindale et al, 2005)هي تسلسل نوعي يقع في منطقة الجين النشط في الـ AND .

HSE-عرفت كوحدة بديلة ويتطلب ربط الكفاءة على الأقل 3 وحدات

(Morimoto 1998. Scho-ffl et al, 1998).

في غياب عوامل الإجهاد فإن HSFS تتواجد في السيتوبلازم حرة كإشارة كما لا يوجد أي نشاط مع الحمض النووي ولكن عندما يبدأ الإجهاد تتجمع العوامل في ثلاثيات وتتراكم في النواة

(Sorger et Nelson, 1989) ربط HSFS بال ADN في شتلات الطماطم

Solanum Lycopersioum ،عزز بحمض ساليستليك التي لا تشجع نسخ ARNm أو التعبير عن HSFsمثلHSFa2 و HSFb1 ،وهذا يمكن أن يشير إلى أن حمض ساليستليك له دور في تحوير HSF في الربط (Snyman et Cronje, 2008) .

III.4. ظاهرة تخليق لـ Hsps في النباتات

قد تم إكتشاف بروتينات الصدمة الحرارية Hsps بتقنية خلوية في نبتة التبغ وكذا في فول الصويا بإستعمال تقنية خلوية الإستنبات parmett (1980) ،عندما تم إخضاع فول الصويا لدرجة حرارة 40^0 لأربعة ساعات ليظهر بعدها بروتينات جديدة لكنها إختفت بعد 3 ساعات تحت درجة حرارة تقدر بـ 28^0 (keyet al,1981).

دراسة ضغط المورثة الجينية ل Hps في نبتة الأرز *Oryza sativa* توضح أن الصدمة الحرارية لبروتين Hsp87 تظهر بعد ساعتين من حدوثها)من 28إلى (45 °C، حيث أن كميتها كانت عالية و مستقرة حتى بعد ضغط حراري مطول أربعة ساعات (عند العودة إلى الظروف العادية) حيث لاضغط ، وجد أيضا أن Hsp 90 و (Hsp85-87) يمكن أن يحدث أو يوجد عن طريق أصناف ضغط أخرى كالملوحة و الجفاف و البرد ، إن هذه الدراسة تظهر تراكم مستويات مختلفة من هاته البروتينات في 15 نوع من أنواع الأرز البري (pareek et al,1989) .

في هذا السياق تظهر دراسة أخرى أهمية Hsp90 وتحديد أوتعريف المورث الجنيني *rHsp90* , (GenBank Accession No. AB037681) ،الذي يمكنه تحويل البروتينات داخل نبتة الأرز كما يعطيها القدرة على إحتمال ضغوطات أخرى كالملوحة NaCi , NaHco3)و Na2Co3) تجفيف (polyethylene glycol, PEG) PHعالي (8 -11) ودرجة حرارة عالية 42^0 -50^0 (liu et al , 2006).

دراسات متعددة على أنواع أخرى من النباتات (singla et al , 1997) تظهر أن تركيب Hsps كميا وكيفيا مستقل على نوع النسيج الخلوي أو عن درجة الإختلاف و التباين و التطور .

كما تم مؤخرا في دراسة إظهار وجود العنصر السيتوبلازمي للبروتين (class1) في بذور الخضراوات البرية والتجارية (Hernadez et Vierling,1993) وهذا يدل على القدرة على تعبير المورثات الجنينية في الوسط البيئي .

في دراسة عملية لاحقة حول تعبير هذا الصنف داخل الأوراق و الأزهاروعلى البذور النامية عند *Medicago sativa* دلت النتائج على التكوين المتكررأومعاد لهذه البروتينات في الأزهار حتى داخل النباتات التي لم يتم التعبير عن هذه البروتينات في أوراقها (Hernadez et Vierling ,1993).

أثناء عملية التخزين لنبات الزان أو خشب الزان *Fagus sylvatica* .L لبروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة (sHSP) بكتلة جزيئية تقريبا 22 KD (kaimba pukcka ,2008) فإن المحتوى الأكبر من هذا البروتين لوحظ في البذور القديمة خصوصا في المحاور الجنينية أو الوراثية .

في موطن طبيعي بالقرب من مورد مائي ساخن حيث تتواجد نباتات أحادية و ثنائية الفلقة تنمو في التربة حيث الحرارة تزيد عن 40^0، ولتقييم دور HSps دورا مهما في تطوير نظام الجذور و السيقان كما كان أثر وجود SHSPمن سيتوبلازما (الصنف 1) لكنها لا تؤثر في نظام النمو .

من جهة أخرى تم إكتشاف 100HSp (hsp101) و كل من الأوراق و السيقان (stont et alni, 2002).

هناك بعض الدراسات حول وجود HSPSفي النباتات الخاضعة لعاملين أو أكثر من عوامل الضغط محاكاة لشروط البيئة الطبيعية .

في الحقل يكون الضغط الحراري مصحوبا عادة بأكثر من عامل ضغط واحد كالجفاف والري العالي ، الملوحة وعوامل أخرى .

واحدة من الدراسات كانت ممثلة في سقي و عدم سقي نباتات القطن *Gossypium hirsutum* L حيث أغلب إعدادات أو شروط النمو للنباتات غير المسقية خفضت (80%-85%) أظهرت الدراسة إنخفاض عملية التركيب الضوئي في حضيرتين للنباتات غير المسقية إلى 40^0 ، هذه الإختلافات حملت معها إختلاف في محتوى البروتين .

أوراق النباتات غير المسقية تحمل مستوى مستقر للبروتين و الذي يترنح وزنه بين 21، 37، 58، 60، 75، 89، 94، و 100 بعد مرور عدة أسابيع ولم يتم إكتشاف هاته البروتينات في أوراق النباتات المسقية و يتتبع هاته النتائج لأوراق نبات القطن ينمو في بيت بلاستيكي تحت درجة حرارة 40^0 و بإضافة حمض المثيونين و بعد 3ساعا ت ظهر نفس البروتينات و الخلاصة أن نبات القطن يجمع البروتين بالضغط الحراري تحت ظروف طبيعية تحت ضغط الجفاف و درجة حرارة 40^0 .

إن درجة الحرارة في النهار و الليل تؤثر على نمو النباتات ولإختبار ذلك :

من درجة حرارة 20/30إلى 40/50 في ثلاثة أنواع لنباتات صحراوية , *Agave deserti* *Carnegiea gigantean! Ferocactus acanthodes* ، حيث أجريت عليه تجربة (Kee et Nobel , 1986) حيث أثبت وجود إحتمال حراري (6 -8) بعد 10أيام جمعت هذه الأصناف للبروتينات مع تغيير في الوزن 25-27 KD عند درجة حرارة ($40\ C^0$- $50\ C^0$) بينما الأنواع الأخرى من Hsps تجمعت وفقا للأصناف أو الأجناس النباتية.

الكبح الضوئي عامل حاد في عملية التركيب الضوئي و في البيئة الطبيعية كثافة الضوء عالية جدا على الأقل في بعض المناطق بسبب الضوء تركيب أو إصطناع Hsps و بذالك يمكن تعويض الضرر الناجم

عن كثافة الضوء العالية هذه الإمكانية قورنت بين محتوى الأوراق ل Hspsتم تعريضها لضوء الشمس مباشرة و بين أوراق نبات *Solidago altissima* في العائلة المركبة في ظل أضهرت النتائج أن محتوى ل Hsps في الأوراق المعرضة لأشعة الشمس المباشرة و الضغط الحراري الطبيعي أكثر إيجابية ، كل من الضوء و الحرارة يؤثران في تراكم Hsps في التجارب المخبرية .

و في دراسة أخرى على نبات Retama raetam حيث تفاعل عوامل الضغط في منطقة جافة و قاحلة تحدث وجود عملية التركيب الضوئي يوميا (Merguiol et al, 2002).

الفترة الأولى تكون مابين 07:00–10:00 بينما الثانية تكون بين 15:00 و 17:00كما لوحظت نفس الفترة اليومية عند نبات صحراوي آخرProsopis chilensis خلال إنخفاض معدل (حد التركيب الضوئي) 11:00- 15:00 كان هناك تحفيز لناسخات الإنزيمات المساهمة في الدفاع (إزالة الوصائل للأكسدة) وتخليق بروتينات الصدمة.

