

### المحاضرة (1)

يستشعر النبات

الاجهاد المائي:

تكثر هذه النباتات في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية حيث الرطوبة قليلة والجفاف ظاهرة طبيعية ،الأمر الذي ينعكس في شكل النبات وبنيتها وتقسم النباتات الجفافية إلى مجموعتين كبيرتين:

1. النباتات الجفافية العصرية Succulents وتتميز بادخارها للماء في أنسجة خاصة وتكون نسبة الماء فيها مرتفعة وتصل إلى 90-95% من وزنها الرطب .

2. النباتات الجفافية الجلدية (القاسية) Sclerophytes ) وهي ال تدخر الماء في أنسجتها وتكون نسبة الماء فيها منخفضة حتى في الفترة الرطبة من السنة

التحولات الداخلية في النباتات الصحراوية تأخذ أحد شكلين رئيين :

1. تحورات لتخزين الماء وتوصف النباتات في هذه الحالة بأنها طرية

2. -تحورات من أجل اكتساب الصالبة البنوية مع إمكانية مقاومة الانكسار والتمزق عند الجفاف ويصف النبات بأنه صلب.

يمكن تلخيص تحورات الصفات المرفولوجية في النبات للتأقلم مع ظروف البيئة الجافة كما يلي:

أ- تحورات الاوراق: اكثر الاعضاء النباتية تأثيرا بالإجهاد المائي (الجفاف) .

1. قلة مساحة نصل الورقة وذلك بهدف تقليل مساحة السطح المعرض للهواء الجوي مما يقلل من النتح فقد تتحول الوراق إلى حراضيف كما في نبات الكازوريينا Casuarina أو إلى أشواك كما في التين الشوكي أو تصبح أبرية كما في الصنوبر أو يغيب النصل وتصبح الورقة أثرية كما في أنواع الأكاسيا وبالتالي تقوم الساق والعنق بعملية البناء الضوئي في هذه الحالة.

2. زيادة سمك العرق الوسطي كما في الدفلة والعشار

3. قد تكون البشرة متعددة الطبقات كما في الدفلة .

4. زيادة معدل تساقط الاوراق لتقليل النتح.

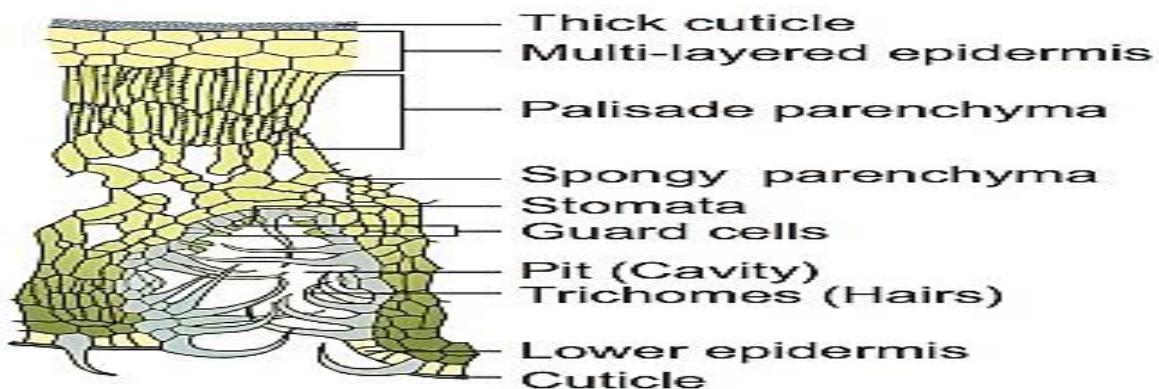
5. التفاف الاوراق او انتئها في منتصف النهار كما في النجيليات او تحورها الى اشواك كما في العاقول والصباريات.

6. زيادة الشعيرات او الزغب على الاوراق او السيقان كما في الطماطا.

7. زيادة سمك طبقة الادمة ووجود مواد شمعية تعطي اسطح الاجزاء الهوائية للنبات .

8. الاوراق العصيرية او الخازنة من اهم مميزات بعض النباتات المقاومة للجفاف كما في نبات الالوفيرا ويساعد ارتقاض نسبة المواد الغروية في انسجة النباتات العصرية على زيادة قوة حفظ خلاياها للماء..

9. نقص عدد الثغور في وحدة المساحة من الورقة او عزل فتحات الثغور عن تأثيرات الجو الخارجي وذلك عند انغماسها في نقر غائرة مثل اوراق الصنوبر،أو قد توجد فتحات الثغور في تجاويف مغطاة بشعيرات كثيفة كما في ورقة الدفلة مما يوفر جو رطب في التجاويف ويقلل فقد الماء وقد يبلغ عمقها عن السطح حوالي ثلث سمك الورقة تقرير



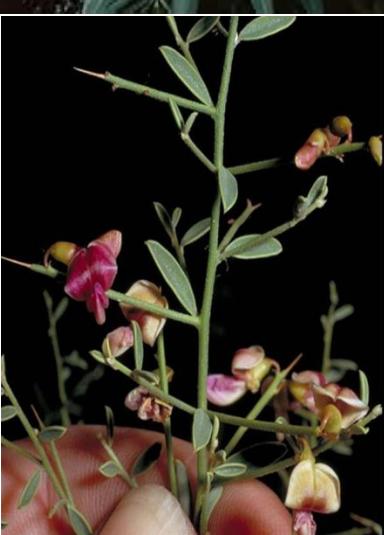
مقطع عرضي لورقة نبات الدقاقة



نبات الصبار



نبات التين الشوكي



## ب- تحورات الجذور

1. استطالة الجذور وتعقدها في التربة وارتفاع نسبه المجموع الجذري الى الخضر، لمقاومة اجهاد نقص الماء.  
وهناك علاقة طردية بين مقاومة الاجهاد وتعقّد الجذور في التربة كما في العاقول.

- قد يكون المجموع الجذري شديد التفرع قليل العمق ومتكيلاً لامتصاص ماء المطر الذي يبلل الطبقات السطحية من التربة وكثيراً ما تكون شعيرات ماصة صغيرة على المجموع الجذري في الفترة الرطبة لزيادة السطح الماصل ثم تجف في الفترة الجافة وتموت كما في نبات الحمض.
- يفوق وزن المجموع الجذري وزن المجموع الخضري بعدة مرات قد تصل إلى 8 - 10 مرات وهذا يمكن النبات من تحمل الظروف القاسية.

2. تخزين الماء في انسجة الجذور .

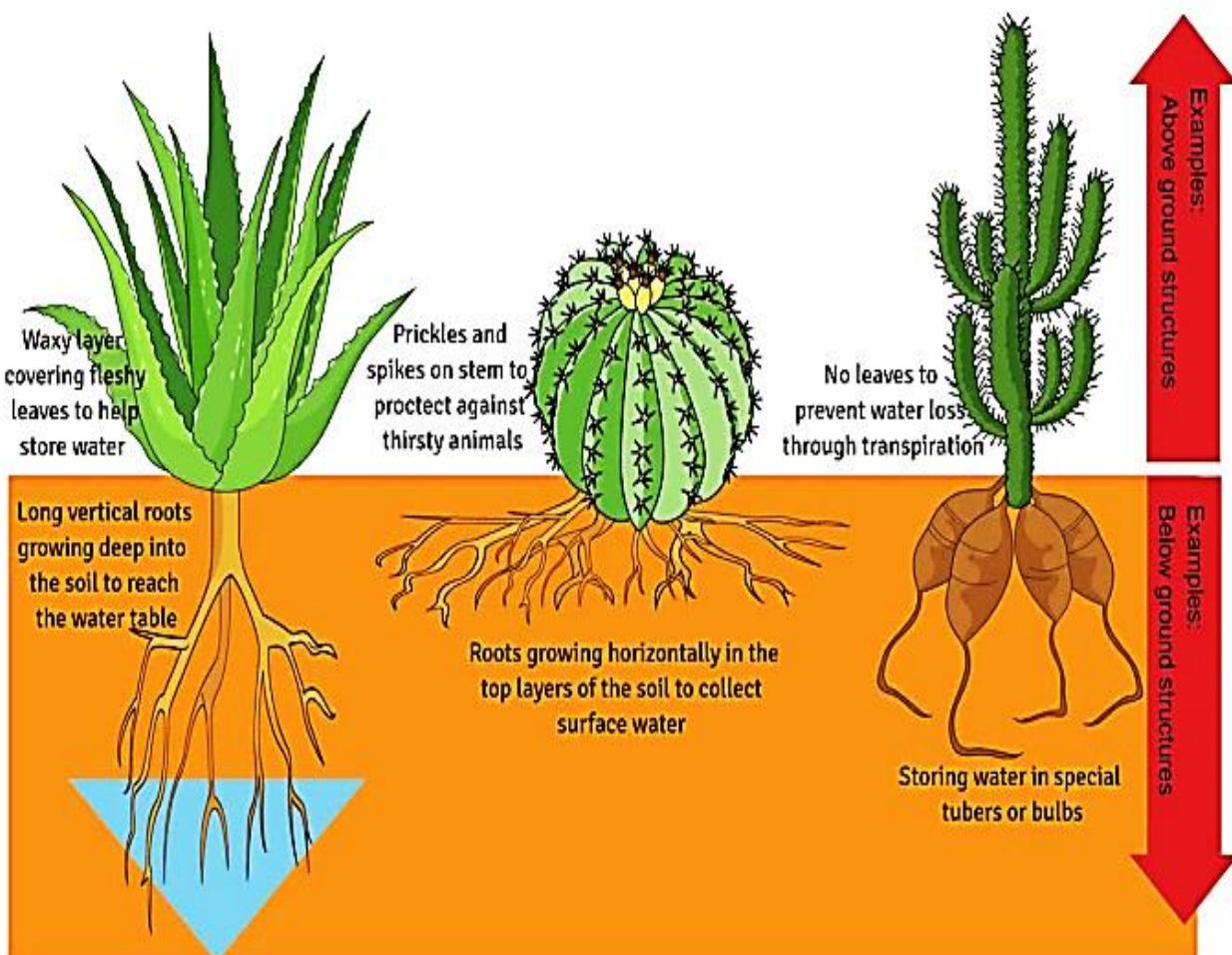
3. القدرة العالية على امتصاص الماء.

