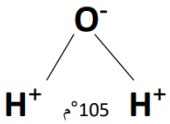
المحاضرة الثانية

الماء



الماء H_2O

الماء **Water** عامل حيوي مهم جدا للكائنات الحية في جميع عملياته الحيوية، إذ أن معظم الوظائف الفزيولوجية مرتبطة بالماء والمواد الدائبة فيه... يتغير محتوى الماء في النباتات حسب اأنواع النباتية وأعضاء النبات والوسط الذي ينمو فيه. دور الماء في النبات يمكن إيجازه فيما يلي:

1. **الإنتاج الخلوي:**

يعتبر الماء المسئول الأساسي عن صلابة الانسجة النباتية, ويضمن الوضع القائم للأعضاء النباتية التي تفتقد الى الانسجة الدعامية, وعندما تكون التغذية المائية للنبات غير كافية فأن خلاياه تفقد الماء مما يؤدي الى انكماش الخلايا ويترجم ذلك ظاهريا بذبول النبات كما ان الانتاج الخلوي مقروناً بالنمو ويسمح بتغلغل الجذور في الترب المختلفة.

2. **نقل العناصر المعدنية المغذية والمود العضوية:**

إضافة إلى كون الماء يساهم في تثبيت بنية وتنظيم أيض الخلية النباتية باعتباره المادة الأساسية في السيتوبلازم ، فإنه يلعب دور الناقل للعناصر المغذية المختلفة بواسطة أوعية الخشب **xylème** إلى جميع أجزاء النبات والمواد العضوية المتشكلة في الأوراق أثناء عملية البناء الضوئي تنقل أيضا بواسطة أوعية اللحاء **Phloème** إلى باقى أعضاء النبات في وسط مائي إضافة إلى منتجات الإستقلاب أو الأيض الخلوي المختلفة.

3. **التنظيم الحراري:**

مهما يكن محتوى الماء في النبات فإن ذلك لا يمثل في الحقيقة سوى نسبة ضئيلة جدا مما تمتصه الجذور من محلول التربة حيث يمثل تقريبا 1% مما يمتصه النبات، وليس معنى ذلك أن الفارق قد استهلك من النبات، لكن الماء يتقل في تيار متواصل من التربة إلى الجو عبر النبات تحت تأثير عملية النتح أو **Transpiration**. وتختلف كمية الماء المفقودة من نبات إلى آخر، فالنباتات العشبية قد تستبدل محتواها المائي يوميا، ويتدخل في ذلك عوامل بيئية عدة كالحرارة والرياح.. ويطرح الماء من النبات بشكل بخار أثناء عملية النتح مما يسمح بتنظيم حرارة الأجزاء الهوائية للنبات، ويساعد على التخلص من الحرارة الممتصة في شكل أشعة ضوئية عالية.

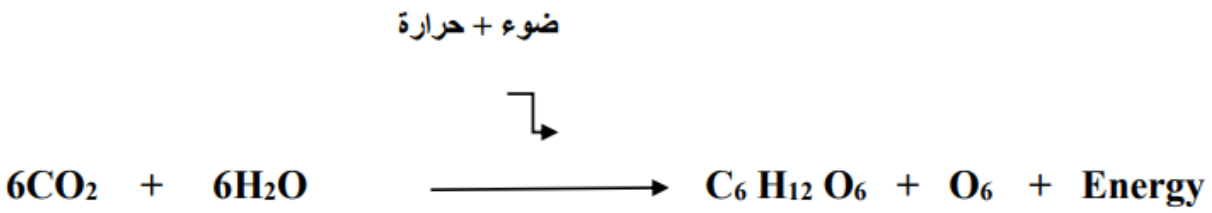
4. **الاشتراك في التفاعلات البيوكيميائية أو الأيضية:**

إضافة إلى اعتباره وسطا ملائما لعمل الإنزيمات فإن الماء يدخل مباشرة في كثير من التفاعلات البيوكيميائية للخلايا النباتية. كما أن الفائض المائي في التربة يؤثر في الخصائص الفيزيائية والكيميائية وحتى الحيوية لها ويعيق تنفس الجدور وتطورها ، ويسهل ظهور وانتشار الأمراض سواء في النبات أو التربة. إضافة إلى ذلك فإن كمية الماء زيادة أو نقصانا تعتبر عاملا محددا في إنتاج المحاصيل الزراعية في كل مراحل نمو النبات.