الخلاصة : إن R. raetam يستعمل إستراتيجية الدفاع الفعال ضد الظروف القاهرة في الوسط الصحراوي .

إستجابة النباتات لعوامل الضغط تحكمها شبكة معقدة من الجينات ، وعلى ضوء قدرة المورثات الجنينية على تعديل الكائن الحي A.thaliana يبقى تأثير العديد من العوامل كالحرارة و البرد ، الجفاف ,الضوء ,الملوحة ، الرطوبة خلال هذه الدراسة حيث تزود أصناف من المورثات الجنينية بمورثات لا حيوية متظمنة نماذج التحليل و الإطلاع على حقيقة هذه المورثات بالإستجابة لـ UV-B تحت تأثير الجفاف و البرد .

توضح النتائج الأولية على ردة الفعل الناتجة على المؤثرات الخارجية المؤثرة على النباتات ، يمكن لهذه المورثات أن يكون لها الدور الحاسم في الإستجابة للضغوطات المختلفة بالإضافة للدور الهام و الرئيسي على كل أو جميع الإشارات أوالأخطاء المولدة من النسيج الحيوي المعرض للضغط .

إن تفاعل مختلف الضغوطات الحيوية واللاحيوية مع الضغط الحراري خضع للدراسة والتحليل حيث دلت التحاليل لإعتبار وجود Hsps وكذا Hsfs في النبات A.thaliale كانت مخالفة لقاعدة المعطيات (AtGenExpress)ونتائج التحاليل تدل على أن كل الضغوطات المتفاعلة إستجابة و تأثيرا للصدمات الحرارية للبروتينات و عواملها لكن درجة التفاعل كانت مختلفة ولكن تبقى محط بدل (ha et al.,2009)تم فحص التغير الجنيني الشامل الناجم عن الصدمات الحرارية تجاه شجيرة الأرز تم مقارنة النتائج الخاصة لتلك الشجيرة على المعطيات السابقة لشجرة الأرز الخاضعة لمؤثر البرد والجفاف والملوحة ، دلت النتائج على أن Hsps وHsfs يمكن أن تكون عناصر جد مهمة في جميع العمليات الحيوية .

عموما تنجم صياغة Hsps وعوامله Hsfsعن طرق الحرارة ، البرد ، الملوحة والضغوط الأسموزية .

إن الإستجابة لعوامل الضغط الأخرى يعتمد على صنف البروتين والنسيج الحيوي مثلا: تحت أنواع الضغط الكلي تستجيب الصيغة العالية لصنف Hsp20.

تم جرح جذور لنبتة محفزة (بعد 12ساعة) ظهرت صيغة العديد من المورثات من صنف Hsp20، Hsp70و Hsp100.

إستجابة عالية لصيغة المورثات ل Hsps وعوامله Hsfs لوحظ تحت ضغط uv-b للنسيج الحيوي الهوائي (الأغصان) خارج هذا النسيج (نظام الجذور) لايوجد صيغة المورثات .

هنالك بعض دلائل على وجود علاقة بين الإستجابة للضغط الحراري والإستجابة لضغط الأكسدة بالإضافة للضغوطات التي تحفز العديد من السبل المؤدية إلى التعبير عن بروتينات الصدمة الحرارية وتراكمها (dat et al., 1989 , lee et al., 2000) ، ومن جهة أخرى يحفز الضغط الحراري التعبير عن الإنزيمات المؤكسدة (gony et al.,1989) واحدة من هاته الإنزيمات الهامة هي اسكوربات بروكسيداز (Apx) الذي يستعمل الأسكوربات لإبطال مفعول البروكسيد الهيدروجيني السام (واحد من أصناف الأكسجين الفعال)

.وتم العثور على مماثلات مختلفة لهذا الإنزيم وجدت في سيتوبلازما خلية النبات و في بعض من عضياتها (panshuk et al.,2002) .

أثبت بعدها أن هنالك ترابط داخلي في الإشارات الخلوية لكلا الإجهادين الحراري والتأكسدي.

III.5. وظائف بروتينات الصدمة الحرارية

تحدد وظيفة أي بروتين بتشكيليته وقابليته للطي في هيكل ثلاثي الأبعاد(Levitt et al. 1997).

يتطلب تشكيل هيكل ثلاثي الأبعاد من 50% من مبدأ تسلسل الأحماض الأمينية

(Dobson et al., 1998)، وهنا يكمن دور HSPS في طي البروتينات الأخرى .

كما أشار Morimoto et Santoro (1998) أن HSPS يحمي الخلايا من الإصابة ويسهل عملية بقاءها على قيد الحياة ومن ناحية أخرى يساهم في عودتها إلى ظروف النمو الطبيعي

(Timperio et al., 2008) ، خصوصا عند حدوث الصدمة الحرارية فإن دور HSPS كمرافق جزئي يقع بدون شك.

وظيفتها في الإجهاد الغير حرارية قد تكون مختلفة الكشف عن البروتين ليس هو التأثير الرئيسي والحماية من الأضرار التي يمكن أن تحدث في طريقة بديلة إلى جانب ضمان الحفاظ على البنية الصحيحة للبروتين.

وقد اقترح الدور العام لـ HSPS بمثابة مرافقات جزيئية التي تنظم قابلية الطي وتراكم البروتينات فضلا عن تموقعها والتدهور عند جميع النباتات والكائنات الحية

(lzeLefert.2004; Panaretou et Zhai. 2008; Hu et al. 2009; Gupta.2010).

هذه البروتينات كمرافقات تمنع التراكم الغير رجعي لغيرها من البروتينات ،كما تعمل على مشاركة في عملية إعادة طي البروتينات خلال ظروف الإجهاد الحراري
(Trippet al., 2009)، تحتوي كل مجموعة من بروتينات (HSPS) على أليه وحيدة ودور محدد .

أ -بروتين SHSPs:

هذه البروتينات تمتلك مجال **α**– كريستالين الشائع الذي يحتوي على مخلفات من 80-106 من الأحماض الأمينية تقع في الموقع **c**-الطرفية (Seo et al., 2006) ، و من المهام المميزة لهذه الفئة هي تدهور البروتينات التي تكون قابلة للطي الغير مناسب.

البروتين الممثل هو (SHSP/U miquitin) الوزن الجزيئي 8.5 kD مع الإنزيمات المحددة (Ferguson et al., 1990) ، وهناك سمات أخرى تميز بين وظيفة SHSPS ووظائف الفئات الأخرى إذا وجد نشاط مستقل عن ال ATP (Miernyk., 1999) .

ومع ذلك فان هذه الورقة قدمت معلومات أكثر حول البنية والتصنيف ووظيفة الـ SHSPS فضلا عن نتائج نسخ الجينات في A.Thalina وأشارت هذه النتائج إلى مشاركة عوامل أخرى مثل منظمات نمو النبات و أنواع الأكسجين التفاعلية في معمل تحمل الحرارة.

الـ SHSP التي لا يمكن طيها هي البروتينات غير الأصلية لكن يمكن طيها جزيئا أو تشويه ركائز البروتين ومنع الكشف الغير الرجعي أو التجميع الخاطئ للبروتينات
(Sun et al 2002) .

وأظهرت النتائج والأبحاث الأخيرة لل SHSP18.1 المعزولة عن Pisum sativum فضلا عن ال SHSP16.6من *Synechocystis* sp .

PCC6803 تحت ظروف في المختبر تربط بين كشف البروتينات وتسمح لمزيد من الكشف عن طريق معقدHSP100 /HSP70 (Mogk et al., 2003).

وقد لوحظ أن هناك علاقة إيجابية نوعية بين تراكم الـ SHSPS في البلاستيد وتحمل الصدمة الحرارية من 28 °C إلى 40°C في 6 أنواع Anthophyta بما في ذلك أنواع
C3, C4, Monocot CAM و dicot ،أما في دراسة أخرى فتم الحصول على نتائج مماثلة بشكل منفصل مع أربعة أنواع غيرAnophyta (Downs et al., 1998).

دراسة أخرى (Downs and Heckathorn, 1998) أشارت إلى أن ال SHSP الميتوكوندريا تحمي NADDHالإرجاعية (مركب I) خلال الإجهاد الحراري عند فاكهة التفاح ل Pyrus puniule

-هذه المعلومة يمكن أن تشير إلى بعض الأدوار لهذه البروتينات في تكيف النباتات للإجهاد الحراري .

