وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الأنبار

كلية الزراعة

قسم المحاصيل الحقلية

محاضرات

الإجهاد البيئي

المرحلة الرابعة

إعداد

الدكتور وليد عبد الستار طه الفهداوي

2020-2019

مفردات المنهاج:-

- تعريف الاجهاد وأنواعه.
- الاجهاد المائي.
- تأثير الاجهاد المائي على العمليات الفسيولوجية.
- تأثير الإجهاد المائي على المكونات الأيضية.
- تأثير الإجهاد المائي على مورفولوجيا وتشريح النبات.
- تقسيم النباتات حسب حاجتها للماء.
- تأقلم النباتات للإجهاد المائي .
- التقسية.
- الاجهاد الحراري.
- تقسيم النباتات وتأقلمها لدرجات الحرارة المختلفة.
- اجهاد الحرارة المنخفضة.
- تأثير اجهاد الحرارة المنخفضة على العمليات الفسيولوجية.
- تأثير اجهاد الحرارة المنخفضة على المكونات الأيضية.
- اجهاد التجمد.
- التأثير على العمليات الفسيولوجية.
- اجهاد الحرارة المرتفعة.
- التأثير على العمليات الفسيولوجية.
- التأثير على المكونات الأيضية.
- الاجهاد الملحي.
- مشكلة ملوحة التربة.
- أسباب ملوحة التربة.
- أنواع النباتات وتأقلمها للإجهاد الملحي.
- تأثير الاجهاد الملحي على تشريح النبات.
- تأثير الإجهاد الملحي على العمليات الفسيولوجية.
- العوامل الخارجية التي تؤثر على الاستجابة للإجهاد الملحي.
- اجهاد الرقم الهيدروجيني.
- الاجهاد الضوئي.
- أهمية الضوء.
- تأثير الاجهاد الضوئي على المحتويات الايضية.
- أنواع النباتات وتأقلمها للإجهاد الضوئي.
- تأثير الإجهاد الضوئي على العمليات الفسيولوجية.
- اجهاد الملوثات.
- أنواعها ومصادرها.
- تأثير الملوثات على النباتات.

المحاضرة الاولى **إجهاد بيئي** **د.وليد الفهداوي**

المقدمة:-

يمكن تعريف الإجهاد بأنه: عدم اتزان فسلجي وهذا يحدث لتعرض النبات لأحد العوامل البيئية الطبيعية التي تؤثر في نمو النبات ويكون تغير هذه الظروف واختلافها مؤثراً على النبات مما يجعل النبات واقعا تحت ما يسمى بالجهد أو بالضغط البيئي أو بالشد البيئي ويمكن تعريف الجهد البيئي: عدم استقرار الحالة المثلي للعمليات الحيوية للنبات والذي يؤدي إلى ظهور تغيرات أو استجابات النبات. أي أن النبات سيتأثر وبشكل كبير تحت الظروف البيئية الغير الملائمة للنمو وتعرف هذه الظروف بعوامل الإجهاد.

العوامل المؤدية إلى الإجهاد:-

تنقسم عوامل الإجهاد إلى جزئين لا ثالث لهما وهما:-

1- **عوامل أحيائية (Biotic):** مثل زيادة الكثافة النباتية في وحدة المساحة وكذلك النباتات المتطفلة والأحياء المجهرية والرعي.

2- **عوامل غير أحيائية (Abiotic):** مثل الإشعاع، الحرارة، الماء، الغازات، الخ .

قام العلماء بدراسات متعددة لمعرفة السلوك الذي يسلكه النبات الواقع تحت الإجهاد فوجدوا أنه يتخذ طريقين للمقاومة هما:

1- الهروب أو التجنب Escape or Avoidance: وهو تجنب النبات العامل المسبب للإجهاد كأن يقوم بعدة تحولات كيميائية داخل الخلايا لتحاشي العامل المجهد.

2- التحمل Tolerance: قدرة بروتوبلازم الخلية النباتية على مقاومة العامل المجهد، وهنا نجد أن قدرة النبات على البقاء في البيئة المعرضة للإجهاد تعتمد على قدرته على القيام بإحدى العمليات التالية:

أ. الهرب من الإجهاد.