5. **الاشتراك في عملية البناء والهدم:**

الماء مادة خام أساسية Substrate لعملية البناء الضوئي **Photosynthesis** أو عملية الهدم،

إذ لا تستطيع النباتات الخضراء أن تبني المواد السكرية أو غيرها اللازمة في غياب الماء وإن توفر لها ثاني أكسيد الكربون والضوء كما هو معروف سواء في المعادلة الكيميائية لعملية



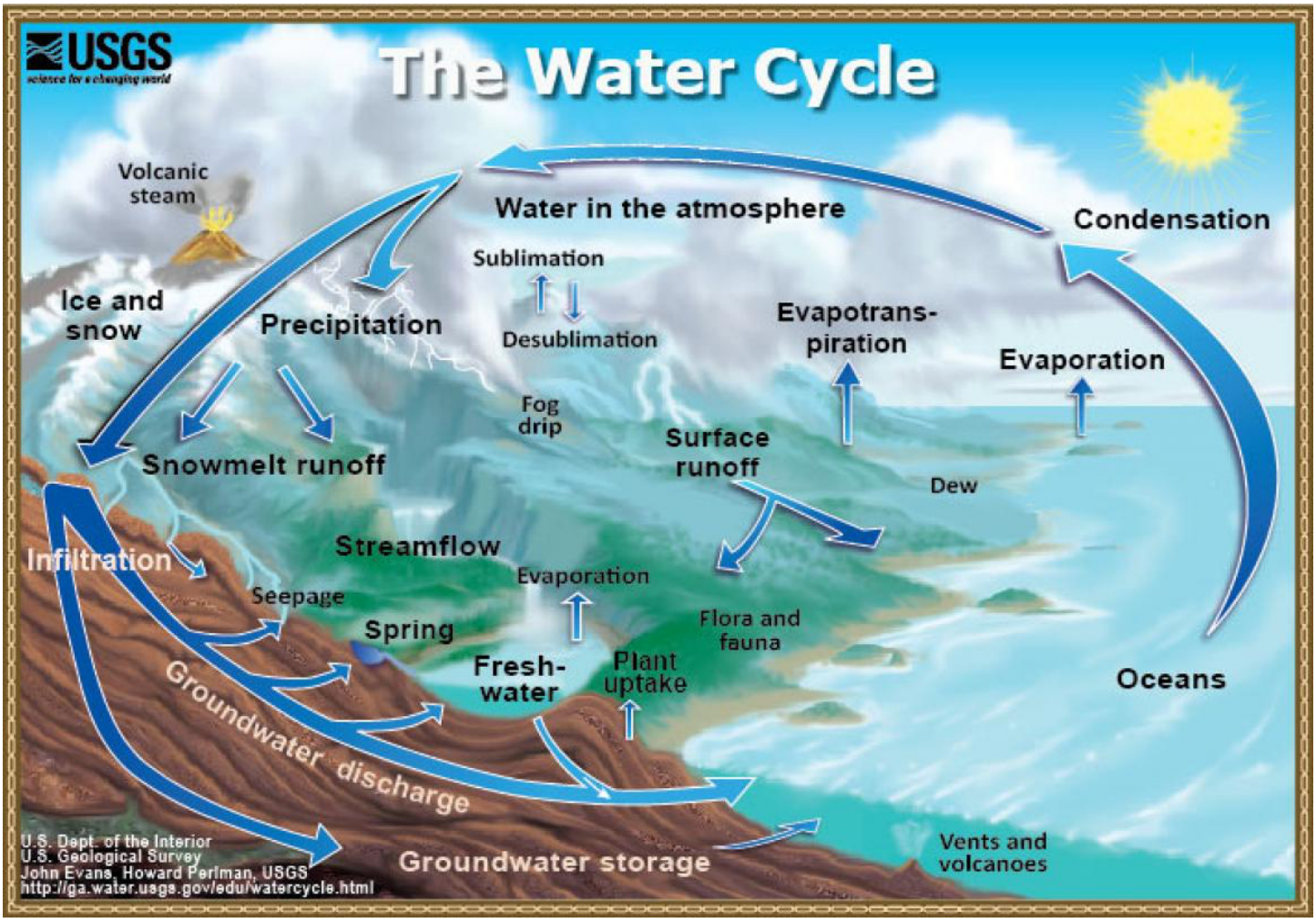
البناء أو الهدم.