وهناك (Nakamoto and Vı´gh., 2007) رؤية أخيرة إستنتج أنه بعض الدلائل على أن بروتينات الصدمة الحرارية الصغيرة تلعب دورا هاما في نوعية الغشاء والتحكم فيه مما يساهم في الحفاظ على سلامة الغشاء وخاصة تحت ظروف الإجهاد.

ب .بروتين HSP60:

هذه الفئة تسمى في بعض المؤلفات كمرافقات ومن المتفق عليه عموما هو أنهم من أهم البروتينات المساعدة في البلاستيدات مثل Rubisco (Wang et al., 2004) وبعض الدراسات أشارت إلى أن هذه الفئة قد تشارك في طي وتجميع العديد من البروتينات التي تم نقلها إلى العضيات مثل :الصانعة والميتوكندري (Lubbenet al., 1989) .

هذه البروتينات HSPS60 تربط بين أنواع مختلفة من البروتينات بعد إنتهاء النسخ وقبل طيها لمنع هذا التجميع (Parsell and Lindquist, 1993)، وظيفيا مصنع مرافقات محدودة والفكرة العامة هي أن حمية المرافقين HSP60 و HSP70 هي المشاركة في تحقيق التكيف الوظيفي من البروتينات المستوردة حديثا إلى بلاستيدات الخضراء (Jackson-Constan et al., 2001) .

ج .بروتينHSP70 :

يوجد تقريبا عند كل الكائنات الحية يعمل HSP70 كمرافقات البروتينات المركبة حديثا لمنع تراكمها وطيها بطريقة سليمة أثناء نقلهم إلى مواقعها النهائية

(Sung et al., 2001; Su and Li, 2008).

وعلاوة عن ذلك HSP70 و SHSPSتعمل أساسا كمرافق جزيئي وتلعب دورا هاما في حماية خلايا النباتات من الأثارالضارة للإجهاد الحراري (Rouch et al., 2004) و HSP70و SHSPS17.6 قد تلعب دورا في Gossadaption إلى درجة حرارة الإجهاد الناتج عن حرارة التأقلم (HA) أو المعالجة لبرودة التأقلم (CA) في نبات العنب (Zhang et al., 2008).

كما أن SHSP18.1 لمنع تراكم البروتينات وأفادت دراسة ل P-Satiuon

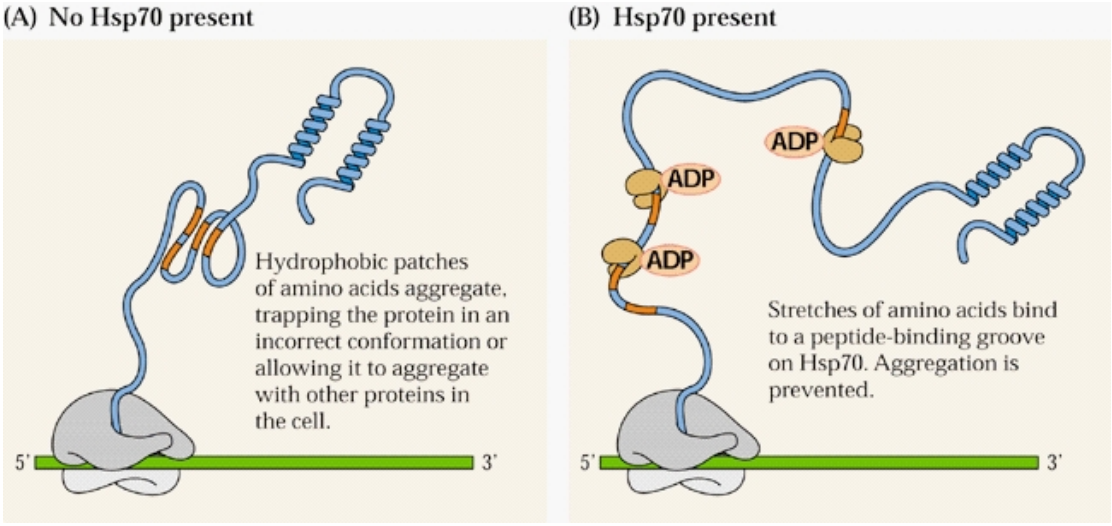
(Lee and Vierling, 2000) أن HSP70 تشارك أيضا كجزء من المركبات الموجهة للإستراد التي ترتبط بالبروتين precurson لتنقل من خلال الأغشية في العضيات مثل الصانعات الخضراء .

(Jackson-Constan et al., 2001; Soll, 2002)

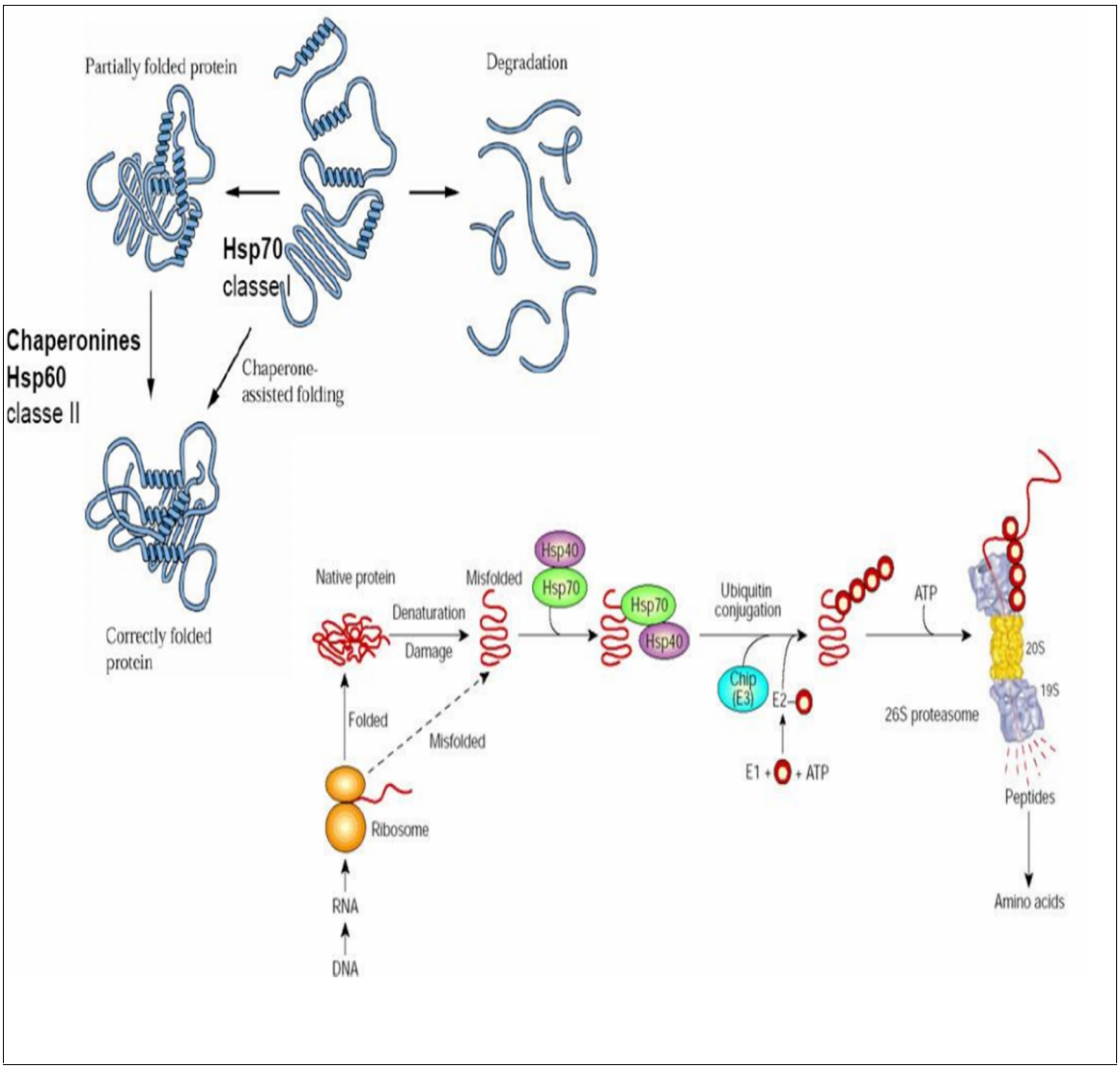
وهناك بعض ما يدل على أن HSP70 B وجدت في حشوة الصانعات تشارك في حماية الصور و إصلاح الـ (النظام الضوئي الثاني PSII) خلال وبعد ال Photo inhibition

(Schroda et al., 1999) وأجريت دراسة مؤخرا في A- Thaliana أشارت إلى ضرورة ال HSP70تكمن في حشوة الصانعات للتفريق بين إنبات البذور وإمكانية تحملها للحرارة

(Su and Li, 2008).