## ج - تحورات الساق:

1. تحور بعض الساقيان الى خزن الماء كالنباتات الصبارية.

2. تحورات تساعد على عدم فقد الماء.

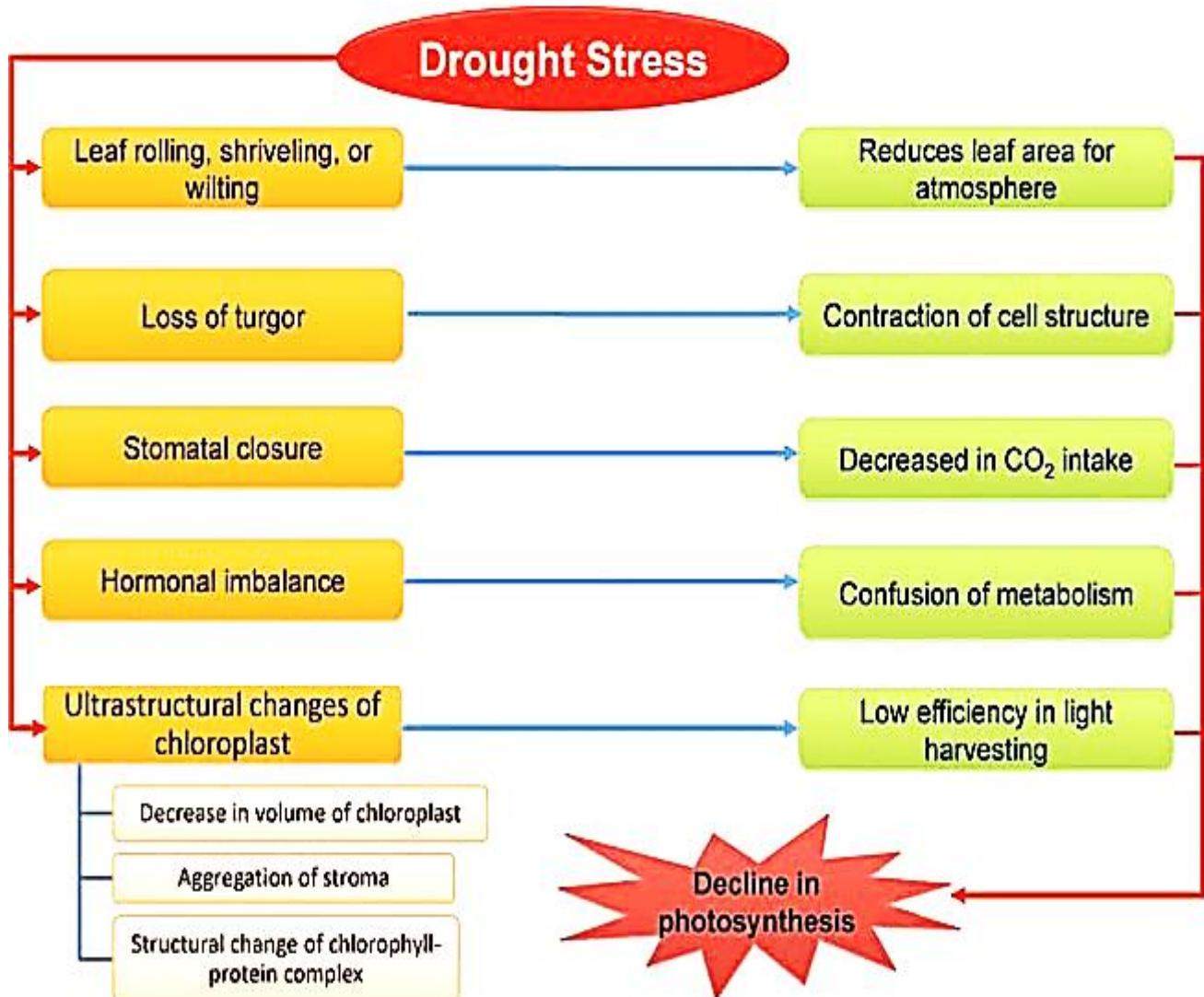
د- تبخير الازهار والاثمار: تتميز بعض النباتات الحولية والموسمية بمعدل اسرع عندما تتغير الظروف البيئية الى الحالة الجفافية القاسية وبذلك تزيد من قدرتها على الازهار والاثمار المبكر



شكل : يوضح بعض التحورات لجزاء النباتات الصبارية للتاقلم مع اجهاد الجفاف.

## كيف يؤثر الاجهاد المائي (الجفاف) على النبات :

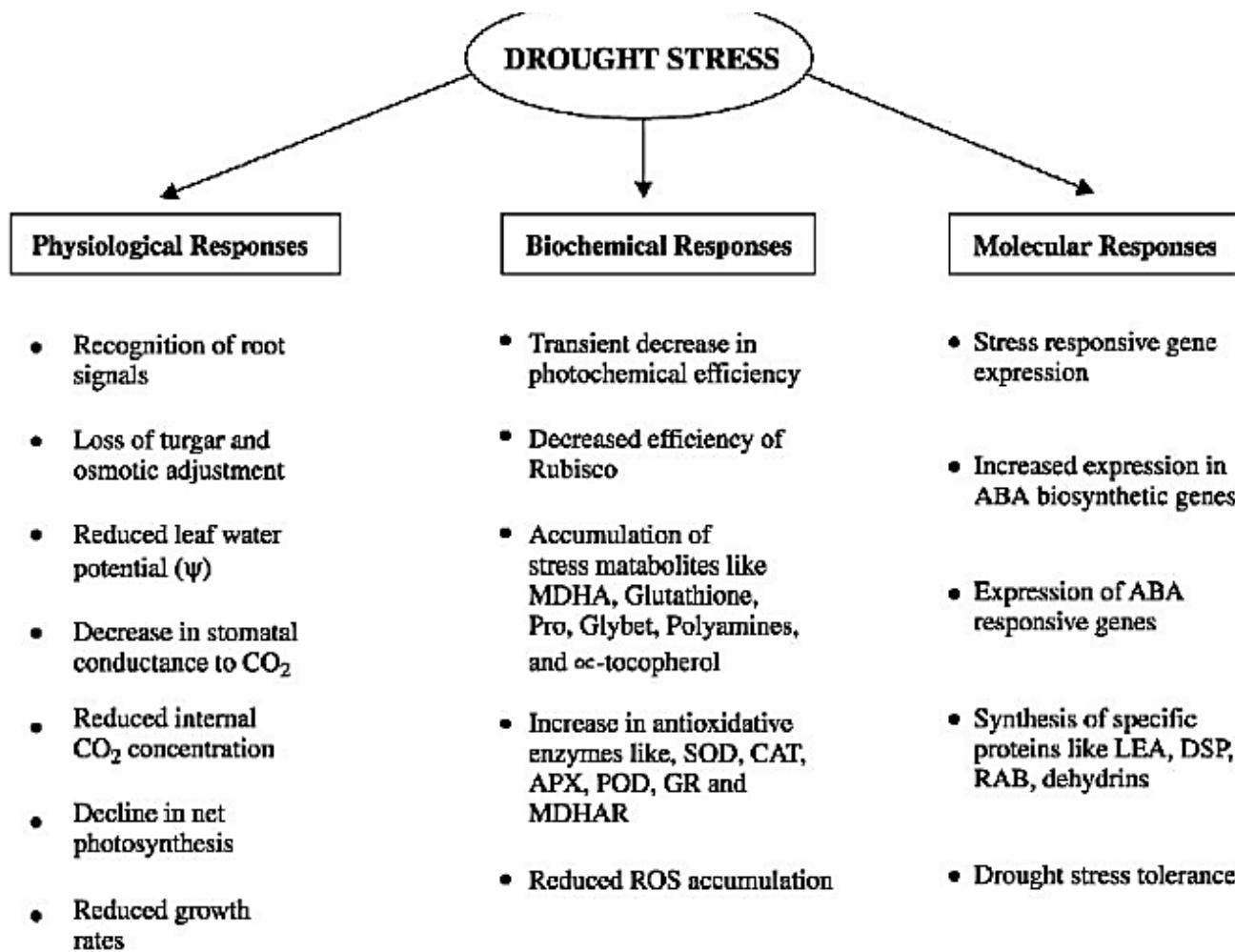
1. يؤثر على عملية البناء الضوئي والعلاقات المائية في الخلية: يؤثر الإجهاد المائي على العلاقات المائية في الخلية حيث يغير من الجهد الكلي للماء والجهد الأسموزي وجهد الضغط، مما يسبب انغلاق الثغور الذي يؤثر بدوره على دخول  $\text{CO}_2$  الذي يؤثر على عملية البناء الضوئي.
2. يؤدي الجفاف الى الاجهاد التأكسدي الذي يحث على زيادة درجة الشيخوخة، تساقط الاوراق وعدم تكوين الأزهار.
3. يؤثر على الأنسجة النباتية بحيث تتعرض للعديد من التغيرات منها تغيرات إنزيمية وتغيرات في محتواها من الكاربوهيدرات والبروتينات.
4. يؤثر على عمليتي الانقسام والاتساع الخلوي، ومن ثم على نمو النبات.
5. يؤثر على الأنسجة والهرمونات النباتية بتغيير تركيزها وتفاعل طبقاً لذلك، منها حمض الأبيسيك ( Etyline ) السيتوكينين ( Cytokinine ) ، حمض الجبريلين ( Geberriline ) ( ABA ) والإيثيلين ( Auxine ) .