6. **عملية التكاثر في النباتات:**

الماء يلعب دورا هاما في تكاثر النباتات خاصة الغير زهرية أو الغير وعائية حيث تحتاج السابحات الذكرية المتحركة في الوسط الرطب أو المائي حتى تصل إلى البيضة وتخصيبها. والنباتات اللازهرية تنتظر عادة هطول الأمطار أو تكثف بخار الماء مكونة طبقة رقيقة فوق سطح التربة أو سطح النبات فتجعل عملية الإخصاب ممكنة. والماء له دورا أساسيا في نقل حبوب اللقاح الخاصة بالنباتات المائية وحتى النباتات الزهرية بعد التلقيح بعد سقوطها على الميسم الزهري.

7. **إزالة مثبطات الانبات وتحفيز الإنبات:**

تتميز كثير من النباتات كالفول ***Vicia faba*** و الحرمل ***Razys stricts*** بوجود عائقات أو مثبطات الإنبات في صورة مواد كيميائية بهيئات مختلفة تذوب في الماء هذه المواد متواجدة بالقشرة أو القصرة *Cortex* وحتى في الجنين ، ولا يتم إنبات مثل هذه البذور إلا إذا توفر ماء كاف ووافر حتى يغسل ويذيب ما تحويه هذه البذور من مثبطات الكيميائية المعيقة للإنبات.



الشد المائي (الإجهاد المائي):

تعاني النباتات من الإجهاد المائي لسببين رئيسيين هما:

1. إما أن تكون كمية المياه الواصلة إلى الجذور محدوداً
2. أو عندما يزداد معدل النتح بشكل كبير يفوق كمية الماء الممتص.

إن سبب كمية المياه القليلة المتواجدة ضمن منطقة الجذور سببه العجز المائي ففي هذه الحالة تكون أسبابه مختلفة فقد تكون (جفاف أو ملوحة التربة العالية وغيرها) أو ربما تكون أسباب أخرى كالفيضانات وانخفاض درجة حرارة التربة.

في بعض الأحيان يكون الماء موجوداً في محلول التربة ولكن النباتات لا يمكن امتصاص ذلك ويعرف هذا الوضع بإسم "الجفاف الفسيولوجي"

يحدث الجفاف في أجزاء كثيرة من العالم وفي كل عام، في كثير خصوصاً تحت المناخ الجاف وشبه الجاف والمناطق التي تهطل فيها الأمطار ولكن يكون هذا الهطول غير متزن.

الشد المائي يعد من أهم محددات الإنتاج الزراعي لما له تأثير على العمليات الحيوية والفسيولوجية في النبات، وبالتالي نجد فإن النباتات قد تباينت في مقاومتها للشد المائي أو الجفاف فمنها ما يكون مقاوماً ومنها ما يكون متحاشياً أو هاربا من الجفاف.