الوثيقة (09) الفرق في التركيب بين وجود Hsp70 وعدم وجود Hsp70 (Wang et al.;2004)



الوثيقة (10): تشكيل بروتين HPS60 و HPS70 (W. Sun et al , 2002).

د-Hsps90 :

هذه الفئة تشترك مع فئات أخرى يجري دور المرفقات الجزئية كال Hsps90 يمكن أن يربط HSP70 في العديد من المعقدات المرافقه ولها دور مهم في إنتشارات البروتينات الداله (Pratt troffiching and Toft, 2003).

تلعب هذه الفئة دورا مهما كأن تنظم الإشارات الخلوية مثل تنظيم نشاط مستقبلات (GR) (Pratt et al., 2004).

Hsps 90الهيولي المسؤول لمقاومة الممرضات بالتفاعل مع بروتين المقاوم R وهي مستقبلات إشارات من مسببات للمرض.

التفاعل بين بروتين Hsps90 وبروتينات المقاومة حرجه للغايه لأداء هذا الأخير كما هو موضح من خلال دراسة على Athaliana ونوعين من أنواع التبغ هي Nicotiano tabacen و *Nicotiana benthamiana* (Hubert et al., 2003; Liu et al 2004).

هذه الآلية تنظم من قبل مستقبلات الستيرويد عند الحيوانات (Schulze-Lefert., 2004) .

وقد أفادت Thao et al ,(2007) أن Hsps90 أهم عنصر في الإستجابة المناعية والمقاومة للممرضات في الأرز في A-thaliana كانت هناك بعض الدلائل على أن Hsps90 الهيولي سلبيا يعرف Hsfعند غياب الإجهاد الحراري ،لكن عند الإجهاد الحراري هذا الدور يتوقف مؤقتا عندما يكون Hsfنشط (Yamada et al., 2007) .

ه-Hsp100 :

وظيفة وحيدة في هذه الفئة هو إعادة تنشيط بروتين المجمع (Parsell and Lindquist, 1993)حسب resolubilizationمن بروتين الغير الوظيفي التجميعي والمساعد أيضا في الهدم والتلاشي الغير رجعي أيضا متعدد الببتيد (Bo¨ sl et al., 2006 ;Kim et al., 2007) من احد الاعضاء الستبلازمية لهده الفئة مهم لتعايش وتأقلم النبات مع الحرارة العالية لكن ليس مهم للإنبات والنمو في غياب الإجهاد (Queitschet al., 2000; Hong and Vierling, 2001)وظيفة الفئة تقتصر على التأقلم مع درجات الحرارة العالية لكن عضو معين من الأيسرة يوفر التدبير العائلي والمهام التي لاغنى عنها في تنمية البلاستيدات (Lee et al., 2006).

ويبدو أن هذه الفئة تساهم أيضا في تسهيل الوضع العادي للكائن بعد ضغط شديد (Gurley, 2000).

بصفة عامة Hsps الرئيسية التي يتم التعبير عنها بكميات كبيرة خلال الضغط أو الإجهاد بالمهام ذات الصلة كمحسنات المشاكل قابلة للطي غير مناسب والتجميع (Queitschet al., 2000) .

هناك عدد كبير من المراجعات Hspsوأهميته ومراجعة واحدة مكثفة

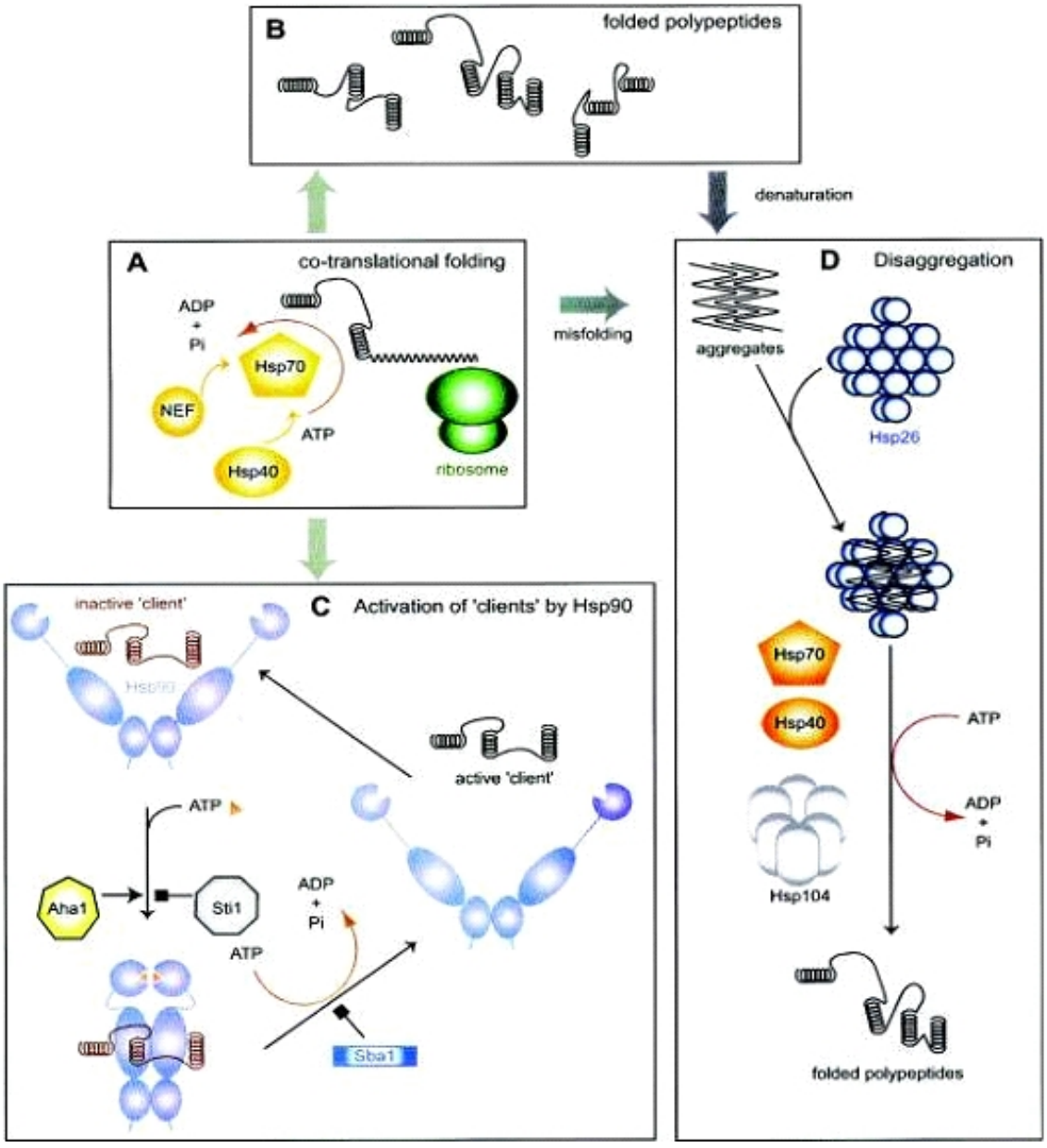
(Feder and Hofmann.,1999) حول فيزيولوجيتها و إيكولوجييتها وتطوريتها أدت إلى أن :

1-التعبير عن Hsps يمكن أن تحدث في البيئة الطبيعية.

2-الجينات Hsp توجد في جميع الانواع ولكن تختلف في patterns للتعبير.

3-التعبير Hsps يمكن أن تكون مرتبطة بمقاومة الإجهاد.

4-العتبة للأنواع Hsps ترتبط بقوة التوتر السائد في البيئة.