شكل : تاثير الاجهاد الجفاف على الصفات المورفولوجية والفسلوجية للنبات.

### اعراض الاجهاد المائي (الجفاف) على صفات النبات:

- 1- عدم انبات البذور او تفاوت في نسبة الانبات.
- 2- توقف نمو النبات وذبوله ومن ثم جفافه اذا استمر الاجهاد لفترة طويلة.
- 3- التفاف الاوراق وقلة عددها وتوقف نموها وبالتالي صغر المساحة الورقية للنبات.
- 4- خفض نسبة التلقيح والاخشاب وتساقط الازهار والثمار العاقدة حديثاً.
- 5- انخفاض الحاصل الكلي للنبات.



### الطرق اللازم اتخاذها لمواجهة الجفاف:

1. يجب استعمال التقانات الحديثة في رصد ومراقبة مكامن المياه الجوفية وتحديد نوعيتها، وانشاء مشاريع تحلية خاصة للمساحات الواسعة التي تحضي بخزين مائي جوفي عالي. واستخدام الطاقة المتعددة لإمدادات محطات تحلية المياه بالطاقة البديلة وتشخيص تلك الاماكن لإنتاج محاصيل الخضر وتشجيرها.
- 2- زراعة أصناف نباتية متحملة للجفاف والحرارة المرتفعة حتى 54 درجة مئوي داخل وخارج المدينة (حبوب، خضر، اشجار فاكهة او زينة).

3- استثمار الاجهاد البيئي (ارتفاع الحرارة والجفاف) عن طريق انتاج بعض المركبات الثانوية الطبية كما في بعض النباتات الطبية الصناعية مثل (نبات الجوjoba لانتاج الزيت, حيث يطلق عليه في كثير من البلدان بالذهب الاخضر, ونباتات العائلة الباذنجانية الطبية المنتجة للقلويات التروبانية المستعملة لانتاج مركب البنج الطبيعي مثل نبات السكران الابيض او البنج ونبات الداتورا) , زراعة الاراضي الغير صالح للزراعة (عالية الملوحة) الواقعة في المحافظات الجنوبية والتي تتجاوز فيها الحرارة 50 م في موسم الصيف, وهو امر بالغ الاهمية لاستغلال الاراضي الغير منتجة للمحاصيل الاستهلاكية ولتفعيل القطاع الصناعي لانتاج المركبات الطبية من النباتات والاستغناء عن استيرادها من الخارج.

- 4- تبطين قنوات الري واتباع الطرق الحديثة في الري (الري بالتنقيط, الري بالرش)
5. يمكن استعمال أغطية التربة خاصة لمنع تبخر مياه السقي (Mulch) حول ساق الشجرة وهذا يعمل على زيادة كفاءة الري.

تجربة عن الاجهاد المائية (الجفاف): يمكن اتباع الآتي:

1. جلب 18 سندانه كبيرة الحجم (20 X 30 سم), ثم تملأ بالوسط الزراعي.
  2. غرس الشتلات المتوفرة فيها (كررات او الفلفل) ثم تسقى.
  3. تقسم الى ثلاث مجاميع في كل مجموعة 6 سندانين.
  4. تروى ري اعتيادي لفترة شهر وبعدها تجري المعاملات المطلوبة
  5. المعاملات المطلوبة هي
    - المجموعة الاولى : تمثل الكونترول اي الري متى ما تحتاج النباتات كأن يكون بين يوم وآخر
    - المجموعة الثانية : الري كل يومين
    - المجموعة الثالثة : الري كل ثلاثة ايام.

#### 5. تسجيل البيانات بعد نهاية التجربة كما في الجدول أدناه

## جدول : متوسطات نتائج التجربة لمؤشرات النمو الخضري.

الري كل ثلاثة ايام	الري كل يومين	ريمرة بين يوم وآخر	الصفات المدروسة
			ارتفاع النبات
			عدد الفروع
			عدد الاوراق
			عدد الاوراق المتحورة
			المساحة الورقية
			الوزن الجاف لمجموع

			الخضري
			الوزن الجاف للمجموع الجزري
			طول الجذر

**المحاضرة (2)****الاجهاد الملحية Salt stress**

تتميز النباتات الملحية بصفات مرفولوجية تساعدها على مقاومة وتحمل الملوحة، وتختلف النباتات في درجة تحملها للأملاح باختلاف طور النمو، ويعتبر طور انبات الجذور من أشد الاطوار حساسية للأملاح. عموماً يحدث تحورات لهذه النباتات داخلية او خارجية يجعلها أكثر ملائمة للبيئة الملحة منها.

1. التجنب الفينولوجي (المتعلق بالنباتات التي تكمل دورة نموها وتطورها في أقصر فترة من موسم النمو).
2. صغر حجم المجموع الجذري. يرجع قلة امتصاص بعض هذه النباتات للماء إلى عدم توفر الاوكسجين بالترابة الملحة عادة مما يقلل من كفاءة الجذور لامتصاص وعليه يقلل من حجم المجموع الجذري المكون.
3. تخفيض تركيز الملح العالي في أنسجة النبات عن طريق ظاهرة التشمم او العصيرية . تمتلك بعض نباتات البيئة المالحة صفة الامتناع بالماء وهي محاولة لتخفيض العصير الخلوي مما يجعل اوراقها وسيقانها عصيرية او لحمية لوجود خلايا بارنكيمية خازنة للماء **شكل (٠)**.
4. التخلص من بعض الاعضاء النباتية ، فنجد في بعض النباتات مثل **Suaeda prumosa** ان هناك اوراق حديثة ذات لون اخضر مائل للحمرة بالإضافة الى اوراق مسنة ذات لون داكن لتجمع الأملاح بها بكميات كبيرة وتلك الاوراق المسنة هي التي تموت وتسقط عن النبات وبذلك يتخلص النبات من قدر كبير من الأملاح، وعليه عند اختفاء هذه الاوراق يشتراك الساق في عملية البناء الضوئي وتزداد ظاهرة العصارية بمقدار زيد تركيز الأملاح في التربة.
5. قلة عدد اوراق النبات وصغر حجمها، وقلة عدد الثغور في وحدة المساحة.
6. تجنب الملح من خلال افراز الأملاح الزائدة عن طريق غدد افراز الملح الموجودة كمثال في اوراق نبات **Atriplex sp**.
7. تجنب الملح من خلال استبعاد الملح ، والذي يمكن تحقيقه من خلال انخفاض نفاذية الجذر لبعض الأيونات ، وخاصة الصوديوم .
8. التراكم النشط للأملاح ونقلها إلى الفجوات.

**• صور لهذه النباتات****السويداء Seidlitzia rosmarinus و نبات الحمض Salsola kali و الحرض**

تحدث تحورات واضحة في التركيب التشريحي للنباتات النامية في الاراضي الملحة والتي تتضمن تحورات خاصة بتخزين الماء وتقليل النتح وافراز الأملاح خارج اسطح الاعضاء النباتية . عموماً ونضراً لأن هذه النباتات تنمو في بيئه تتوفّر بها الماء الا ان نسبة الملوحة به عالية جداً، لذلك فالتحور الاساسي لهذه النباتات هو ما يؤدي الى ارتقاء الضغط الازموزي للعصير الخلوي في خلايا وانسجة النبات بدرجة تمكّنه من الاستفادة من

الماء الارضي ، ولكي تحافظ هذه النباتات على استمرار نموها فانها تعمل انسجتها الداخلية دائما على تنظيم المحتوى المائي للخلية وذلك بعد تحورات في التركيب الداخلي للاعضاe النباتية منها :