استجابات النبات الفسلجية في ظل الإجهاد المائي

التركيب الضوئي Photosynthesis:

أكدت الكثير من الأبحاث تأثير الإجهاد المائي على مختلف عمليات التركيب الضوئي ويرجع ذلك إلى تلف الأجهزة الأنزيمية للبلاستيدات. فالنقص الشديد للماء يؤثر مباشره على الأنظمة اليخضورية الضوئية، ويؤدي ذلك إلى خفض محتوى الأوراق من الصبغات الخضراء والصبغات التمثلية الأخرى. حيث يرى كثير من الباحثين أن ذلك يتم بطرق متناسقة:

1. إما بغلق الثغور أو بارتفاع المقاومة الثغرية مما يحدد انتشار المبادلات الغازية كغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 إلى داخل الأوراق ومنه تحديد معدل التركيب الضوئي و المردودية والإنتاجية.
2. بالتأثير على تفاعلات الإستقلاب في مستوى الخلية وعضياتها المسئولة على ذلك.
3. التقليل من المساحة الورقية.
4. خفض فقد الماء عن طريق فتح وغلق الجهاز الثغري أو آلية النتح.

التنفس Respiration:

يسبب نقص الماء في الأغشية الخلوية ضعف نفاذية الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون ويؤدي ذلك إلى زيادة شدة التنفس، فعندما تقترب انسجه الأوراق من الذبول يتحلل ما بها من النشا وتتحول إلى سكريات دائبة وبارتفاع كمية السكريات الدائبة تزيد من سرعه التنفس وهذا ما يلاحظ عاده عند بداية الذبول.

النتح Transpiration:

للمحافظة على المحتوى المائي الداخلي يبدي النبات جملة من الآليات، كبعض الصفات المورفولوجية للأوراق كالتنظيم الثغري والتفاف الأوراق التي تساهم في تقليص فقدان الماء من النبات. وظاهرة التفاف الأوراق تعتبر كمؤشر لانكماش الخلايا ووسيلة لتفادي جفاف الأنسجة بالتقليل من عملية النتح. وعليه تتمثل أهم آليات المحافظة على المحتوى المائي خلال الجفاف أو النقص المائي في تنظيم آلية فتح وغلق الثغور التفاف نصل الورقة وتقليص امتصاص الأشعة الضوئية.

إن عملية النتح مرتبطة بعدة عوامل داخلية أو مورفولوجية أهمها المساحة الورقية سمك طبقة الكيوتيكل **Cuticule** وعدد ومكان توضع الثغور **Stomata** على سطح الورقة . وهي من العوامل التي يتكيف معها النبات حسب شدة الإجهاد المائي. لوحظ أيضا أن ظاهرة الابيضاض تخفض النتح الكيوتيكيلي وتؤثر بقوة على المردود وعلى فعالية استغلال الماء بتأخير موت الأوراق.