الوثيقة (11): ألية عمل مرافقات بروتينات الصدمة الحرارية في السيتوبلازم (Al-Whaibi, 2011)

A- طي بروتينات Hsp70 هو مرافق إستنساخي نيكليوتيدات تبادل العوامل NEFS و Hsp40 يسهل هذه العملية .

B- عند إكتمال عملية تركيب البروتين لمتماثلات Hsp70 تعزز الطي في مكونات الخلايا

C- بعض بروتينات متمثلة كحد كبير في الطي على رغم من عدم نشاط المحطة إلى مرافقات Hsp90 ، ATP تعتمد على الإجراءات المؤدية إلى تفعيل مواد بروتينية. قانون مرافقات الوظائف كمحولات بين الـ Hsp70 و Hsp90 مع مرافقات معينة مثبطات مثل :STi 1 أو المنبهات مثل :Aha1 من Hsp90 Atpase

D- Misfold والإجهاد الخلوي يؤدي إلى شذوذ في تشكلات البروتينات التي يمكن أن تؤدي إلى تجميع Hsp104 المحفزة لتفكيك العملية التي سيرتهاHSP70 وHSP2

6.III. ألية إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية

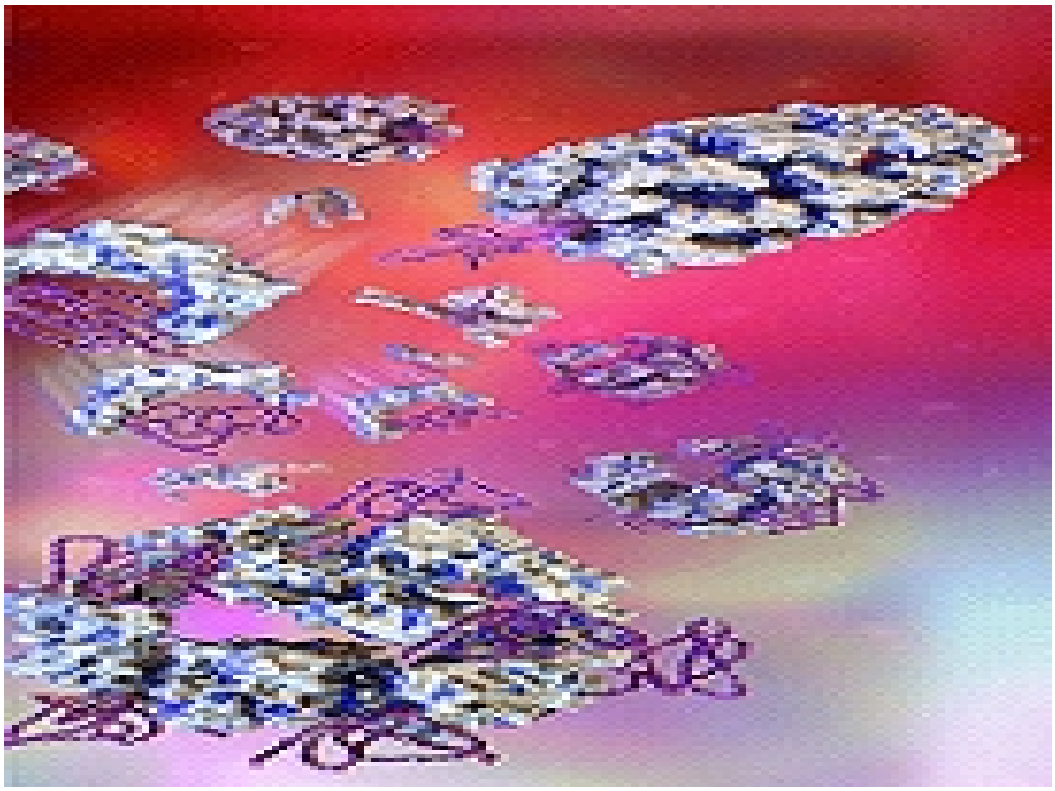
إن آلية إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية تتم بزيادة مستوى عامل سقما (Sigma factor) جراء وجود الإجهاد الذي يؤدي إلى الإرتباط بإنزيم RNA polymerase معقد إنزيمي هو Holoenzyme الذي ينشط عامل إستنساخ الصدمة الحرارية HSF-1 على الموقع المثار بعوامل ذاتية ومختلفة نتيجة للإستجابة والحث الحراري فيرتبط بعنصر الصدمة الحرارية HSF الموجود على موقع المورثة المحفزة لبروتينات الصدمة الحرارية مكونا معقد إرتباط هو HSF-HSF Complex الذي يحفز على الإستنساخ لنسخ جينات بروتينات الصدمة الحرارية mRNA heat shock genes الخاصة بإنتاج HSPS ،أما زيادة إنتاجه فيؤدي إلى فعل كابح لإنتاجها بواسطة التغذية العكسية (حامد حلمي ط.2011).

7.III. تأثير الإجهاد الحراري على البروتينات

هو الإجهاد الحراري الذي يؤثر سلبا في التوازن الحراري الخلوي الداخلي ويسبب هذا الإجهاد الحراري، لقد بين الباحثون بأن من أخطر العوامل البيئية ضررا على البناء الخلوي للكائن الحي) نبات أم حيوان (عدة معضلات منها:

- مسخ البروتينات بالحرارة وبالتالي فقدانها لفعاليتها ولحيويتها .
-منع إلتفاف البروتينات المتولدة حديثا وبالتالي فقدان دورها الحيوي.
-تمزق الأنابيب الدقيقة الناقلة مثل قنوات نقل الايونات (channels10) .
-التكتل والتجمع بفعل الإجهاد في مواقع تصنيعها وعدم وصولها إلى مواقع عملها.
-توقف النظام المناعي لعدم إمكانية إنتاج وتصنيع البروتينات المناعية.
-توقف النقل الخلوي الداخلي (Intraceuular Transport) .
-الموت بسبب الصدمة الحرارية نتيجة إنهيار النظام الحيوي بفعل الإجهاد الحراري .

(حامد حلمي ط.2011)



الوثيقة (12): تأثير الإجهاد الحراري على البروتينات (حامد حلمي ط.2011).

خاتمة

لقد تم في هذا البحث دراسة مقارنة جزيئية لتأثير الإجهاد الحراري على النبات .

تعرفنا في هذا العمل على ظاهرة الإجهاد وأنواعه المختلفة والأسباب التي توقع النبات تحت ما يسمى بالجهد أو الضغط البيئي .

كما تعرفنا من خلال هذه الدراسة على الإجهاد الحراري و أنواعه التي تتمثل في إجهاد الحرارة المرتفعة وتأثيره وأعراضه وأضراره الناجمة عنه على النبات و إجهاد الحرارة المنخفضة وتأثيره وأعراضه وأضراره على مختلف النباتات المجهدة حراريا .

وتطرقنا إلى قدرة النبات على النمو وإعطاء مردود مقبول أثناء تعرضه لإجهاد الحراري وهذا ما يسمى بالتأقلم والمقاومة حيث يتم هذا التأقلم من خلال الصفات المرفولوجية والفينولوجية والفيزيولوجية والبيوكيميائية التي يتبعها و يتأخذها النبات لتحمل الإجهاد الحراري .

أيضا تعرفنا على علاقة الحرارة أو الإجهاد الحراري بالبروتينات حيث أن عند تعرض النبات لدرجات حرارة مرتفعة يؤدي إلى نقص في بناء البروتينات الطبيعية لتغير في عملتي النسخ والترجمة مما يؤدي إلى تكوين بروتينات جديدة وهي بروتينات الصدمة الحرارية وتعرفنا على أنواع بروتينات الصدمة الحرارية وأدوارها وآلية إنتاجها وكيف تعمل على تحمل النبات للإجهاد الحراري .

وبما أن منطقتنا تعتبر ذات مناخ حار يجب أن نعمل على انتخاب سلالات مقاومة للإجهاد وهذا على أساس مؤشر الإجهاد الحراري وأيضا أن يتحول هذا العمل من نظري إلى تطبيقي وهذا للحصول على إنتاجية مقبولة في الظروف البيئية والمناخية القاسية وفي المناطق التي تتعرض للإجهادات الدورية المعروفة .