1. افراز الاملاح عن طريق غدد خاصة تسمى الغدد الملحية **شكل ()**، وهي غدد ملحية توجد في بشرة كل من الساق والاوراق **شكل ()**، تقوم بطريقة اليه للتراسيم التشويفية الملائمة لذلك بافراز الاملاح خارج اسطح النبات كما في نبات القطف **Atriplex sp** و **Avicennia marine** وغيرها. وقد يلجأ النبات الى عملية تسرب الاملاح عن طريق خروج المواد الذائبة والمنقوله مع ماء النتح الى خارج الاوراق وذلك عند خدش الادمة بطريقة او باخرى او عن طريق ما يسمى **ectodesmata**.
2. عن طريق الادماع ، فقد تخرج الاملاح عن طريق الثغور المائية ، وهي تراكيب خاصة بافراز الماء وما به من محاليل ملحية من داخل الورقة الى السطح الخارجي وهي تقع على حافة الورقة او قمتها وتتصل هذه الثغور بالجهاز التوصيلي، وهي عناصر الخشب. تتكون الغدد من عدة خلايا جدر رقيقة ولا تحتوي على بلاستيدات وبينها مسافات بينية كبيرة تسمى الطبقة الطلائية تنتهي بفتحة تسمى بالثغر المائي وهو يختلف عن الثغور العادي في عدم قدرة الخلايا الحارسة على اغلاق الفتحة التغوية، نتيجة لانتضام سمك جدرها ومن اهم النباتات التي تحتوي على الثغور المائية نبات كاسر الحجر ونبات و **Brassica sp**.
3. تراكم الاملاح في شعيرات ملحية ، وهي شعيرات متخصصة لازالة الاملاح ، كما تعمل على التوازن الملحوي في الاوراق بافراز الاملاح الزائدة خارج الورقة.
4. ازالة بعض الاعضاء النباتية التي تتراكم فيها الاملاح مثلا تساقط اوراق نبات **Juncus maritima**، عند زيادة تركيز الايونات غير العضوية فيها. وتساقط الاوراق المسنة ذات اللون الداكن لتجمع الاوراق بها كما في نبات **السويدا**
5. تتميز النباتات المقاومة للملوحة بوجود اوراق وسيقان غضة عصيرية ، وذلك نتيجة انتشار الخلايا البرنوكيمية الخازنة للماء والتي تدخل كميات من الماء داخلها، وقد تكون بعض السيقان عصارية اي تزداد ظاهرة العصارية بها بمقدار زيادة تركيز الاملاح في التربة. كذلك قد يحتضر النبات في الاملاح في العصير الخلوي ولكن تزداد العصارية في اوراقه وسيقانه كما في نبات **Salsola kali** او في سيقانها كما في نبات **Anabasis articulate**. العجم
6. ولتنقليل عملية النتح في النباتات الملحية ، تتميز اوراقها العصارية بالإضافة وجود خلايا خازنة للماء ، ان تكون المسافات بينية بين الخلايا قليلة وتحاط الخلايا الخازنة للماء بطبقة او بطبقات قليلة من النسيج العمادي كما في نبات **السويدا** فنجد ان في اوراقه خلايا البشرة شبه كروية ومنقحة ، وتوجد ثغور على البشرة وكذلك توجد الثغور في انخفاضات تحت البشرة والتي يوجد في قاعدتها الغدد الملحية . يوجد تحت البشرة صفات من الخلايا الكلونوكيمية تشبه خلايا النسيج العمادي والحزم الوعائية منتظمة في صفات واحد للنسيج الوسطي.
7. ارتفاع الضغط السموزي للعصير الخلوي بدرجة تمكنها من امتصاص الماء من التربة الملحية مثل نبات **suaeda** إذ يصل إلى 80 ضغط جوي.
8. كثير من هذه النباتات تنمو جذورها التنفسية عكس الجانبية كما في نبات ابن سينا (الشورة ) **Avicennia**.

وفيما يتعلق بالنبات، اذ تعمل التراكيز العالية من الاملاح على تثبيط عملية الانبات كما أنها تؤدي الى تثبيط نمو النبات ايضا نتيجة لأسباب عده منها:

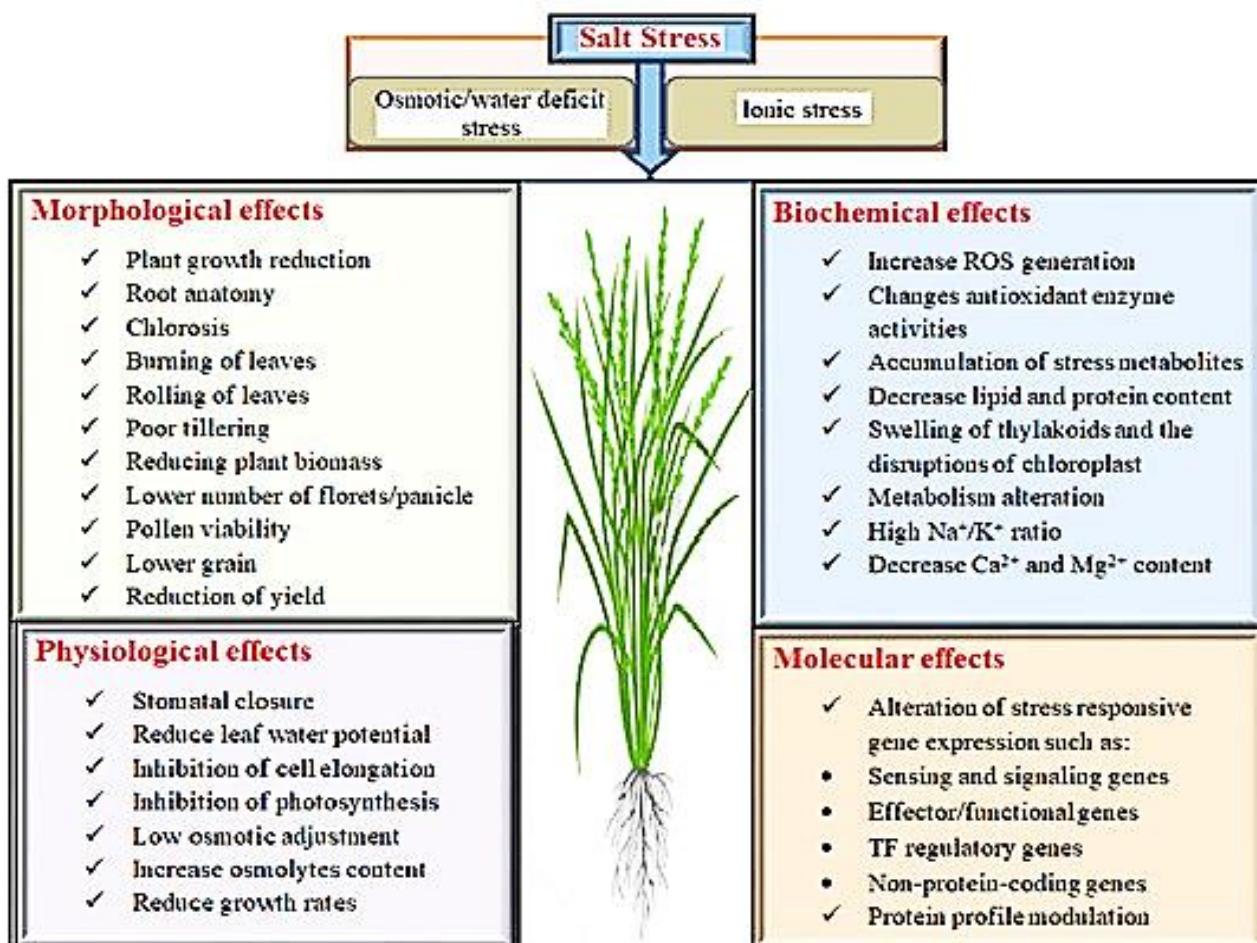
1. الحد من امتصاص الجذور للماء فيتعرض النبات لاجهاد الجفاف.

2. تراكم الايونات غير العضوية في انسجة النبات تعرضها للتسمم الايوني.
3. عدم الازان الايوني ونقص التغذية المعدنية
4. التاثير السلبي على النمو والشكل الطاهري والتركيب التشريحي للاوراق . حيث تعمل الاملاح على نقص ضغط امتلاء الخلايا ونقص قابلية الجدار الخلوي في خلايا الاوراق للتمدد.
5. تعمل على نقص قطر الساق ونقص تفرع الجذور ونقص قطر العمود الوعائي والانسجة التوصيلية.
6. تثبيط على عملية البناء الضوئي وزيادة معدل عملية التنفس في النبات.

#### اعراض الاجهاد الملحي على صفات النبات:

- 1- عدم انبات البذور او انخفاض في نسبة الانبات.
- 2- تقرم النبات.

- 3- قلة المساحة الورقية للنبات، تلون اوراق النبات بلون اخضر داكن وزيادة سمكها.
- 4- ظهور حروق على اوراق النباتات الخشبية .
- 5- نقص في المحتوى المائي للجذور والمجموع الخضري.
- 6- نقص في الحاصل الكلي للنبات.



#### الاجراءات اللازمة لتنقیل اضرار الاجهاد الملحي:

1. زراعة الاصناف المقاومة لظروف التربة الملحة.

