المقدمة

يطلق مصطلح النظام البيئي Ecosystem على أي مساحة من الطبيعة مع ما تحتويه من كائنات حية ومواد غير حية يتفاعل بعضها مع بعض ومع البيئة التي تعيش فيها، كما تشمل البيئة عدداً من العوامل مثل الضوء والرطوبة والحرارة والرياح والملوثات والكائنات الحية ... وغيرها.

النبات وبيئته

Plant and its Environment

إن النبات مثله كمثل الكائنات الحية الأخرى، فهو يتأثر بالظروف المحيطة به، وكذلك يؤثر على الكائنات الأخرى التي تعيش معه ويتأثر بها، وبذلك نجد أن الوسط الخارجي الذي يعيش فيه النبات يؤثر تأثيرا مباشراً على حياته ونموه وتطوره (Daubenmire,1974).

عموماً عند الكلام عن نمو النبات والبيئة فيقصد بذلك دراسة العلاقة بين النبات والوسط البيئي الذي يعيش فيه، وكذلك دراسة العلاقة بين بعض النباتات وبعضها الآخر، وعلاقتها بالكائنات الأخرى في الوسط البيئي نفسه (Etherington,1995). فالنبات يحصل على المواد الأساسية اللازمة لنموه (الماء، العناصر المعدنية، الطاقة الشمسية، ثاني أكسيد الكربون، الأكسجين... وغيرها) من الوسط البيئي الذي يعيش فيه، وعليه فتغير تركيز هذه المواد في البيئة يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على نمو النبات وتطوره. وتتكون البيئة من مجموعة من العوامل المعقدة، التي تتداخل فيما بينها في تأثيرها على جميع الكائنات الحية التي تعيش فيها (بوران وآخرون، ١٩٦٩).

أقسام العوامل البيئية

وتقسم العوامل البيئية في العادة إلى قسمين رئيسيين هما:

١- مجموعة من العوامل الإحيائية Biotic factors.

٢- مجموعة العوامل الفيزيائية (غير الإحيائية) Physical (abiotic) factors (عن مجاهد وآخرون ١٩٨٧م) وهي:

أ) مجموعة العوامل المناخية (الجوية) Climatic (atmospheric) factors كدرجة الحرارة - الضوء - الماء... وغيرها.

ب) مجموعة عوامل التربة Edaphic (Soil) factors: يعتمد النبات على التربة في تثبيته ويعتمد عليها في الحصول على الماء والعناصر المعدنية.

ج) مجموعة عوامل الموقع (العوامل الطبوغرافية) Orographic (topographic) factors سطح الأرض (التضاريس) كالأراضي المرتفعة – المنحدرة – المستوية وغيرها.

انعكاس التغيرات البيئية على النبات

Environmental Changes and their Effect on the Plant

تتعرض العوامل البيئية المختلفة المحيطة بالنبات إلى تغيرات changes يومية وموسمية كبيرة، وقد تكون بعض هذه التغيرات غير ملائمة لنمو النبات وتطوره فتنعكس وتؤثر هذه التغيرات على العمليات الفسيولوجية للنبات.

التغيرات الفسيولوجية للنبات والتي تسببها العوامل البيئية وهي:

- تسبب العوامل البيئية تغيرات في مكونات أو تركيب النبات مثل تأثير الضوء على إخضرار الأوراق وتمددها.
- التغير في البيئة قد يسبب تغيراً في تفاعلات البناء مثل شدة الإضاءة وتركيز ثاني أكسيد الكربون على البناء الضوئي (Demmig,et al.1992).
- العامل البيئي من الممكن أن يسبب حدوث عملية جديدة قد يكون لها دور في تنظيم نمو النبات وتطوره مثل:
  - الحرارة المرتفعة قد تسبب تسخين أنسجة النبات فيزداد معدل النتح مما يؤدي إلى ذبول النبات.
  - الارتفاع الكبير في درجة الحرارة يسبب عدم اتزان في العمليات الأيضية مما يؤدي لتراكم المواد السامة أو نقص في المركبات المهمة للنبات.
  - درجة الحرارة المنخفضة جداً قد تصل إلى درجة تجمد الأنسجة النباتية واختلال في العمليات الفسيولوجية والأيضية.
  - قد يتعرض النبات إلى تغيرات كبيرة في المحتوى المائي للوسط البيئي تتراوح بين زيادة كبيرة في ماء التربة يصل إلى درجة الغمر flooding فيسبب نقصاً في محتوى التربة من الأكسجين، أو يصل النقص في محتوى التربة إلى درجة الجفاف drought.