ب. تحمل الإجهاد.

ج. استعادة النشاط بعد زوال الإجهاد.

وتختلف النباتات فيما بينها من خلال التعامل مع الإجهاد البيئي إذ يعتمد ذلك على:

1- المقدرة الوراثية لكل نبات حيث يختلف تعامل أنواع مختلفة من النباتات تجاه العامل المؤثر عليها.

2- اختلاف استجابة النبات يختلف باختلاف الأوقات (ليل- نهار- اختلاف فصول السنة.

3- اختلاف المرحلة العمرية للنبات (بذرة - نبات كامل - بادرة).

سلوك النبات عند تعرضه للإجهاد:-

غالبية الكائنات الحية عند تعرضها للإجهاد ستدخل في عدة مراحل:

1- مرحلة التنبيه أو الإنذار (Alarm phase): ويقصد بها بداية وقوع الضرر على النبات وفيها يفقد النبات الاتزان حيث تكون عمليات الهدم أكثر من عمليات البناء.

مرحلة المقاومة (Resistance phase) : وهي المرحلة التي يكون عامل الإجهاد مستمر وفيها يقوم النبات إما بالتقسية (Hardening) إذا كان الإجهاد مؤقتا أو بعملية التكيف (Adaptation) إذا كان العمل مستمراً.

3- مرحلة الإنهاك (Exhaustion phase) أو المرحلة النهائية (End phase): وفيها يصل النبات لهذه المرحلة لحالتين:

أ - إما أن يكون غير قادر على القيام بالمرحلة الثانية (المقاومة).

ب - أو أن يكون قد تعرض للإجهاد لفترات طويلة جدا أو أن عامل الإجهاد قد زاد من شدته، مما يؤدي إلى تعرض النبات للأمراض المختلفة نتيجة لضعف وسائل الدفاع ليؤدي إلى انهيار النبات و موته.

الشد المائي (الإجهاد المائي):-

تعاني النباتات من الإجهاد المائي لسببين رئيسيين هما:

1- إما أن يكون كمية المياه الواصلة إلى الجذور محدودا.

2- أو عندما يزاد معدل النتح بشكل كبير يفوق كمية الماء الممتص.

إن قلة كمية المياه 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 خصوصا تحت المناخ الجاف وشبه الجاف والمناطق التي تهطل فيها الأمطار ولكن يكون هذا الهطول غير متزن.

إن 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 مقاوما ومنها ما يكون متحاشيا أو هاربا من الجفاف.

تأثير الإجهاد المائي على النبات:-

يعتبر الجفاف إجهاد لاإحيائي وله جوانب كثيرة في الطبيعة، وهو يؤثر على النباتات في النظم المختلفة (نظام التنفس، والامتصاص والنتح .... الخ)، فإذا إستمرالجفاف لمدة طويلة فإن العديد من النباتات تذبل وتموت حيث أن الإجهاد المائي في النباتات يقلل من دخول الماء إلى الخلية النباتية وبالتالي رفع تركيزات الأملاح في العصارة الخلوية ونتيجة لذلك سيتم تقليل إنقسام الخلايا مما يؤدي إلى تثبيط النمو وعدم التزهير وبالتالي يؤثر على عملية التكاثر.

يعمل الإجهاد المائي على تغيرات حيوية منها: تراكم حمض الأبسيسيك ABA والبرولين والذي يؤدي إلى الذبول، وفي هذه المرحلة سيكون استهلاك أعلى لغاز الاوكسجين وتشكيل مركبات الأسكوربات والجلوتاثيون والتي تؤدي إلى زيادة التأثير السلبي على النمو وتركيب الخلايا النباتية.

لا يؤثر الجفاف فقط على العلاقات المائية كخفض محتوى الماء فحسب، بل إنه يؤثر أيضا إغلاق على الثغور والتقليل من التبادل الغازي، ويقلل النتح والتمثيل الضوئي.

وكذلك من الآثار السلبية للإجهاد على التغذية المعدنية (امتصاص ونقل المواد الغذائية) والأيض يؤدي إلى انخفاض في مساحة الورقة، كما تتغير مرونة جدار الخلية النباتية واختلال التوازن وكما تم تسجيل حالة عدم إتزان في توزيع الأيونات داخل الخلايا.