2. استعمال منظمات النمو النباتية، توجد عدة أنواع من الهرمونات النباتية تختلف عن بعضها البعض في تركيبها الكيماوي وتأثيرها البيولوجي فقد تكون هرمونات منشطة كالأوكسينات خاصة AIA ، الجبريلينات و الستيوكينينات أو هرمونات مثبطة كالايثيلين و حمض الأبسيسيك، او تكون مركبات أخرى مثل حامض السلسليك والجاسمونيك والبراسيونوسترويد كما في الجدول التالي ( )

- منها أن Kinetin الذي يعمل على تحفيز النظام المضاد للأكسدة وتقليل خطر ROS بفعل الشد الملحى ، كذلك يعمل على تحفيز التعبير الجيني لتكوين بروتينات أو مواد أخرى ضرورية أثناء تعرض النبات للشد الملحى. يعمل Salicylic acid على تقليل عملية النتح ،من خلال تأثيره على عملية فتح وغلق الثغور، كما يزيد من المحتوى البروتيني للخلايا مما يجعل النبات أكثر مقاومة لظروف الشد الملحى، وقدرتة على تحفيز إنزيم اختزال النترات Nitrate Reductase إذ يعمل على حمايته من أكسدة الجذور الحرة كذلك حماية إنزيمات بناء البروتينات من التحلل. اضافة الى انه يعمل على تحفيز الإنزيمات المضادة للأكسدة بسبب الشد الملحى مثل SOD ، POX و CAT عند معاملة النباتات به.

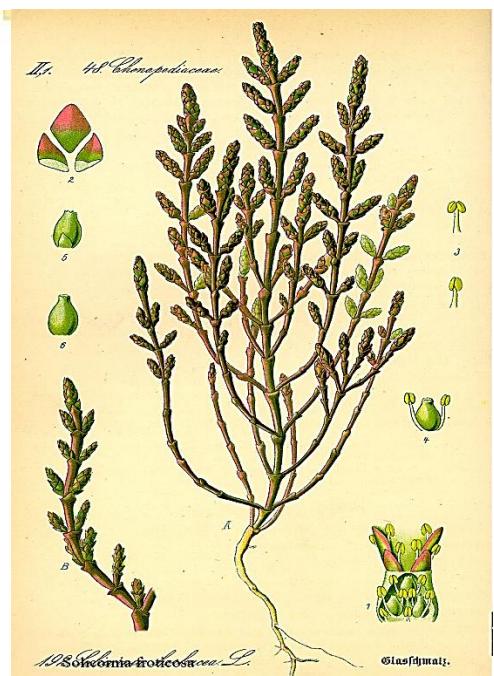
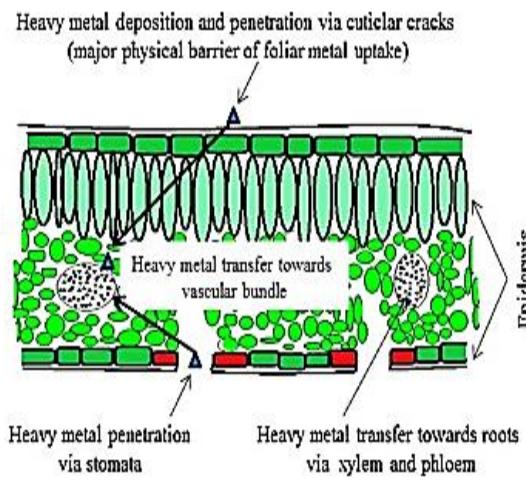
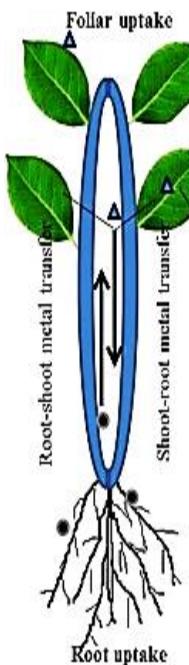
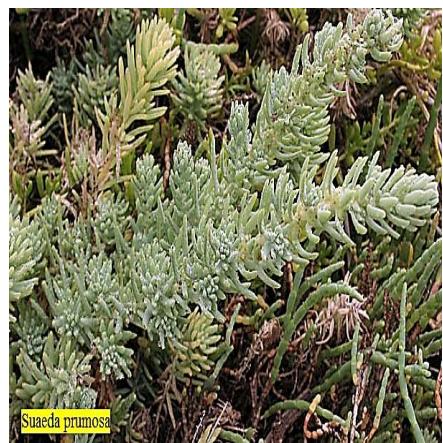
### 3. المعاملة بمضادات الأكسدة (خاصة الكلوتاثيون، )

4. ان اضافة المخلفات العضوية يعد من الاستراتيجيات الفعالة في تقليل ضرر ملوحة ماء الري وزيادة تحمل النبات فهي تحسن توزيع مسامات التربة التي تزيد بدورها من قابلية مسک الماء والتهوية وتحسن من افرازات الجذور مثل الحوامض العضوية التي تنظم pH التربة وتقلل من التأثير الضار للأملاح في محلول التربة فضلا عن سهولة غسل الأملاح من التربة. وتحسين ظروف التهوية وحركة الاوكسجين لأحياء التربة فيزداد النشاط الحيوي وجاهزية العناصر الغذائية.

### 4. استعمال الاسمدة الورقية (عناصر معدنية ، فيتامينات، احماض أمينية)

#### 5. الاعتناء بالعمليات الزراعية منها:

- انشاء المبازل وغسل التربة بمياه عذبة.
- زراعة الاشجار بطريقة pot in pot وهي عزل تربة الشجرة عن تربة الحقل المالحة بغاز بلاستيكي لأن يكون سنادين كبيرة او نايلون بلاستيكي حول الحفرة المخصصة للزراعة ومن ثم ملئها بتربة صالحة للزراعة وبالتالي زراعة الشتلة فيها مع ضرورة الري بالتنقيط. وهذه الطريقة معمول بها في الدول الاوربية.



### تجربة عن الاجهاد الملحي الاجهاد: يمكن اتباع الاتي:

6. جلب 18 سندانة كبيرة الحجم (20 X 30 سم) ثم تملأ بالوسط الزراعي.
  7. غرس الشتلات المتوفرة فيها (كجرات او الفلفل) ثم تسقى.
  8. تقسم الى ثلاثة مجاميع في كل مجموعة 6 سنادين.
  9. تروى ري اعتيادي لفترة شهر وبعدها تجري المعاملات المطلوبة.
  10. المعاملات المطلوبة هي :
    - المجموعة الاولى : ري بمحلول كلوريد الصوديوم تركيزه 0% (من دون اضافة)
    - المجموعة الثانية : ري بمحلول كلوريد الصوديوم تركيزه 2.5%
    - المجموعة الثالثة : ري بمحلول كلوريد الصوديوم تركيزه 5%
5. تسجل البيانات بعد نهاية التجربة كما في الجدول أدناه

**جدول : متوسطات نتائج التجربة لمؤشرات النمو الخضري.**

الصفات المدروسة	ري مرة بين يوم وآخر	الري كل يومين	الري كل ثلاثة ايام
ارتفاع النبات			
عدد الفروع			
عدد الاوراق			
عدد الاوراق المتحورة			
المساحة الورقية			
الوزن الجاف لمجموع الخضري			
الوزن الجاف للمجموع الجزري			
طول الجذر			

### محاضرة (3)

#### الاجهاد الحراري:

ان درجة حرارة النبات غير ثابتة ، فهي تتغير مع تغير درجة حرارة المحيط حول النبات. والعامل المحدد لدرجة حرارة اجزاء النبات وهو درجة حرارة الجو المحيط الملams لذلك الجزء منه، مثلاً حرارة النباتات المائية قريبة جداً من درجة حرارة الماء الملams لها، ودرجة حرارة الجذور قريبة من درجة حرارة التربة ودرجة حرارة الاوراق والاجزاء الخضرية الاخرى قريبة من درجة الهواء الملams لها على انه قد يحدث ان تكون درجة الحرارة مختلفة عن درجة الوسط بعدة درجات واكبر اختلاف بين حرارة الوسط المحيط واجزاء النبات الاختلاف بين حرارة الهواء، والاجزاء النباتية المعرضة له، وهذا يرجع لخواص الهواء مثل نقص توصيله الحراري وانخفاض حرارته النوعية، مثلاً حرارة الاوراق والثمار تكون اعلى بـ 10 او 20 او 30 درجة من حرارة الهواء ولكن تكون اقل بما يعادل 2 او 3 درجات.