المراجع

1) Abbassenne, F. (1998). Etude génétique de la duréc des phases de développement et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (Triticum durum Desf). these magister, INA Alger, 81 pages.
2) Acevedo, E., Craufurd, P.Q., Austin, R.D., Perez Marco, P. (1991). Traits associated with high grain yield in barley in low yielding environments, J. Agric. Sci. Camb., 116:23-36.
3) Ackerson, R.C. (1981). Osmoregulation in cotton in response to water stress. II. Leaf carbohydrate status in relation to osmotic adjustement. Plant Physiol, 67: 489-493.
4) after photoinhibition. Plant Cell 11, 11165–11178.
5) Alimadi, N. (1993). Variabiité génétique et hérédité des mécanismes de tolerance a la sécheresse chez le riz (Oryza sativa L.). I. Développernent du système racinaire. L 'Agron. Trap, 38: 110-117.
6) Allaway, W.G., Mansfield, T.A. (1970). Experiments and observations on after-effect of wilting in stomata of Rumex sanguineus. Can. J. Bot, 48: 513-523.
7) Al-Whaibi, M.H. Plant heat-shock proteins: A mini review. Journal of King Saud University (Science) (2010), doi:10.1016/j.jksus.2010.06.022
8) Araus, JL., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H., Nachit, M.M. (1998). Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crop Research, 55: 209-223.
9) Bajji, M., Lutts, S., Kinet, J.M. (2001). Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (Triticum durum Desf.) cultivars performing differently in and conditions. Plant Sc., 160: 669-681
10) Ben Salem, M., Vieira Da Silva, J.B. (1990). Mécanismes physiologiques de résistance a la sécheresse et creation variétale. Rapport d'activité numéro 1 MAIDGFRAIINRAT, Tunisie, 23 p.

11) Bethassen, E., This, D., Monneveux P. (1995). L'adaptation génétiquc face aux contraintes de sécheresse. Cahier d'Agriculture, 1: 251-261

12) Bharti, K., Nover, L., 2002. Heat stress-induced signaling. In: Scheel,

13) Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. Boca Raton 4:CRC Press Florida, USA, 223 pp.

14) Bo¨ sl, B., Grimminger, V., Walter, S., 2006. The molecular chaperone

15) Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Benkharbache, N., Hassous, K.L. (2002). Contribution des nouvelles obtentions a l'amélioration et a la stabilité du rendement d'orge (Hordeum

16) Ceccarelli, S. (1987). Tolerance to climate stresses. Barley GeneticVs. Proceed. 5th Intern. Barley Genetics Symposium, Okyama, pp. 689-702.

17) Ceccarelli, S. (1987). Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley 'in contrasting environ- ments. Euphytica, 36: 265-273.

18) Chaker, A., Brinis, L. (2004). Effet de deux niveaux de choc thermique sur deux parametres physiologiques du blé dur (Triticum durum Desf). Ce're'aliculture, 42: 21-28.

19) Charng, Y.Y., Liu, H.C., Liu, N.Y., Chi, W.T., Wang, C.N., Chang,

20) Clarke, J.M., McGaig, T.N. (1982). Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Can. J. Plant Sci., 62: 571-578.

21) D., Wasternack, C. (Eds.), Plant Signal Transduction: Frontiers in

22) Dedio, W., (1975). Water relations in wheat leaves, as screening tests for drought resistance. Can. J Plant Sci, 55: 369 - 378.

23) Diehl, R. (1975). Agriculture générale. Encyclopédie agricole. Edition J.-B. Baillère, Paris, 2ème edition, 396p.

24) Dobson, C.M., Sali, A., Karplus, M., 1998. Protein folding: a perspective from theory and experiment. Angew Chem. Int. Ed. 37, 868–893.

25) Downs, C.A., Heckathorn, S.A., 1998. The mitochondrial small heathoc protein protects NADH:ubiquinone oxidoreductase of the electron transport chain during heat stress in plants. Febs Lett. 430, 246–250.

26) Eckhart, N.A. (2002). Abscisic acid biosynthesis gene underscores the complexity of sugar stress and hormone interaction. Plant Cell, 14: 2645-2649.

27) El Jaafari, S., Le Poivre, Ph., Sernal, J. (1995). Implication de Pacide abscissique dans la résistance du blé a la sécheresse. ED. Aupif-Uref. John Libbey Eurotext. Paris, 141-148.

28) expression of HsfA2 and small heat shock proteins in tomato anthers. J. Exp. Bot. 61, 453–462

29) Feder, M.E., 2006. Integrative biology of stress: molecular actors, the ecological theater, and the evolutionary play. International Symposium on Environmental Factors, Cellular Stress and Evolution, Varanasi, India, October 13–15, 2006, p. 21.

30) Ferguson, D.L., Guikema, J.A., Paulsen, G.M., 1990. Ubiquitin pool modulation and protein degradation in wheat roots during high temperature stress. Plant Physiol. 92, 740–746.

31) Fischer, R.A. (1985a). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. JAgri Sci, 105: 447-461.

32) Giorno, F., Wolters-Arts, M., Grillo, S., Scharf, K., Vriezen, W.H. Mariani, C., 2010. Developmental and heat stress-regulated

33) Grignac, P. (1965). Contribution a l'étude de (Triticum durum Desf) These Doctorat, Ensa Toulouse. 160 pages.

34) Gurley, W.B., 2000. HSP101: a key component for the acquisition of thermotolerance in plants. Plant Cell 12, 457–460.

35) Hadjichristodoulou, A. (1985). Stability of Performance of Cereals in Low- Rain fall Areas as Related to Adaptive Traits. Drought Tolerance in Winter Cereals Proceedings of an International Workshop, 27-31 October 1985, Capri, Italy, 191-199.

36) Hanson, PR., Riggs, TJ., Klose, SJ., Austin, RB. (1985). High biomass genotypes in spring barley. JAgric Sci Cambm, 105: 73-8.

37) Hauchinal, R.R., Tandon, J.P., Salimath, P.M. (1993). Valorisation and adaptation of wheat varieties to heat tolerance in peninsular India. In: Saunders, D.A. and G.P. Hettel EDS, Wheat in heat stressed environments, irrigated, dry areas and rice-wheat fanning systems, mexico, D.F., Cimmyt, 175-183.

38) Helm, K.W., Lafayete, P.R., Nago, R.T., Key, J.L., Vierling, E., 1993. Localization of small heat shock proteins to the higher plant endomembrane system. Mol. Cell. Biol. 13, 238–247.

39) Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. Annu Rev. Plant Physiol, 24: 519-570.

40) Hsiao, T.C., Acevedo, E. (1974). Plants responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric. Meteorol, 14: 59-84.

41) Hsp104 – a molecular machine for protein disaggregation. J. Struct. Biol. 156, 139–148.

42) Hubert, D.A., Tornero, P., Belkhadir, Y., Krishna, P., Takahashi, A., Shirasu, K., Dangl, J.L., 2003. Cytosolic HSP90 associates with and modulates the ARABIDOPSIS RPM1 disease resistance protein. EMBO J. 22, 5679–5689.

43) Hurd, E.A., (1974). Phenotype and drought tolerance in wheat. Agric Meterol, 19: 39-55.

44) Jackson-Constan, D., Akita, M., Keegstra, K., 2001. Molecular chaperones involved in chloroplast protein import. Biochim. Biophys. Acta 1541, 102–113.

45) Johnson, R.C., Nguyen, H.T., Croy, L.I. (1984). Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci., 24: 957- 962.

46) Kim, H.J., Hwang, N.R., Lee, K.J., 2007. Heat shock responses for understanding diseases of protein denaturation. Mol. Cells. 23, 123–131.

47) Kim, K.K., Yakota, H., Santoso, S., Lerner, D., Kim, R., Kim, S.H., 1998. Purification, crystallization and preliminary X-ray crystallographic data analysis of a small heat shock protein homolog from *Methanococcus jannaschii*, a hyperthermophile. J. Struct. Biol. 121,76–80.

48) Larkindale, J., Vierling, E., 2008. Core genome responses involved in acclimation to high temperature. Plant Physiol. 146, 748–761.

49) Lee, G.J., Vierling, E., 2000. A small heat shock protein cooperates with heat shock protein 70 systems to reactivate a heat-denatured protein. Plant Physiol. 122, 189–197.

50) Lee, U., Rioflorido, I., Hong, S.W., Larkindale, J., Waters, E.R., Vierling, E., 2006. The *Arabidopsis* ClpB/ Hsp100 family of proteins: chaperones for stress and chloroplast development. Plant J. 49, 115–127.