ومن نتائج تأثير الأجهاد الأخرى هي تخليق البروتين ومن mRNA جديد. كما يؤثر الإجهاد المائي أيضا في إيقاف أو بطئ إنقسام الخلايا إذ يكون النبات النامي تحت الإجهاد متقزماً ومشوها حيث يؤثر الإجهاد في توسيع الخلايا أكثر من زيادة عددها.

وتلخيصا لما سبق ذكره؛ فإن النبات يتأثر بسبب الإجهاد المائي من عدة جوانب أهمها: نمو النبات، تغيير عملية التمثيل الضوئي، التنفس، امتصاص العناصر والأيونات، بناء الكربوهيدرات، التمثيل الغذائي، المغذيات والهرمونات.

تأثير الإجهاد المائي في البناء الضوئي:-

يعتبر البناء الضوئي حساسا لنقص الماء إذ تتأثر وظائف الأعضاء التي تساهم بعملية البناء الضوئي (كالورقة ومحتوياتها)، وهذا الانخفاض في معدل التمثيل الضوئي يعزى إلى سببين رئيسين هما:

1- تقليل من إنتاج خلايا الثغور.

2- وضعف التمثيل الغذائي.

فعند مناقشة هذين السببين نجد أن السبب الثاني هو أكثر تعقيداً من السبب الأول حيث إلى حد الآن معرقلات التمثيل الغذائي غير واضحة، في حين أكدت دراسات أن إغلاق الثغور هو السبب في تثبيط المركبات البناء الضوئي التي تقوم بإنتاجها نباتات C4 تحت ظروف الإجهاد المائي كما أن هنالك دراسات أخرى بينت أن الأسباب ليست لها علاقة بفتح أو غلق الثغور.

إن كل من نباتات C3 وC4 يتأثر معدل التمثيل الضوئي في أوراقها تحت ظروف الإجهاد المائي، إلا أن الأدلة العلمية أثبتت أن نباتات C4 أكثر تحملاً لظروف الإجهاد من نباتات C3 ، وهذا ما يفسر نمو كثير من نباتات C4 (كالذرة الصفراء مثلاً) في المناطق الحارة والجافة أو المناطق التي تتعرض للجفاف المتكرر على خلاف نباتات C3 (كالحنطة مثلا).

إن نباتاتC3 وC4 لها نفس الأساس في البناء الضوئي (مثل دورة كالفن - سلسلة النقل الالكتروني) إلا أن هنالك اختلافات كبيرة بينهما أدت إلى زيادة كفاءة نباتات C4 في مواجهة مستويات من الإجهاد المائي.

هنالك العديد من العوامل المشتركة التي من شانها تقليل كفاءة التمثيل الضوئي في النباتات التي تكون تحت ضغط الإجهاد المائي بغض النظر عن كونها نباتات C3 وC4 و منها: التغيرات الكمية والنوعية في وفرة صبغات الأوراق التي لها دور كبير في عملية البناء الضوئي، انخفاض امتصاص CO_2 بسبب إغلاق خلايا الثغور وكذلك ضعف استيعاب الأوراق للضوء.

تنخفض معدلات استيعاب الأوراق للضوء نتيجة لانخفاض في نواتج التمثيل الضوئي ونشاط الأنزيمات وكذلك انخفاض كفاءة التبادل الغازي وتثبيط نشاط البلاستيدات الخضراء عند الإجهاد المائي، ومن بين العوامل المشتركة الأخرى للإجهاد المائي هي تلف أجهزة البناء الضوئي من خلال زيادة طرح غاز ثاني أوكسيد الكربون وعوامل أخرى تستحق الاهتمام.

إن انخفاض بناء الكلوروفيل في الأوراق في النباتات المتعرضة للإجهاد المائي هو منع تركيب الكلوروفيل في أربعة مراحل متتالية وهي بإيجاز:

1- تشكيل حامض 5-Amino Levulinic Acid ويسمى أيضا (ALA).

2- زيادة تركيز حامض ALA خلال عمليات أيضية.