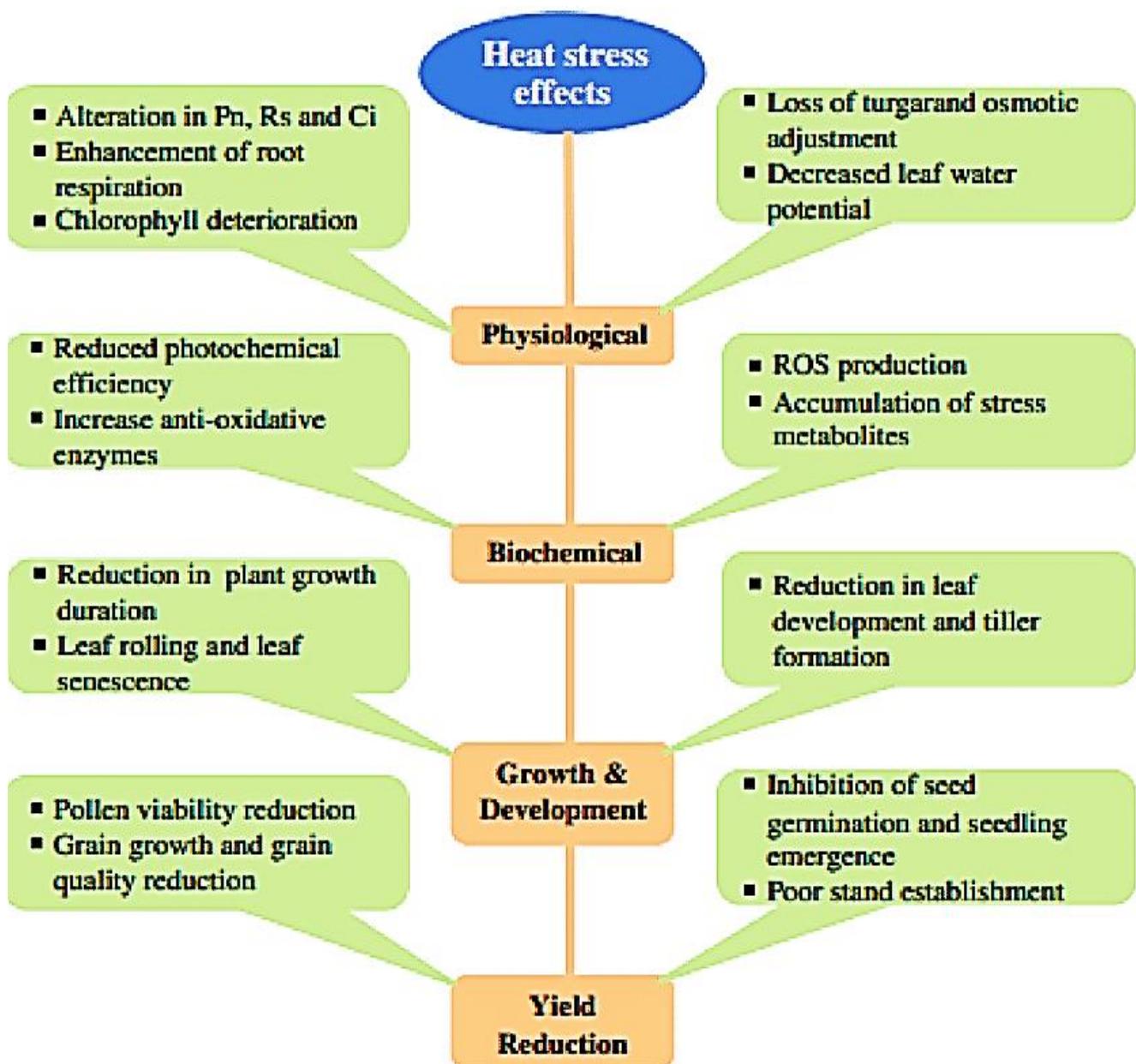
حرارة اوراق النبات في ضوء الشمس اعلى من درجة حرارة المحيط، فمثلاً تسبب اشعة الشمس المباشرة ارتفاع حرارة اوراق نبات الفلفل 9 درجات مئوية اعلى من حرارة الوسط المحيط في خلال دقيقة واحدة ، فمعدل التسخين في اوراق هذا النبات  $0.15 \text{ m}^2/\text{W}$ ، في حين معدل التسخين في اوراق احد النباتات العصرية  $0.007 \text{ m}^2/\text{W}$ ، تكون درجة حرارة اوراق النبات في الظل متساوية او اقل من درجة حرارة الهواء المحيط. تصل درجة حرارة النبات احياناً الى مستوى مرتفع مضر به، وخاصة في حالة انخفاض معدل النتح الذي له دور في تبريد انسجة النبات . تعتمد اضرار الحرارة المرتفعة على الفترة الزمنية للتعرض.

#### كيف يؤثر اجهاد الحرارة المرتفعة على النبات. ويعود الى عدة اسباب:

1. إنخفاض معدل البناء الضوئي وإرتفاع معدل التنفس وبذلك يتعرض النبات للذبول عن طريق استهلاك الكربوهيدرات.
2. نقص كمية البروتين النشط نتيجة تكسيره أو فقده لشكله الطبيعي.
3. تراكم بعض المواد السامة نتيجة زيادة نفاذية الأغشية.
4. زيادة سiolة الدهون خاصة دهون الأغشية الخلوية.
5. تغير في طبيعة الأحماض النووي.
6. إرتفاع معدل النتح مما يعرض النبات جفاف.
7. تجمع للبروتوبلازم نتيجة لتأثير الحرارة المدمرة لمكونات الخلية حيث أن للحرارة تأثير مدمر على الأغشية والسيتوبلازم

اهم الاعراض التي تظهر على النبات نتيجة الحرارة المرتفعة ( ) :

1. تلون الأوراق باللون البني وقد تسود بزيادة الإجهاد.
2. ذبول وجفاف عام يصاحب اصفرار في بداية الإجهاد.
3. ظهور بقع ميتة في الأوراق (قتل موضعي)، ومن ثم سقوط الأوراق
4. صغر حجم النبات والفشل في تكوين الأزهار.
5. حدوث أمراض نباتية ، و من أهمها: إحتراق قمة البطاطس. إحتراق قمة البنجر، إحتراق قمة الخس/السلطة، إحتراق حواف الأوراق، لفحة أوراق البصل (القمة البيضاء)، لفحة الشمس في الفاصوليا و الطماطم و البطيخ و الفلفل و الباذنجان و الخس و الكرنب و التفاح و الكمثرى و المانجو و الحمضيات و الموز و التين و ثمار الرمان، التعرح الحراري في الكتان، البقعة الحرارية في ثمار الاجاص. لفحة الشمس (ترحات الساق في أشجار الفاكهة كالتفاح و البرقوق و الجوز)، القلب المائي في ثمار التفاح، تساقط الثمار الصغيرة في يونيور، تجوف ثمار الطماطم.



شكل () : تأثير الاجهاد الحراري على النبات.

من اهم التأقلمات التي تساعد على مقاومة الحرارة المرتفعة هي:

1. امتصاص بواسطة طبقات حماية.

2. التبريد عن طريق زيادة النتح.

3. صغر نصل الاوراق وسمكها.

4. الوضع العمودي لنصل الاوراق.

5. اللون المبيض لسطح الاوراق

6. تغطية الاوراق بشعرات (زغب), والساقي بالقلف

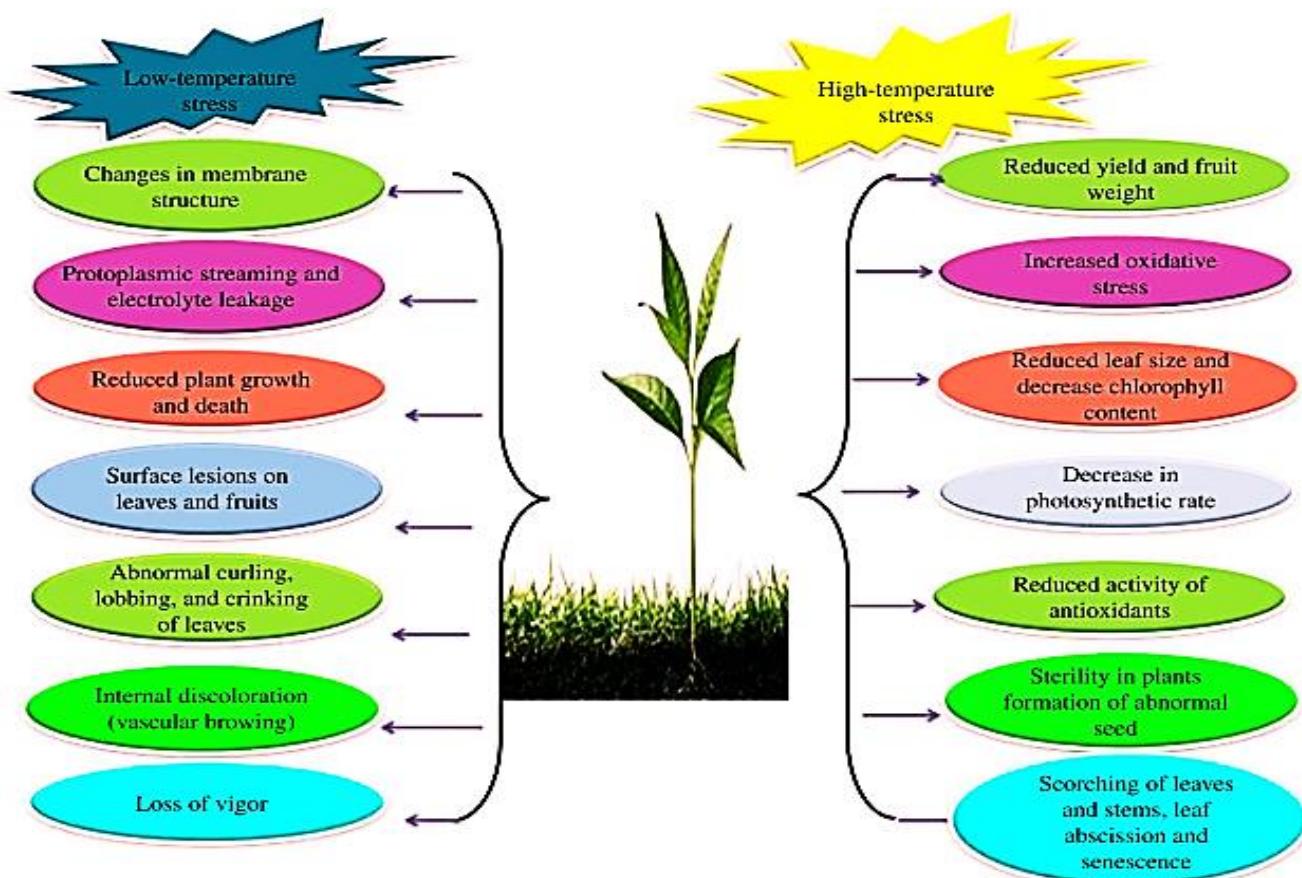
7. محتوى مائي منخفض للبروتوبلازم مع زيادة نسبة المواد الازمية.