مفهوم الفسيولوجية البيئية للنبات

Concept of Physiological Plant Ecology

تؤثر جميع العوامل البيئية على نمو النبات وتطوره وهي تتداخل فيما بينها في تأثيرها على العمليات الفسيولوجية والأيضية في النبات كالتنفس، البناء الضوئي، النتح، الأيض... وغيرها. ونظراً للارتباط الكبير بين

العوامل البيئية والعمليات الفسيولوجية والأيضية ونمو النبات وتطوره، قام العديد من العلماء بربط الفسيولوجيا والبيئة فأجريت أبحاث فسيولوجية وكيميائية على النبات في بيئته، كدراسة العلاقات المائية للنباتات الصحراوية، والملوحة والعلاقات المائية للنباتات الملحية.

بذلك يمكن تعريف علم الفسيولوجية البيئية للنبات Ecophysiology بأنه العلم الذي يختص بدراسة تأثير العوامل البيئية على العمليات الفسيولوجية والأيضية في النبات. هذا العلم يدمج بين علمي البيئة والفسيولوجيا أو بمعنى آخر يهتم بالعلاقة بين العمليات الفسيولوجية وبيئة النبات (Fitter and Hay,1981).

فسيولوجيا الإجهاد

Stress Physiology

يستجيب النبات للعوامل البيئية على نمط واحد، فعند زيادة شدة أو تركيز العامل البيئي إلى ما يسمى بالشدة أو التركيز threshold تبدأ استجابة النبات لذلك العامل وهذا مفهوم الإجهاد البيئي Environmental stress للنبات، أي الظروف البيئية الغير مناسبة والتي تسبب نقصاً في العمليات الأيضية للنبات وكذلك نقص في معدل نموه.

عموماً الإجهاد البيئي للنبات وبالأخص إجهاد الجفاف وإجهاد الأملاح من أهم المشكلات التي تواجه التوسع الزراعي في جميع أنحاء العالم، وخاصة في المناطق ذات الصفات الحارة وشبه الحارة، وينعكس أثر هذين الإجهادين على الإنتاج النباتي، والذي هو من أهم مصادر الغذاء للإنسان. إن دراسة فسيولوجيا النبات تحت الإجهاد، قد تكون من أكثر موضوعات فسيولوجيا النبات صعوبة، وقد يرجع ذلك إلى اعتمادها بشكل كبير على جميع فروع علم فسيولوجيا النبات، مثل العلاقات المائية والتغذية المعدنية وكيمياء النبات وفسيولوجيا النمو والتميز بالإضافة إلى اعتماده بدرجة كبيرة على علم بيئة النبات.

نادراً ما ينمو النبات في ظروف بيئية مثالية، وغالباً ما يتعرض النبات في دورة حياته إلى ظروف بيئية قاسية مثل الجفاف، ارتفاع أو انخفاض كبير في درجة الحرارة، نقص أو زيادة كبيرة في شدة الإضاءة، فيسبب تعرض النبات لمثل هذه الظروف البيئية القاسية إجهاداً Stress للنبات يؤثر على معظم أو جميع العمليات الفسيولوجية والأيضية في النبات (Salisbury and Ross,1992). يوجد هناك نوع آخر من الإجهاد وهو الإجهاد الحيوي Biotic stress وينشأ بسبب الكائنات الأخرى كالإصابة المرضية أو التنافس بين الكائنات.

يستخدم مصطلح الإجهاد في العلوم الطبيعية، للتعبير عن تأثير قوة ما على جسم معين. عندما يتعرض الجسم إلى إجهاد يصبح الجسم تحت شد strain، حيث يحدث تغير في شكل الجسم وحجمه. تقاس شدة الإجهاد بكمية القوة المؤثرة على وحدة المساحة من الجسم.

تعريف الإجهاد البيئي

هو العامل البيئي القادر على إحداث شد يسبب أضراراً للكائن الحي. يستخدم للإجهاد البيئي وحدات الطاقة أو وحدات التركيز.