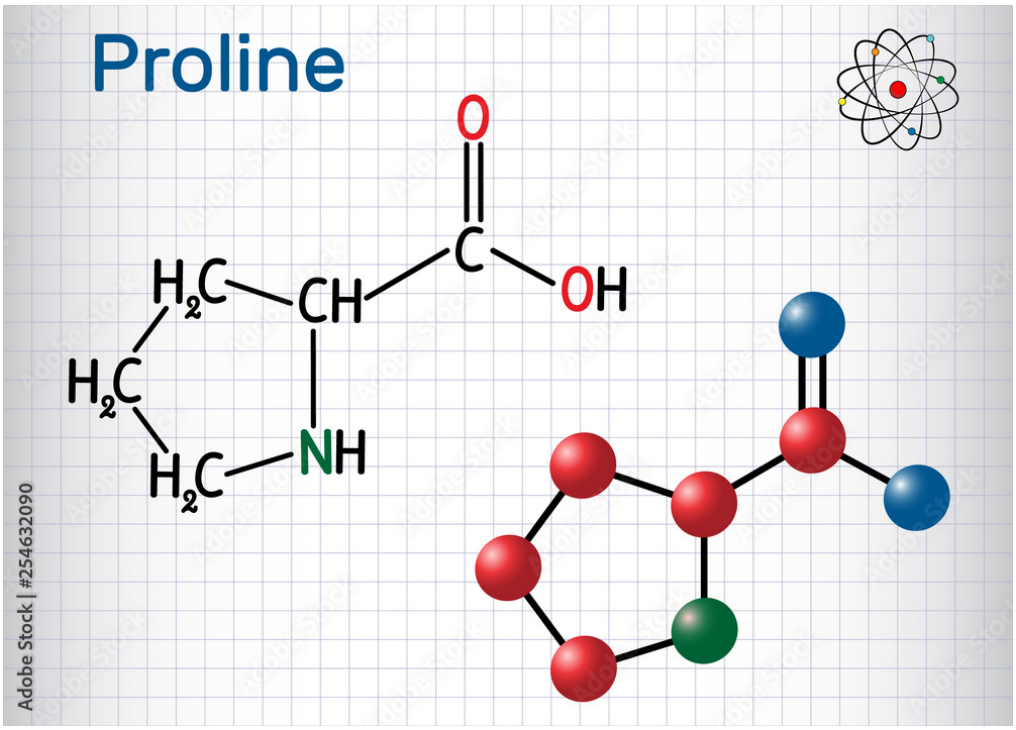
تأثير الإجهاد المائي على الخصائص البيوكيماوية:

1. السكريات:

السكريات هي من الكربوهيدرات التي تمثل أحد أصناف الغذاء الرئيسية الثلاثة، وتصنف حسب تركيبها الكيميائي إلى أحاديات السكاريات وهو التركيب الأبسط مثل الغلوكوز، والثنائية مثل السكروز، وعديدات السكريات مثل النشاء و السيليلوز إن تحمل الجفاف يعود للاستعمال التدريجي للمدخرات النشوية حسب ما لاحظه وأشار الكثير من الباحثين إلى نقص السكريات في النبات تحت ظروف الجفاف، وهذا راجع إلى الدور الوقائي الذي تلعبه السكريات الذائبة على مستوى الأنظمة الغشائية بصفة عامة والميتوكوندرية بصفة خاصة. بالإضافة إلى ذلك فإن النقص الذي يحدث في كمية السكريات يرجع بالدرجة الأولى إلى مساهماتها في حمايه

التفاعلات المؤدية إلى تركيب الأنزيمات الشيء الذي يسمح للنبات بتحمل أفضل المؤثرات خاصة الجفاف حسب كثير من الباحثين. ولوحظ أيضا أن السكريات الذائبة يتناسب محتواها وفقا لأصناف النبات كما في القمح حيث تزداد في المراحل الأولى للجفاف ثم تتناقص عند الأصناف المقاومة، فالأصناف التي لها قدرة عالية على الاحتفاظ المائي هي التي تتميز بتجميع أكبر للسكريات الذائبة التي تمكنها من الحفاظ على حياه أطول.

2. البرولين Proline:

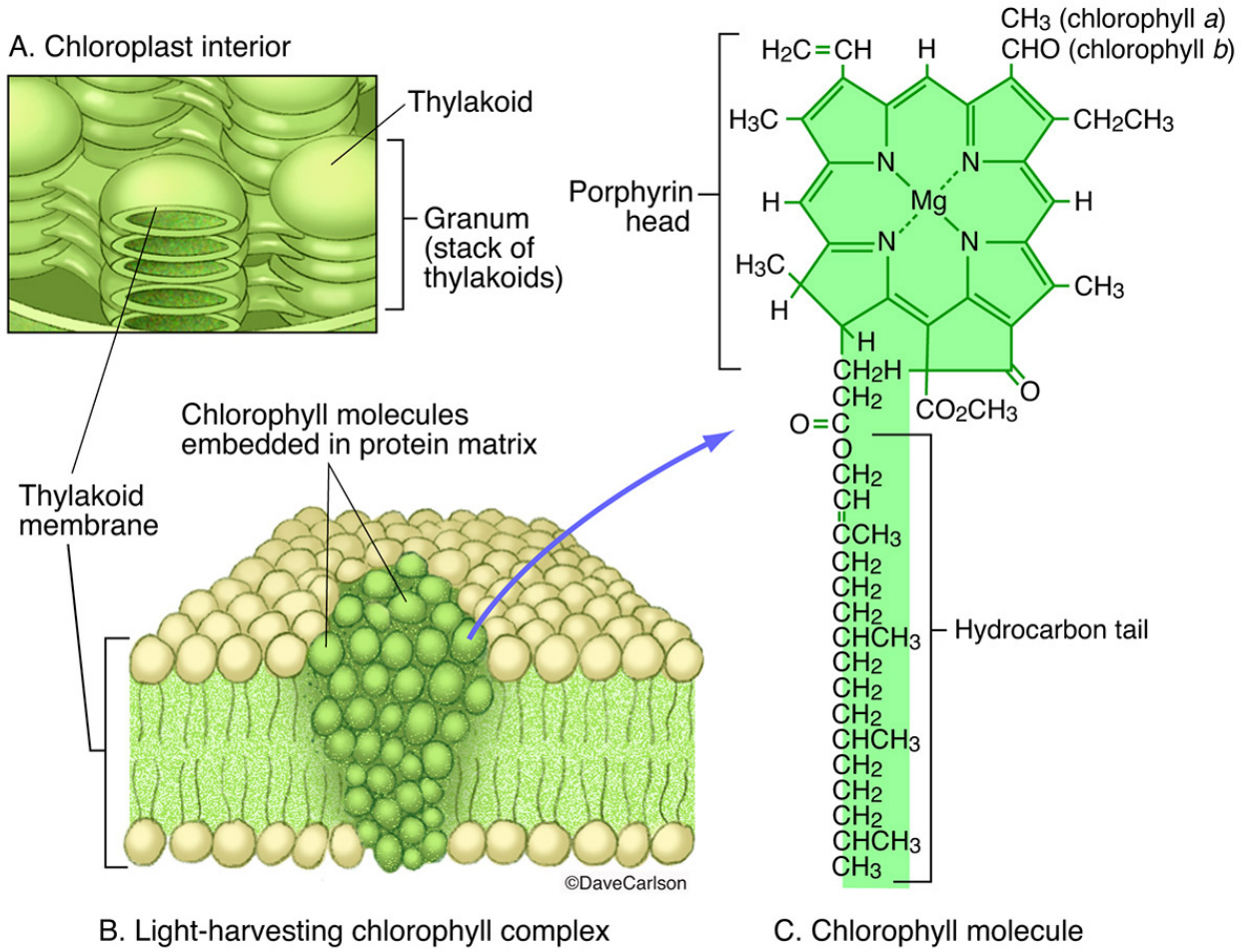


البرولين حمض أميني يمتلك خواص كيميائية مشابهه لخواص جميع الأحماض الأمينية. إلا أنه يختلف عنها في كونه ينفرد بصيغة كيميائية معينة تكون فيها المجموعة الأمنية NH2 ليست حرة حيث انه يحتوي على أمين ثانوي في حلقة البيروليدين الأمنية.

تخليق البرولين:

يتم تخليق البرولين في الأوراق ثم ينتقل إلى الجذور لكي يتراكم، وتتغير نسبة البرولين حسب الأنواع، إضافة إلى ذلك فانه يتغير ويرتفع بارتفاع درجة الحرارة، وعند تعرض النبات للجفاف وأي إجهاد. ويبدأ البناء التركيبي للبرولين مع الجليتاميك **Glutamique** ينتهي بواسطة حمض الكربوكسيليك برولين.