51) Levitt, M., Gerstein, M., Huang, E., Subbiah, S., Tsai, J., 1997 Protein folding: the endgame. Annu. Rev. Biochem. 66, 549–579.

52) Liu, Y., Burch-Smith, T., Schiff, M., Feng, S., Dinesh-Kumar, S.P., 2004. Molecular chaperone hsp90 associates with resistance protein n and its signaling proteins SGT1 and Rar1 to modulate an innate immune response in plants. J. Biol. Chem. 279, 2101–2108.

53) Lubben, T.H., Donaldson, G.K., Viitanen, P.V., Gatenby, A.A., 1989. Severa1 proteins imported into chloroplasts form stable complexes with the GroEL-related chloroplast molecular chaperone. Plant Cell 1, 1223–1230.

54) Miernyk, J.A., 1999. Protein folding in the plant cell. Plant Physiol. 121, 695–703.

55) Mirza Hasanu zzaman,Kamun N ahar ,Md .Mahabub , Alam , Rajub Roychowdhury et Masayuki Fujita Int .J.Mol sci 2013, 14.9643-9684.

56) Mishra, S.K., Tripp, J., Winkelhaus, S., Tschiersch, B., Theres, K., Nover, L., Scharf, K.D., 2002. In the complex family of heat stress transcription factors, HsfA1 has a unique role as master regulator of thermotolerance in tomato. Gene Dev. 16, 1555–1567.

57) Mogk, A., Schlieker, C., Friedrich, K.L., Scho¨ nfeld, H.J., Vierling, E., Bukau, B., 2003. Refolding of substrates bound to small Hsps relies on a disaggregation reaction mediated most efficiently by ClpB/DnaK. J. Biol. Chem. 278, 31033–31042.

58) Molecular Biology. Oxford University Press, Oxford, UK., pp. 74–115.

59) Morimoto, R.I., 1993. Cells in stress: THE transcriptional activation of heat shock genes. Science 259, 1409–1410.

60) Nachit, M.M., Jarrah, M. (1986). Association of some morphological characters to grain yield in durum wheat under Mediteranian dryland conditions. Rachis, 5:25-35.

61) Nakamoto, H., Vı´gh, L., 2007. The small heat shock proteins and their clients. Cell Mol. Life Sci. 64, 294–306.

62) Ober, ES., Sharp, RE. (1994). Proline accumulation in maize (Zea mays L.) primary roots at low water potentials. I. Requirement for increased levels of ABA. Plant Physiology, 105: 981-987.

63) Palfi, G., Bito, M., Palfi, Z. (1973). Water deficit and free proline in plant tissues. Fiziol. Rast. 20: 233-238.

64) Palfi, G., Bito, M., Palfi, Z. (1973). Water deficit and free proline in plant tissues. Fiziol. Rast. 20: 233-238.

65) Panaretou, B., Zhai, C., 2008. The heat shock proteins: their roles as multi-component machines for protein folding. Fungal biol. rev. 22, 110–119.

66) Papadakbis, J.S. (1938). Ecologic agricole. Gembloux and Paris., 312 pp.

67) Papadakbis, J.S. (1938). Ecologic agricole. Gembloux and Paris., 312 pp.

68) Parsell, P.A., Lindquist, S., 1993. The function of heat-shock proteins in stress tolerance. degradation and reactivation of damaged proteins. Annu. Rev. Genet. 27, 437–496.

69) Passioura, J.B. (2002); EnviromTnental biology and crop improvement. Functional Plant Biology, 29: 537- 546.

70) Passioura, J.B. (2002); EnviromTnental biology and crop improvement. Functional Plant Biology, 29: 537- 546.

71) Pourrat, Y. (1974). Propriétés écophysiologiques associées a ladaptation d'Artemisia herbaalba, plante d'intérêt pastoral, au milieu désertique. These. 3 e cycle, Univ., Paris VI, 129 p.

72) Pratt, W.B., Galigniana, M.D., Harrell, J.M., Deranco, D.B., 2004 Role of hsp90 and the hsp90-binding immunophilins in signaling protein movement. Cell Signal. 16, 857–872.

73) Pratt, W.B., Toft, D.O., 2003. Regulation of signaling protein function and trafficking by the hsp90/hsp70-based chaperone machinery. Exp. Biol. Med. 228, 111–133.

74) Queitsch, C., Hong, S.W., Vierling, E., Lindquist, S., 2000. Heat shock protein 101 plays a crucial role in thermotolerance in *Arabidopsis*. Plant Cell. 12, 479–492.

75) RAR1 and HSP90 form a complex with Rac/Rop GTPase and function2 in innate-immune responses in rice. Plant Cell 19, 4035– 4045.

76) Rawson, H.M. (1988). Effect of high temperatures on the development and yield of wheat and practices to reduce deleterious effects. p. 44- 62. In: A.R. Klatt (ed.). Wheat Production Constraints in Tropical Environments. Mexico, D.F.: CIMMYT.

77) Rayapati, P.J., Stewart, C.R (1991). Solubilization of a praline dehydrogenase from maize (Zea mays L.) mitochondria. Plant Physiology, 95: 787-791.

78) Responses to Cold, Drought, Heat and Salt Stress in Higher Plants. R.G. Landes Co., Austin, Texas, pp. 81–98.

79) Reynolds, M.P. (1993). High temperature effect on the development and yield of wheat and practices to reduce deleterious effect. In Conf, On wheat production constraints in tropical environment, Eds Klatt, UNDP-Cimmyt, 44-62.

80) Richards, R.A., Rebtzke, G.J., Van Herwaardlen, A.F., Dugganb, B.L., Condon, A.G. (1997). Improving yield in rainfed environments through physiological plant breeding. Dry land Agriculture, 36: 254-266.

81) Ritossa, F., 1962. A new puffing pattern induced by heat shock and DNP in *Drosophila*. Experientia 18, 571–573.

82) Rouch, J.M., Bingham, S.E., Sommerfeld, M.R., 2004. Protein expression during heat stress in thermo-intolerance and thermotolerance diatoms. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 306, 231–243.

83) S.H., Wang, T.T., 2007. A heat-inducible transcription factor, HsfA2, is required for extension of acquired thermotolerance in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 143, 251–262.

84) Saadalla, M.M., Alderfasi, A.A. (2000). Infrared-thermal sensing as a screening criterion for drought tolerance in wheat. Annals of Agricultural Science Cairo, 45: 421-437.

85) Savitskaya, N.N. (1967). Problem of accumulation of free proline in barley plant under conditions of soil water deficiency. Fiziol Rast, 14: 737-739.

86) Scharf, K.D., Siddique, M., Vierling, E., 2001. The expanding family of *Arabidopsis* thaliana small heat stress proteins and a new family of proteins containing alpha-crystalline domains (Acd proteins). Cell Stress Chaperon 6, 225–237.

87) Scho¨ ffl, F., Pra¨ ndl, R., Reindl, A., 1999. Molecular responses to heat stress. In: Shinozaki, K., Yamaguchi-Shinozaki, K. (Eds.), Molecular

88) Schroda, M., Vallon, V., Wollman, F., Beck, C.F., 1999. A chloroplast-targeted heat shock protein 70 (HSP70) contributes to the photoprotection and repair of photosystem II during and

89) Schuetz, T.J., Gallo, G.J., Sheldon, L., Tempst, P., Kingston, R.E., 1991. Isolation of a cDNA for HSF2: evidence for two heat shock factor genes in humans. P Natl. ACAD. Sci. USA 88, 6911–6915.

90) Schulze-Lefert, P., 2004. Plant immunity: the origami of receptor activation. Curr. Biol. 14, R22–R24.

91) Seo, J.S., Lee, Y.M., Park, H.G., Lee, J.S., 2006. The inter tidalcopepod *Tigriopus japonicus* small heat shock protein 20 gene (Hsp20) enhances thermotolerance of transformed *Escherichia coli*. Biochem. Bioph. Res. Co. 340, 901–908.

92) Shanahan, J.F., Edwards, I.B., Quick, J.S., Fenwick, J.R. (1990). Membrane thermo stability and heat tolerance of spring wheat. Crop Sci., 30: 247-251

93) Sharma, R.C., Smith, E.L. (1986). Selection for high and low harvest index in winter wheat populations. Crop Sci, 26: 1147-1150.