تختلف الاجناس والانواع النباتية في مدى مقاومة درجات الحرارة التي تعد مضره لها، فمثلاً تستطيع بعض الانواع من الطحالب ان تحتمل التعرض لفترة زمنية طويلة لدرجة حرارة اعلى من 20 و 25 م ، ولمعظم

النباتات الرفقاء درجة الحرارة التي تعد خطرة ومضرية لها تقع ما بين 45-55 م ويبدو ان هناك بعض العوامل التي تؤثر على الحرارة القاتلة ومنها :

1- تزداد المقاومة للحرارة المرتفعة مع زيادة محتوى الانسجة من السكريات.

2- تزداد الحساسية لدرجة الحرارة مع زيادة الحموضة للنسيج النباتي ، مثلا في دراسة على نبات **الحمض** وجد ان التعرض لحرارة 61 م لمندة 60 ثا في الظلام يسبب قتل الخلايا البشرة والخلايا الحارسة ، في حين تبقى الخلايا الحارسة لنفس الاوراق حية عندما تتعرض درجة حرارة 61 م ولمدة 120 ثا عندما تكون الاوراق معرضة للإضاءة لفترة من الزمن تكفي لفتح الثغور، وقد اعزى هذا الاختلاف في حساسية الخلايا الحارسة لدرجة الحرارة المرتفعة الا انه ترتفع درجة حموضة الخلايا الحارسة في الظلام، وهذا يسبب نقص في مقاومتها للحرارة.



#### الاجراءات اللازمة للتقليل من التأثير الضار للاجهاد الحراري في المحاصيل الزراعية:

- زراعة أصناف نباتية متحملة للحرارة المرتفعة لما تملك من تكيفات في مجموعها الخضري (تحور الاوراق, سمك طبقة الكيوبتك) والجذري (تمتاز بجذورها العميقه )

2. زراعة الشجيرات الصغيرة الحجم تحت الأشجار الكبيرة الحجم كزراعة الموالح تحت أشجار النخيل والشتلات تحت الموالح كما في الواحات وهكذا...
3. تفعيل دور الباحثين والمربيين ضمن الهندسة الوراثية لتحسين المحاصيل لمقاومة الإجهاد الحراري.
4. التركيز على النباتات المتحملة للحرارة عن طريق انتاج بعض المركبات الثانوية كما في بعض النباتات الطبيعية الصناعية مثل (نبات الجوجوبا لانتاج الزيت بحيث يطلق عليه في كثير من البلدان بالذهب الاخضر، ونباتات العائلة البازنجانية الطبية المنتجة للفلويديات التروبانية مثل نبات السكران الابيض او البنج ونبات الداتورا) ، زراعة الاراضي الغير صالح للزراعة (عالية الملوحة) الواقعة في المحافظات الجنوبيه والتي تتجاوز فيها الحرارة 50 م في موسم الصيف، وهو امر بالغ الاهميه لاستغلال الاراضي الغير منتجة للمحاصيل الاستهلاكية ولتفعيل القطاع الصناعي لانتاج المركبات الطبيعية من النباتات والاستغناء عن استيرادها من الخارج.
1. الزراعة المتقاربة لكي تحمي الأشجار بعضها البعض و عدم تقاربها للحد الأدنى حتى لا تتنافس على الضوء والمغذيات...
2. إدارة التسميد: ترشيد او تقليل استخدام الأسمدة النيتروجينية.
3. ري المحاصيل في الصباح الباكر أو المساء لتقليل كمية التبخر للماء.
4. تزرع المحاصيل الحساسة لإرتفاع الحرارة تحت الظلل كالحمضيات (مع النخيل).
5. التهوية الجيدة في البيوت المحمية .
6. زراعة مصدات الرياح.

### محاضرة (3)

الاجهاد الضوئي:

تختلف شدة الاضاءة اختلافاً كبيراً من مكان لآخر، وتتكيف الانواع النباتية التي تعيش فيها تبعاً لذلك، ويظهر عليها تحورات واضحة على الاوراق والسيقان. وتقسم النباتات حسب احتياجها للضوء إلى نباتات محبة للضوء ونباتات غير محبة للضوء (نبات ظل)، ونباتات متحملة للضوء.

يؤثر الضوء على جميع مراحل تكشّف النبات وذلك فان له تأثير مجده ويكون من ناحيتين هما:

**اولاً: اجهاد نقص الاضاءة**

**ثانياً: اجهاد زيادة الاضاءة**

**اولاً. اجهاد نقص الاضاءة**

اهم الصفات التي تميز نباتات الظل في عملية البناء الضوئي:

1. يصل فيه البناء الضوئي إلى التشبّع عند شدة اضاءة منخفضة.
2. انخفاض النقطة الحرجة للضوء مقارنة بنباتات الشمس
3. انخفاض معدل البناء الضوئي عند شدة اضاءة مرتفعة (علاقة عكسية)
4. انخفاض معدل التنفس فيها
5. زيادة كمية الكلورو في خاصية (كلورو فيل b)
6. نقص كمية البروتين في البلاستيدات الخضراء

خصائص نباتات الظل التي تلائم البيئة الظلية وما تميزت به من انخفاض الحرارة ووفرة الماء وتزاحم النباتات:

1. الخلايا العمادية قليلة او معدومة في اوراقها
2. الاوراق عريضة مفلطحة قد يصل قطر الورقة الى نصف متر.
3. الثغور واسعة بحيث يسهل خروج الماء وتبادل العازات بين الوسطين الداخلي والخارجي.
4. البلاستيدات كبيرة ومكثفة على السطح العلوي لاقتراض اكبر قدر ممكن من الضوء في البيئة الظلية.
5. خلايا التدعيم وخلايا الكيوتين قليلة في اوراق وسيقان الظل.
6. الثغور في نباتات الظل سطحية. والشعيرات الحامية لها قليلة او معدومة

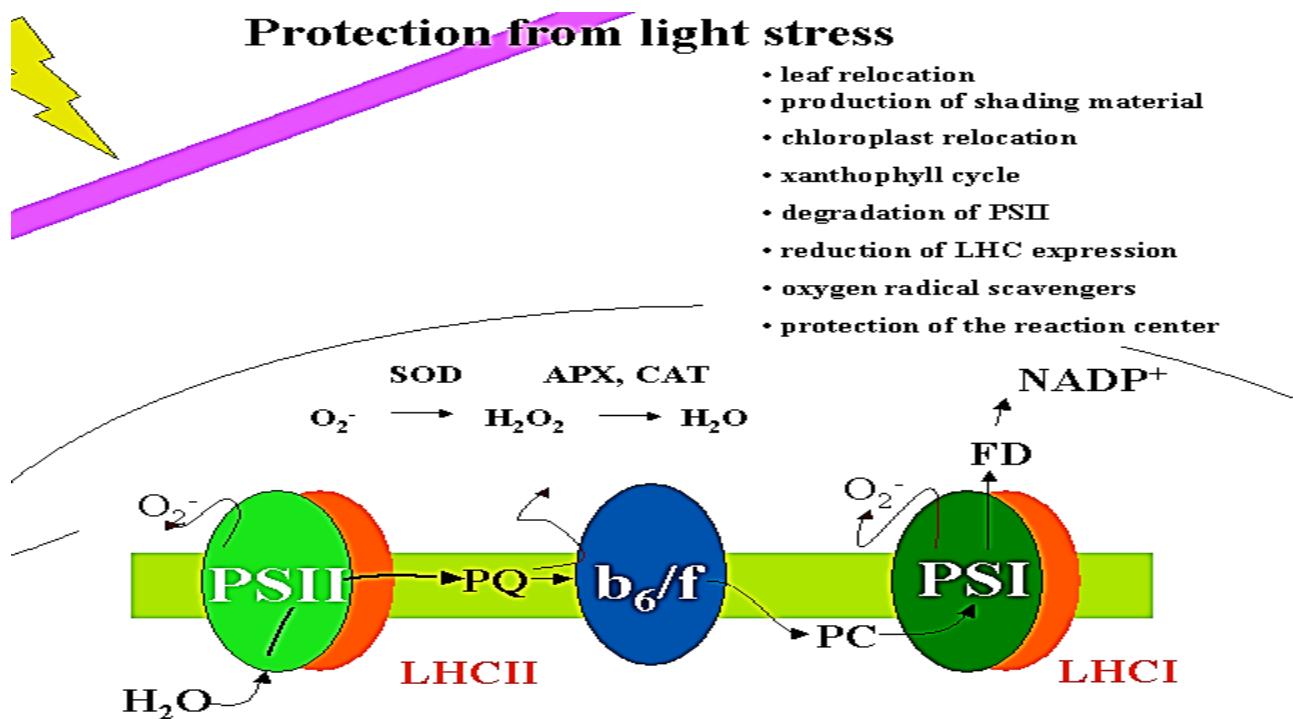
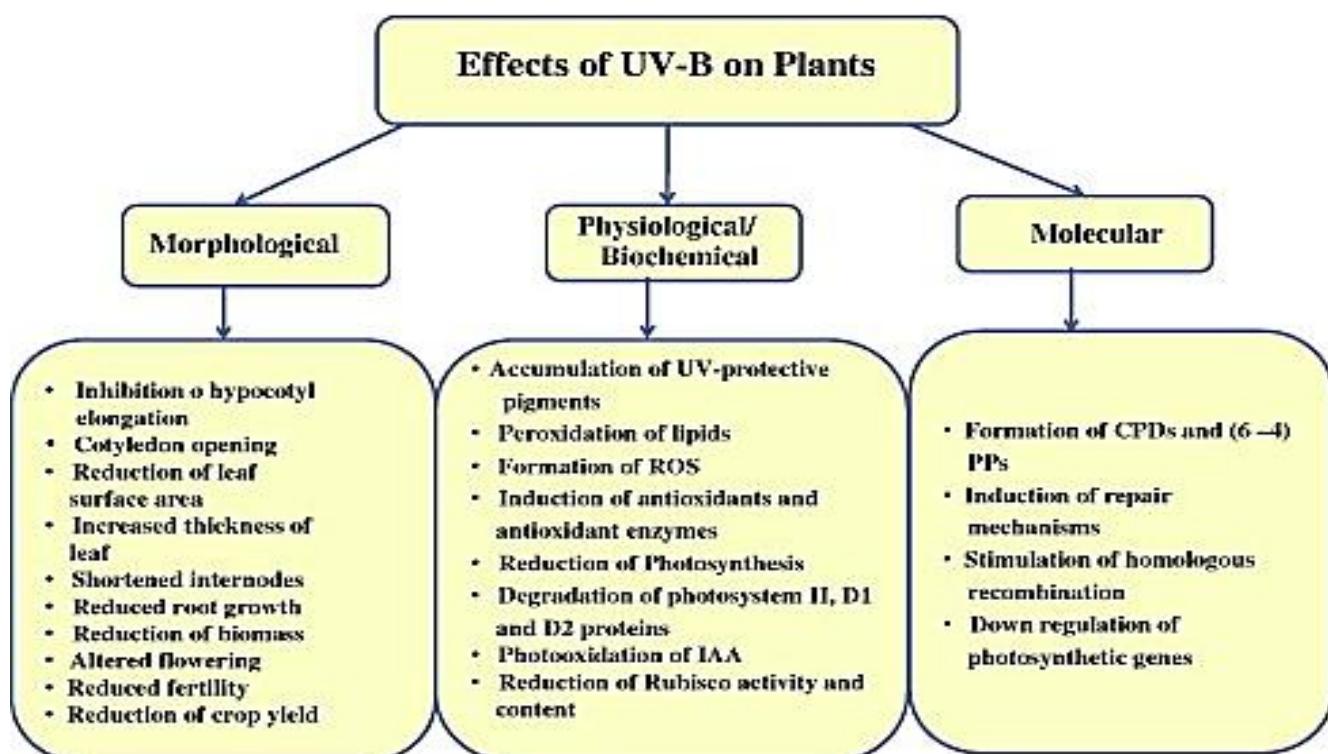
**ثانياً. زيادة الضوء:**