3. الكلوروفيل Chlorophylle:



يؤدي النقص المائي إلى غلق الثغور وهذا راجع إلى تراكم حمض الأبسيسيك، كما آن انخفاض الضغط المائي يؤخر تخليق الكلوروفيل a ويعيق تراكم الكلوروفيل .. كما أن نقص نشاط عمليه التركيب الضوئي تحت ظروف النقص المائي يرجع إلى حدوث تلف في النظام الضوئي تحت هذه

الظروف الإجهادية، ويرجع ذلك إلى حدوث تلف في النظام الأنزيمي للبلاستيدات الخضراء والكلوروفيل أثناء النقص المائي حيث يتغير تركيب البروتوبلازم الخلوي. وحدوث اضطراب في كل العمليات الحيوية كعمل الميتوكوندري ودورة كريبس ونشاط السيتوكرومات وهذا حسب العديد من الباحثين.

تأثير النقص المائي على النبات:

تنتج التأثيرات السلبية للإجهاد المائي عن جفاف بروتوبلازم الخلايا، إذ أن فقدان الماء يؤدي إلى انكماش بروتوبلازم الخلايا ومنه ارتفاع تركيز المحاليل، الشيء الذي يسبب أضرارا كبيرة على المستويين البنيوي و الإستقلابي الإجهاد المائي الشديد يمكن أن يحدث انخفاض في الكمون الماني الإجمالي، الكمون الحلولي وكمون الإنتباج إلى مستويات دنيا ومنه توقيف أو إبطاء بعض الوظائف الحيوية كالتركيب الضوئي التنظيم الثغري و الإستقلاب بصورة عامة.

يمكننا تلخيص مجمل تأثيرات النقص المائي على النبات في النقاط التالية:

- يؤثر الإجهاد المائي على العلاقات النائية في الخلية حيث يغير من الجهد الكلي للماء والجهد الأسموزي وجهد الضغط، مما يسبب انغلاق الثغور الذي يؤثر بدوره على دخول CO_2 الذي يؤثر على عملية البناء الضوئي.
- يحث على زيادة درجة الشيخوخة، تساقط الأوراق وعدم تكوين الأزهار.
- يؤثر على الأنسجة النباتية بحيث تتعرض للعديد من التغيرات منها تغيرات إنزيمية وتغيرات في محتواها من الكاربوهيدرات والبروتينات.

- يؤثر على الأنسجة والهرمونات النباتية بتغيير تركيزها وتتفاعل طبقا لذلك، منها حمض الأبسيسيك (ABA)، السيتوكينين (Cytokinine)، حمض الجبريلين (Geberriline)، الايثيلين ,(Etyline) والأوكسين (Auxine).
- أوضحت الدراسات أن الإجهاد المائي المعدل أو الشديد يسبب زيادة في نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة. وقد بينت الكثير من الأبحاث أن الإجهاد المائي يمكن أن يستحدث حالة من الإجهاد التأكسدي في النبات، بزيادة أشكال الأكسيجين الفعالة (R.O.S) Reactive Oxygen Species مثل جزيئة الأكسيجين الحرة وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وجذور الهيدروكسيل OH الناتجة عن الاختزال غير التام بالأوكسجين O_2.

تعد جذور الأوكسجين الفعالة مصدر أساسي لأضرار الخلايا تحت ظروف الإجهاد المائي، وهي عالية السمية للخلايا حيث تتفاعل بصورة مباشرة مع مكونات الخلية وتتفاعل مع اللبيد المتواجد بجدار الخلية مسببة تلفا بسبب حصول ثقوب فيه والتي تؤدي إلى حدوث تسرب في محتواها وجفاف سريع بها وبالتالي موتها. ويسبب في الخلية أضرار بالغلاف الخلوي، حيث يؤثر في الفعالية التنفسية للميتوكوندري وتحطم صبغة الكلوروفيل وبذلك تقلل من قدرة تثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بالبلاستيدات الخضراء.

- يؤدي الإجهاد إلى نقص واضح وكبير في البناء الضوئي بسبب انغلاق الثغور نتيجة نقص الماء بالخلايا الحارسة.