94) Siddique, M., Port, M., Tripp, J., Weber, C., Zielinski, D., Calligaris, R., Winkelhaus, S., Scharf, K.D., 2003. Tomato heat stress protein Hsp16.1-CIII represents a member of a new class of nucleocytoplasmic small heat stress proteins in plants. Cell Stress Chaperon 8, 381–394.

95) Snyman, M., Cronje, M.J., 2008. Modulation of heat shock factors accompanies salicylic acid-mediated potentiation of Hsp70 in tomato seedlings. J. Exp. Bot. 59, 2125–2132.

96) Soll, J., 2002. Protein import into chloroplasts. Curr. Opin. Plant Biol. 5, 529–535.

97) Sorger, P.K., Nelson, H.C.M., 1989. Trimerization of a yeast transcriptional activator via a coiled-coil motif. Cell 59, 807–813.

98) Su, P.-H., Li, H.-m., 2008. *Arabidopsis* stromal 70-kD heat shock proteins are essential for plant development and important for thermotolerance of germinating seeds. Plant Physiol. 146, 1231– 1241.

99) Sullivan, C.Y. (1972). Mechanism of heat and drought resistance 'in grain sorghum and methods of measurement. In: Sorghum in the Seventies. (Eds.): N.G.P. Rao and L.R. House. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.

100) Sullivan, C.Y., Ross, W.M. (1979). Selecting for drought and heat resistance in grain sorghum. Dans : Stress Physiology in Crop Plants, Musseil, H. et Staples, R.C. (éds). Wiley Intersciences, New York, pp. 236-281.

101) Sun, W., Motangu, M.V., Verbruggen, N., 2002. Small heat shock proteins and stress tolerance in plants. Biochim. Biophys. Acta 1577, 1–9.

102) Sung, D.Y., Kaplan, F., Guy, C.L., 2001. Plant Hsp70 molecular chaperones: protein structure, gene family, expression and function. Physiol. Plantarum 113, 443–451.

103) Swindell, W.R., Huebner, M., Weber, A.P., 2007. Transcriptional profiling of *Arabidopsis* heat shock proteins and transcription factors reveals extensive overlap between heat and non-heat stress response pathways. BMC Genomics 8, 125, <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/8/125>.

104) Thao, N.P., Chen, L., Nakashima, A., Hara, S., Umemura, K., Takahashi, A., Shirasu, K., Kawasaki, T., Shimamoto, K., 2007.

105) Tissieres, A., Mitchell, H.K., Tracy, U.M., 1974. Protein synthesis in salivary glands of *D. Melanogaster*. Relation to chromosome puffs. J. Mol. Biol. 84, 389–398.

106) Trent, J.D., 1996. A review of acquired thermotolerance, heat-shock proteins and molecular chaperones in Archaea. Fems Microbiol. Rev. 18, 249–258.

107) Tripp, J., Mishra, S.K., Scharf, K.-D., 2009. Functional dissection of the cytosolic chaperone network in tomato mesophyll protoplasts. Plant Cell Environ. 32, 123–133.

108) Turk, K.J., Hall, A.E., Asbell, C.W. (1980). Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on yield. Agron. J., 72: 413-420.

109) Turner, J.E., Begg, J.E. (1978). Responses of pasture plants to water deficits. In : Wilson J.R. (éd.) : Plants Relations in Pastures. CSIRO, Melbourne, pp. 50 66.

110) Tyankova, L.A. (1967). Effects of I.A.A. and 2,4-D on free and bound amino acids in wheat plant recovering after brief drought treatments. Field Crop Alstr, 153: 3-11

111) Vierling, E., 1991. The role of heat shock proteins in plants. Annu Rev. Plant Phys. 42, 579–620.

112) Vierling, E., 1991. The role of heat shock proteins in plants. Annu Rev. Plant Phys. 42, 579–620. Waters, E.R., Lee, G.J., Vierling, E., 1996. Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. J. Exp. Bot. 47,325–338.

113) vulgare L.) en zone semi-aride d'altitude. Revue Recherche Agronomique de 17NRAA, 10: 45-58.

114) Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O., Altman, A., 2004. Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. Trends Plant Sci. 9, 244–252.

115) Wardlaw, J.F., Moncor, L. (1995). The response of wheat to high temperature following anthesis. I: the rate and duration of grain filling. Aust J., Plant Physiol, 22: 391-397.

116) Waters, E.R., Lee, G.J., Vierling, E., 1996. Evolution, structure and function of the small heat shock proteins in plants. J. Exp. Bot. 47, 325–338.

117) Yamada, K., Fukao, Y., Hayashi, M., Fukazawa, M., Suzuki, I. Nishimura, M., 2007. Cytosolic HSP90 Regulates the Heat Shock Response That Is Responsible for Heat Acclimation in *Arabidopsis thaliana*. J. Biol. Chem. 282, 37794–37804.

118) Yamaguchi-Shinozaki, K., Kasuga, M., Liu, Q., Nakashima, K., Sakuma, Y., Abe, H., Shinwari, Z. K., Seki, M., Shinozaki, K. (2002). Biological mechanisms of drought stress response. JIRCAS Working Report 2002.

119) Ykhlef, N., Djekoun, A. (2000). Adaptation photosynthétique et résistance a la sécheresse chez le blé dur (Triticum turgidurn L. var. durum): Analyse de la variabilité génotypique. Options Méditerranéennes, 40: 327-330.

120) Zhang, J.-H., Wang, L.-J., Pan, Q.-H., Wang, Y.-Z., Zhan, J.-C., Huang, W.-D., 2008. Accumulation and subcellular localization of heat shock proteins in young grape leaves during cross-adaptation to temperature stresses. Scientia Horticulturae 117, 231–240.

قائمة المراجع العربية

- عولمي ع (2010) , المساهمة لدراسة تباين المحتوى المائي النسبي , درجة حرارة الغطاء النباتي , والبنية الورقية للجيل الثالث F3 عند القمح الصلب ,مذكرة ماجستير بيولوجيا وفيزيولوجيا النبات , ص 13-56 .

- دكتور محب طه ص (2010) , أستاذ فسيولوجيا النبات ,كلية الزراعة - جامعة المنصورة , ص 24-36 .

- حامد حلمي ط (2011), محاضرة علمية.

- بدون اسم (2010)،كتاب البيئة والنبات 36-52.

المخلص:

الهدف من هذه الحوصلة المرجعية و الدراسة النظرية تقييم مدى مقاومة النباتات للإجهاد الحراري من الناحية الجزيئية ,وأيضا التغيرات المرفولوجية والفينولوجية التي تحدث للنبات من أجل مقاومة الإجهاد الحراري وأيضا التقييم الانتخابي على أساس مؤشر المقاومة للإجهاد الحراري وتأثيرات الانتخاب على الصفات الغير منتخبة وكفاءة المردود الحبي للأنواع المنتخبة .

و خلصت هذه الدراسة ان نباتات ذات مقاومة كبيرة للإجهاد وهناك نباتات أخرى ذات مقاومة ضعيفة وهذا راجع إلى القاعدة الوراثية لكل نبات أي كمية إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية التي يحفز إنتاجها من خلال ارتفاع درجة الحرارة وهذا بسبب تعطل في الإنتاج الطبيعي للبروتينات .

ومن أجل تحسين المردود والمقاومة للإجهاد اللاحيوية يستوجب إما إستعمال الإنتخاب المتعاقب وإما إستعمال المؤشر الذي يدمج بين الصفات والمقاومة والكفاءة

الكلمات المفتاحية : الاجهاد ، الاجهاد الحراري ، بروتينات الصدمة الحرارية

Résumé

L'objectif de ce résumé référencié et l'étude théorique est de montrer la résistance des plantes contre stress thermique du coté élémentaire , puis les échanges morphologiques et physiologiques résultantes sur les plantes pour arriver a résisté cette stress , en plus montrer les choix des espèces par sélection par rapport a l'indice **HSI**

En fin de cette étude on marque qu'il y a des plantes ont de résistance for a la stress faible a cause de base génétique de chaque plante ca veut dire que la température pause la plantes de produise HSP conséquente par bloquer de production naturel de protéines

Pour améliorer le rendement et la résistance des stress abiotique i faut utilisé la sélection successif et l'indice de **HSI**

Mots clé : stress , stress thermique , heat chock protein (hsi)