ينشأ اجهاد زيادة الضوء لسبعين:

1. زيادة سقوط الضوء على الوراق
2. نقص معدل بناء الضوئي عند كمية ثابتة من الضوء الساقط.

**الاضرار الناشئة من اجهاد زيادة الضوء:**

1. زيادة معدل احتزال  $\text{CO}_2$  مع زيادة كمية الضوء الممتصة للوصول إلى حالة التشبّع ثم لا تستطيع النباتات تثبيت  $\text{CO}_2$ .
2. التعرض إلى اضاءة قوية او زيادة كمية الضوء الممتصة بالنسبة إلى الكمية المستخدمة في البناء الضوئي، يؤدي إلى تحطم ضوئي لاصباغ البناء الضوئي وهي ما تسمى بالاكسدة الضوئية (عملية ثانوية يسبقها بفترة من الزمن تثبيط للبناء الضوئي).
3. تضرر يلحق بجهاز البناء الضوئي.
4. تثبيط البناء الضوئي بزيادة الاضاءة نتيجة لتنبيط التفاعلات الكيميائية الضوئية .



## محاضرة (4)

### الاجهاد الحيوى

يستخدم مصطلح الاجهاد الحيوى في مجال الفسيولوجيا البيئية للنبات ، للتعبير عن الضرر الواقع على النبات بسبب الكائنات الحية الاخرى ويصبح الجسم النباتي تحت شد الاجهاد، يحدث تغير في شكله وحجمه .

تعريف الاجهاد الحيوى للنبات: هو العامل البيئي على احداث شد يحدث اضرار للنبات، بسبب كائنات حية اخرى مثل البكتيريا، الفطريات، الفيروسات، الطفيليات، وكذلك كل نوعي الحشرات الضارة والمفيدة.

ايضا قد يحدث الاجهاد الحيوى نتيجة تنافس النباتات المنزرعة اخرى او اعشاب ضارة اخرى او نباتات برية اخرى تنمو مع النباتات في نفس البيئة.

#### العوامل الاحيائية المسببة للاجهاد البيولوجي بالنبات.

1. ازدحام النباتات بأعداد كثيفة في مساحة محدودة وضيق لا تكفي لاستكمال نموها.
2. تنافس النباتات على الضوء والماء والغذاء، التي يظهر تأثيرها على نمو وحياة النبات ونقص في عمليات الفسيولوجية والايضية .
3. اصابة النبات في الكائنات المتطفلة والامراض الطفيلية والكائنات الدقيقة (البكتيريا الممرضة والفطريات وفيروسات) والحشرات. عموما ايما كان المسبب للمرض جميعها تسفر عن انحراف النبات عن الاداء الطبيعي للعمليات الفسيولوجية لفترة كافية لاحاد اضطراب او ضعف في نشاطه الحيوى والفسيولوجي. ويعيش النبات المتطفل معيشة طفيلية على نباتات وعائمة، فهي ترسل ممتصاتها في تلك العوائل لتحصل على المواد الغذائية جاهزة من تلك العوائل مثل الاهالوك ، الذي يتغذى على جذور النباتات واتباع الشمس ونوع اخر هو الحامول الذي يتغذى على البرسيم والكتان. وهناك كائنات اخرى تعمل على ضعف واصفار للنبات وهي الديدان النيماتودية والتي تحدث امراض خطيرة واجهاد على محاصيل الحقل والخضروات والفاكهه
4. احيانا قد تحدث المكافحة الكيميائية ضد الكائنات الحية المسببة لامراض النبات ، قد تحدث اجهادا من نوع اخر فقد تؤثر تلك المركبات الكيميائية على فسيولوجية وايض كثير من النباتات بالاخص عندما تستعمل بتركيزات عالية فيزع ع انتها تقضي على المسبب المرضي، الا انها ترك اثر ضار على النبات قد تعرضه الى اجهاد.
5. الرعي : وهي عملية استهلاك الحيوانات المدجنة او البرية لاجزاء من النبات القائمة واحيانا يقتصر على اطراف النبات سواء شجرة او شجيرة، هناك ايضا ما يسمى بالرعى الجائر، وهو يحدث افراط للرعى وعندما تتعرض النباتات لفترة طويلة من الرعي اطول من اعادة نمو النباتات مرة اخرى، ومما لا شك فيه ان ازالة جزء من المجموع الخضري بواسطة الحيوانات المجترة يسبب ضعف سريع للنباتات لما يحدثه هذا النقص من اضطرابات ايضية ضرورية لحياة النبات مما يسفر الى النهاية عن اجهاد حيوي يعود بالضرر على النبات.

6. مشكلة الاحتطاب والتي تسبب قطع اجزاء افرع من الاشجار والشجيرات وهذا يحدث ضررا فسيولوجيا للاجزاء النباتية المتبقية وايضا يحدث اضطرابا للنباتات النامية حول هذه الاشجار التي تستظل بها من شدة حرارة الشمس في الصيف مما يحدث بها اجهاد من نوع اخر (اجهاد حراري).

### تجربة تاثير الاجهاد الحيوى (دراسة اثر التنافس على نمو النبات)

تجربة عن الاجهاد الحيوى الاجهاد: يمكن اتباع الاتي:

1. جلب 18 سندانة كبيرة الحجم (20 X 30 سم) ثم تملأ بالوسط الزراعي.
  2. جلب مجموعة شتلات وحسب المتوفر منها.
  3. تقسم الى ثلاثة مجاميع في كل مجموعة 6 سندانين.
  4. المعاملات المطلوبة هي :
    - المجموعة الاولى : نبات واحد في كل سندانة
    - المجموعة الثانية : ثلاثة نباتات في كل سندانة
    - المجموعة الثالثة : ستة نباتات في كل سندانة
  5. تروى النباتات بري اعتيادي
5. تسجل البيانات بعد نهاية التجربة كما في الجدول ادناه

جدول : متوسطات نتائج التجربة لمؤشرات النمو الخضري.

المجموعة الثالثة	المجموعة الثانية	المجموعة الاولى	الصفات المدروسة
			ارتفاع النبات
			عدد الفروع
			عدد الاوراق
			عدد الاوراق المتحورة
			المساحة الورقية
			الوزن الجاف لمجموع الخضري
			الوزن الجاف للمجموع الجذري
			طول الجذر