الفصل العاشر

استجابة النبات لعوامل بيئية أخرى
Response of Plants to Other Environmental Factors

مقدمة

أولاً: إجهاد الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation

لا يوجد أدلة على أن الأشعة فوق البنفسجية تسبب أضراراً للنبات في الطبيعة. أن الأشعة ذات طول الموجة أقصر من 300 nm (موجودة في الأشعة الشمسية) هي الأكثر ضرراً للبروتين والأحماض النووية، ولكن شدتها غير كافية لإحداث أضراراً للنبات، وكذلك فإن النباتات تحتوي على حماية بواسطة البشرة والأدمة والجدر الخلوية.

من الممكن أن تنشأ الأضرار من الأشعة فوق البنفسجية ذات الشدة المرتفعة وموجتها أطول من 300 nm، فهي من الممكن أن تسبب تحطم الكلوروفيل، وهذا قد يفسر كون أن نباتات الشمس أقل اخضراراً من نباتات الظل (شكل ١٢٠).

شكل (١٢٠). يوضح تحطم الكلوروفيل بتعريض النباتات للأشعة الفوق بنفسيجية بالمقارنة بالكونترول.

الأشعة فوق البنفسجية موجودة في الطيف الشمسي، وما يمتصه النبات منها هو ا لذي يؤثر عليه. تمتص الطحالب ٨٠ – ٩٥ ٪ منها، وكذلك تمتص أنسجة النباتات الراقية كمية كبيرة منها، ويوجد الكثير من المواد في النبات تمتص هذه الأشعة (أكثر من امتصاصها للأشعة المرئية)، مثل صبغة الأنثوسيانين، وهي موجودة بشكل كبير في خلايا البشرة وفي الخلايا تحت البشرة، وعليه يعتقد أنها تحمي خلايا النسيج الوسطي، بحيث تنقي الأشعة التي تصل إليها من الأشعة فوق البنفسجية. أكثر الأشعة المضرة منها هي ذات طول الموجة 290 nm و 253.7 ppm وهما تتناسبان مع طيف امتصاص الضوء لكل من البروتين والأحماض النووية.

ومن تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية على النبات ما يلي:

١ – تسبب تكسر الكلوروفيل protochlorophyll في الأوراق

٢ – تثبيط النمو، وقد استخدم ذلك لتفسير صغر حجم نبات *alpine* الموجود في المناطق المرتفعة، فهو يتعرض إلى شدة عالية من هذه الأشعة.

٣– يسبب تعرض الجذور للأشعة فوق البنفسجية تكون خلايا طويلة بشكل غير عادي، ويعزي ذلك لتثبيط الانقسام.

٤ – تسبب زيادة في محتوى النبات من مثبطات النمو، مثل chlorogenic acid.

٥ – تسبب زيادة محتوى النبات من الفينولات والقلويدات والسكريات الذائبة.

٦ – تثبيط التنفس، بسبب فقد الكينونات quinines لنشاطها.

٧– تسبب تكون فوق أكسيد الهيدروجين.

٨– تسبب زيادة نشاط peroxidase.

٩– تثبط نشاط عدد من الإنزيمات في الأوراق.

١٠ – تثبط بناء البروتين.

توجد اختلافات كبيرة بين النباتات في مقاومتها لها.ومن طرق المقاومة:

١ – ترشيح الأشعة الساقطة منها بواسطة خلايا البشرة، فهي تحتوي في بعض الحالات على كمية كبيرة من الأنثوسيانين التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية.

٢– يعتقد أن للثيوريا دور في حماية بشرة البصل منها؛ نظراً لامتصاصها لها. وهناك عدد من المركبات التي تمتص محاليلها للأشعة فوق البنفسجية.

٣– يحمي الجلوكوز myo-inositol الجذور من الأشعة فوق البنفسجية.

٤ – المقاومة عن طريق انعكاسها، كما في الأزهار.

٥ – المقاومة عن طريق إصلاح الضرر بآلية تسمى photoreactivation، مثلاً ينشط ما تثبطه بواسطة الضوء ذو طول الموجة القصيرة (360 - 490 nm).

ثانياً: إجهاد الأوزون (O_3)

من تأثيرات الأوزون على النبات ما يلي (شكل ١٢١):

١- يسبب فقد النفاذية الاختيارية للأغشية، فعندما تكون كميته كبيرة والثغور مفتوحة، يفقد الغشاء البلازمي نفاذيته الاختيارية ويتبع ذلك بلزمة وموت للخلية.

٢- يستحث تكون الإثلين لاستحثائه زيادة نشاط أحد إنزيمات أيض إنتاج الإثلين.

٣- من الممكن أن يسبب تكون كل من OH و O_2^- و H_2O_2 في البيئة المائية.