3- تحويل المركب ProtoChlorophyllide إلى Chlorophyllide ضوئياً (العملية الطبيعية هي تحويل Chlorophyllide إلى ProtoChlorophyllide) ، ويعد المركب الأخير هو المادة الأساسية الحية لبناء الكلوروفيل.

4- تركيب كل من الكلورفيل A و B إلى جانب إدماجهما خلال تطوير معقدات الصبغة - بروتين الخاصة بجهاز البناء الضوئي.

في كثير من الحالات تكون الكاروتينات أقل حساسية للإجهاد المائي من الكلوروفيل وهذا ماتم إثباته ولكثير من المحاصيل، من جانب أخر وعلى خلاف الكلوروفيل نجد أن صبغة الزانثوفيل تلعب دوراً وقائياً للنبات حيث تعطي في بعض الأحيان صفة مقاومة للإجهاد ولهذا نجد أن النباتات تتلون باللون الأصفر عند تعرضها للإجهاد المائي.

يعتبر أنزيم RuBisCO وهو اسم مختصر لإنزيم (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase) هو المفتاح لعملية التمثيل الغذائي للكربون في الأوراق، إذ يلعب دوراً هاماً في تفكيك غاز CO2 في دورة كالفن وأيضا كأنزيم انتزاع الأوكسجين في التنفس الضوئي والتي غالبا ما ينظر إليها على أنها صفة سلبية. ويعد هذا الأنزيم من الأشياء المؤثرة

فسيولوجيا في النباتات الواقعة تحت الإجهاد المائي وقد ظهر هذا الأثر وبشكل واضح في العديد من الدراسات إذ لوحظ انخفاض هذا الأنزيم وبشكل سريع عند تعرض النباتات للإجهاد وهذا ما يُقلل من استخدام النبات لغاز ثاني أوكسيد الكربون من البيئة المحيطة نتيجة لغلق الثغور ويحدث نتيجة لذلك ما يسمى بالتنفس الضوئي إذاً فالتنفس الضوئي حالة يلجأ إليها النبات للتعويض عن نقص أنزيم RuBisCO وبالتالي سيأخذ النبات غاز الأوكسجين عوضاً عن إنخفاض الأوكسجين الناتج بسبب تضرر البلاستيدات الخضراء.

تأثير الإجهاد المائي على تركيب البروتين:-

تعمل ظروف الإجهاد المائي على إحداث تغييرات مختلفة في البروتينات سواءً كان هذا التغيير كميا أو نوعياً وبشكل عام فإن البروتينات التي تُصنع في النبات تقل وبشكل ملحوظ نتيجة للإجهاد المائي. ويمكن ملاحظة هذا الانخفاض في نباتات C3 أكثر مما هو عليه في نباتاتC4 . يعمل الإجهاد المائي على إحداث تغييرات في تركيب الجينات وبالتالي سيحدث ذلك تغييراً في تركيبmRN وبذلك سيعمل على تكوين بروتينات جديدة مختلفة عن تلك النباتات النامية جزيئات تحت الظروف الطبيعية، كما ويؤثر الإجهاد المائي على تلك العوامل التي تدخل في ترتيب القواعد النتروجينية أثناء الترجمة (ترجمة الشفرات الوراثية) وبالتالي إحداث صفات غير مرغوبة في النبات.

المصادر:

صقر، محب طه.2006. أساسيات كيموحيوية وفسيولوجية النبات. كلية الزراعة-جامعة المنصورة. مصر. ع ص230.

عواد.حسن عودة. 2009. وراثة وتربية المحاصيل للاجهاد البيئي(الجفاف-الحرارة العالية-التلوث البيئي). الجزء الاول. المكتبة المصرية. للطباعة والنشر والتوزيع. الإسكندرية. جمهورية مصر العربية.

ياسين. بسام طه. 1992. فسلجة الشد المائي في النباتات. دار الطباعة والنشر. جامعة الموصل. ع ص 432.

Cazares, B., F. Ortiga, L. Elens and R. Medrano. 2010. Drought tolerance in crop plants. Am. J. Plant Physiol. 5(5):242-256.