٤- يفترض أنه يتفاعل في الخلية مع الأحماض الدهنية غير المشبعة ويتكون H_2O_2 والدهيد.

٥- تحتوي الجدر الخلوية والغشاء البلازمي على مركبات تتفاعل معه ويتكون أكسجين نشيط.

٦- وبما أنه عامل مؤكسد فهو يسبب زيادة في معدل التنفس ونقص في معدل البناء الضوئي.

٧- يثبط الفسفرة الضوئية والفسفرة التأكسدية.

٨- يسبب أضراراً للكلوروفيل، حيث يستخدم ذلك لقياس الضرر الذي يسببه للنبات.

٩- يثبط نقل الإلكترونات في البناء الضوئي.

١٠- يثبط اختزال النترات، ويرجع سبب ذلك إلى تأثيره على التفاعلات المنتجة إلى NAD(P)H.

١١- يثبط نشاط nitrite reductase.

١٢- التركيز المنخفض منه يسبب زيادة نشاط nitrite reductase والتركيز المرتفع يسبب نقص في نشاطه.

١٣- يثبط نشاط الأنزيمات، ويرجع ذلك لمهاجمته مجموعة SH ي البروتين. وعليه يمكن التقليل من ضرره في بعض الحالات يرش النبات بعامل مختزل.

١٤- يسبب تكون مركبات سامة، مثل isoflavanoids، والتي تتراكم في بعض النباتات، مثل فول الصويا عند تعرضها له.

شكل (١٢١). تجربة تأثير الأوزون على النبات.

من طرق المقاومة

١- انغلاق الثغور.

٢- إصلاح الأضرار التي يسببها للغشاء.

٣- زيادة نشاط الإنزيمات المهمة في مقاومة إجهاد الأكسدة.

ثالثاً: إجهاد ثاني أكسيد الكبريت

يسبب ثاني أكسيد الكبريت أضراراً للنبات ويحدث الضرر عند تركيز 5-10 ppm، ويعتمد التركيز المضر على طول فترة زمن التعرض له وقد عوملت بعض البادرات بتراكيز مختلفة من SO_2 (شكل ١٢٢). ومن أضراره:

١- الإصفرار، ويقاس الضرر بنقص الكلوروفيل، وكذلك بقياس كمية البوتاسيوم التي تخرج.

٢- يثبط البناء الضوئي.

٣- يذوب في الماء عند دخوله الأوراق ويتكون sulfurous acid والذي يكون مع الأملاح sulfite salts وتؤكسده النباتات إلى sulfate والتي تكون غير مضره، وإذا لم يحدث التحول فإن sulfate تكون مضره للنبات.

وتختلف النباتات في درجة مقاومتها له، ومن طرق المقاومة هو انغلاق الثغور.

شكل (١٢٢). تجربة تأثير ثاني أكسيد الكبريت تبعاً لعدد أيام التعريض على إصفرار النبات بنقص محتوى الكلوروفيل.

رابعاً: إجهاد الفلور

الفلور منتشر في القشرة الأرضية، وهو من مكونات التربة ويصل تركيزه فيها إلى ١ ٪ وتركيز 200 ppm نموذجي. وتركيزه في التربة الزراعية أقل من ٠٫٠٥ ٪ (500 ppm) وتمتصه النباتات بكميات قليلة.

يمثل الهواء الملوث المصدر الرئيس للزيادة في الفلور في النبات. ويكون بشكل كبير على هيئة غاز HF، ويفرز في الهواء من المواد التي تحتويه (مثل الطين، والصخور، والفحم) عندما تسخن. وتكون الكمية المرتفعة منه مضره للنبات وللكائنات التي تتغذي عليه ويعتمد الضرر الذي يسببه للنبات على كميته التي تتراكم في النبات، ومن تأثيراته على النبات:

١- يثبط البناء الضوئي، في حين يكون التنفس أقل حساسية له.

٢- يثبط الفسفرة في الميتوكندريا نظراً لتأثيره على نشاط adenosine triphosphatase.

٣- يسبب تسرب البروتينات من الميتوكندريا؛ نظراً لتأثيره على أغشيتها.

٤- يسبب في زيادة النسبة بين pentose phosphate pathway إلى التحلل السكري.

٥- يثبط نشاط phosphoglucomutase وبذلك يسبب زيادة السكريات غير المختزلة.

٦- يسبب تكون بقع بنية على الأوراق وتتحول حواف الأوراق إلى لون بني (شكل ١٢٣) وتتساقط مبكراً.

٧- يسبب تساقط الثمار.

٨- يسبب نقص في حجم وعدد البذور.

٩- يسبب نقص في الإنبات.

١٠- يسبب تكون مواد دهنية في السيتوبلازم، وقد يكون ذلك دليلاً على أنه يسبب أضراراً للأغشية.

١١- عادة لا يسبب نقص في النمو إلا إذا ظهرت الأعراض على الأوراق، وقد يستحث التركيز المنخفض منه النمو. ومن الممكن أن يسبب التركيز المرتفع منه نقص في النمو قبل ظهور الأعراض على الأوراق.

ويزداد امتصاص النبات له في التربة الحامضية، حيث يزداد ذوبانه. وتحتوي جميع النباتات على الفلور، ويكون تركيز 2-20 ppm تركيز مثالي، ويلاحظ أن النباتات التي في عائلة الشاي تراكم كميات كبيرة منه تصل إلى عدة مئات جزء في المليون جزء. ومصدر الفلور الذي يتراكم في النبات هو الهواء، حيث يدخل للأوراق عن طريق الثغور ومنها يصل للمسافات البينية بين الخلايا ومن ثم إما تمتصه الخلايا بشكل مباشر وإما يذوب في الماء، وينقل عن طريق أنسجة النقل إلى أطراف الأوراق وحوافها حيث يتراكم هناك، ويصل تركيزه فيها إلى ٢٥ و ١٠٠ ضعف تركيزه في قاعدة الورقة ويتوزع على العضيات الخلوية ويبقى جزء في الغشاء البلازمي، وما يصل للفجوة العصارية يبقى فيها غير نشيط. تحتوي الأوراق الكبيرة على نسبة منه أكثر من الأوراق الصغيرة، والذي يتراكم في الأوراق لا ينقل منها، وكذلك فهو لا ينقل للجذور، ويكون نقله بشكل رئيسي للأوراق القديمة، ولا ينقل منه إلا كمية قليلة للأزهار والثمار (لا يزيد محتواها منه على 2-5 ppm)، ويسبب النمو السريع تخفيف تركيزه.

شكل (١٢٣). يوضح أوراق نبات معاملة بجرعات من غاز الفلور والتي تسبب ظهور بقع بنية على حواف الأوراق.

خامساً: أضرار الأمونيا NH_4^+

١- تسبب فقد اللون الأخضر بالأخص منطقة ما بين العروق الجانبية للأوراق (شكل ١٢٤).

٢- نقص النمو.

٣- تمنع تكون ATP في الفسفرة الضوئية.

٤- تسبب نقص في تثبيت ثاني أكسيد الكربون.

٥- تسبب نقص نشاط إنزيمات الكربكسلة carboxylases.

٦- تثبيط بناء النشا.

٧- تسبب نقص في امتصاص الكاتيونات.

٨- تسبب تكون حركة الانحناء إلى أسفل epinasty.

٩- تسبب ظهور بقع ميته تميل إلى اللون الأزرق على الأوراق (شكل ١٢٥أ، ١٢٥ب).

١٠- تسبب تحطم أغشية البلاستيدات الخضراء.

١١- تستحث تكون إجهاد جفاف.

في بعض الحالات يمكن التغلب على إجهاد الأمونيا بإضافة كربونات الكالسيوم لتعديل pH.

تقسم النباتات على أساس طريقة مقاومتها لإجهاد الرقم الهيدروجيني الذي تسببه الامونيا إلى:

١- النباتات الحمضية: نباتات تستخدم الأحماض العضوية الخالية من النتروجين لمعادلة pH.

٢- النباتات الأميدية amide plants: نباتات تتفاعل فيها الأمونيا مع حمض الجلوتمك أو الاسبارتك ويتكون الجلوتامين والأسبيرجين aspargine, glutamine.

شكل (١٢٤). يوضح تراكم الأمونيا والتي تحدث إزالة للون الأخضر في منطقة ما بين العروق الجانبية للأوراق.

شكل (١٢٥أ). يوضح تراكم الأمونيا بكميات كبيرة والتي تحدث ظهور بقع ميتة زرقاء اللون على الأوراق بالمقارنة بأوراق طبيعية.

شكل (١٢٥ب). يوضح تراكم الأمونيا وبعض من المعادن الثقيلة في منطقة بين العروق بنصل الورقة

عرض القراءات السابقة:

من خلال القراءات السابقة على مسببات الإجهاد النباتي البيئي التي أطلعت عليها، اكتب تقريراً مختصراً في صورة جدول (٣٥) موضحاً به العلاقة بين عامل الإجهاد البيئي والأضرار الظاهرية والفسيولوجية للنبات.

جدول (٣٥). لتوضيح العلاقة بين عامل الإجهاد البيئي والأضرار الظاهرية والفسيولوجية للنبات.

عامل الإجهاد	الضرر الظاهري والخلوي والفسيولوجي
١ ـ الأشعة الفوق بنفسجية	
٢ ـ الأوزون	
٣ ـ ثاني أكسيد الكبريت	
٤ ـ الفلور	
٥ ـ الأمونيا	