أضرار الإجهاد البيئي

عندما يتعرض الكائن الحي إلى إجهاد قد يحدث له شد فيزيائي (طبيعي) physical strain أو شد كيميائي chemical strain (وهي التغيرات في التفاعلات الكيميائية) وعند زيادة شد الإجهاد إلى مستوى معين فقد تظهر على الكائن الحي تغيرات دائمة أو أضرار قد تؤدي إلى موته (Stewart,1989).

فالعمليات الحساسة هي التي تتأثر أولاً بالإجهاد الخفيف جداً، وإذا زادت شدة الإجهاد يزداد تأثير تلك العمليات الحساسة، بالإضافة على بدء تأثير عمليات أخرى بالإجهاد ويكون ترتيب تأثرها حسب درجة حساسيتها للإجهاد وينقسم الضرر الناتج عن الإجهاد البيئي للنبات إلى:

١- ضرر إجهاد مباشر Direct stress injury

هذا النوع من الضرر ينتج عنه شد غير مرن يحدث تدهور للعمليات الحيوية للنبات بشكل سريع يؤدي إلى موته مباشرة. مثال على ذلك عندما يتعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة بشكل مفاجئ، تسبب تجمد البروتوبلازم، والبلورات الثلجية المتكونة تمزق الغشاء البلازمي ويفقد نفاذيته الاختيارية وتموت الخلية نتيجة ذلك.

٢- ضرر إجهاد غير مباشر Indirect stress injury

قد يتعرض النبات لضرر ينتج عنه شداً مرناً غير ضار في حد ذاته ولكن بازدياد التعرض لهذا الضرر فترة زمنية طويلة يمكن أن يتحول إلى شد مرن يسبب موته.مثال ذلك قد يتعرض النبات إلى درجة حرارة منخفضة ولكنها ليست منخفضة لدرجة أن يتجمد البروتوبلازم كما في السابقة ولكن هذه الدرجة يتعرض لها النبات لفترات طويلة، يتسبب عنها حدوث تغيرات فسيولوجية غير مميتة للنبات في حينها ولكنها تتسبب في تغير في العمليات الفزيائية والكيميائية للخلية ويكون الضرر على عملية أكبر عنه في العمليات الأخرى هذا ينتج عنه عدم توازن في أيض النبات ينتج عنه تراكم مركبات سامة أو نقص في بعض المركبات الأيضية الوسطية تؤدي جميعها إلى موت النبات.

٣- ضرر الإجهاد الثانوي

تعرض الكائن الحي إلى إجهاد معين قد تنشأ عنه أضراراً، ولكن هذه الأضرار لا تنشأ عن الشد الذي يحدثه ولكنها تنشأ من شد يسببه إجهاد آخر. مثلاً عندما يتعرض النبات إلى درجة حرارة مرتفعة قد لا يسبب هذا التعرض ضرراً للنبات في حد ذاته، ولكنه قد يسبب إجهاداً مائياً (إجهاد جفاف)، نظراً لزيادة معدل النتح على معدل الامتصاص. ويسبب الجفاف شداً ينتج عنه أضراراً للنبات.

عموماً عندما يتعرض النبات إلى ظروف بيئية قاسية فإنه ينمو نمواً غير طبيعياً، وهذا النمو غير الطبيعي دليل على مرض النبات نتيجة تعرضه للظروف البيئية القاسية وهناك مظاهر محدودة من استجابة النبات للظروف البيئية القاسية (الإجهادات البيئية) مثل توقف نمو النبات أو نقص معدله عن المعدل الطبيعي أو اصفرار النبات أو تبرقش في أوراقه أو نقص في تكوين البراعم الزهرية، أو نقص في عقد الثمار ونموها وتطورها.

الإستراتيجيات التي وهبها الله للنبات للتأقلم مع الظروف البيئية

Strategies of Plant Adaptation to their Environmental Conditions

أولاً: مقاومة الإجهاد Stress resistance

تتفاوت النباتات تفاوتاً كبيراً في درجة مقاومتها للظروف البيئية القاسية المختلفة، فهي تتراوح بين النباتات ا لحساسة جداً للإجهاد الخفيف والنباتات التي تقاوم الإجهاد الشديد. بعض الأنواع النباتية البرية متأقلمة لكي تعيش في بيئة صحراوية جافة ذات أمطار موسمية قليلة، ودرجة حرارة الهواء مرتفعة في معظم أيام السنة، والرطوبة النسبية للهواء فيها منخفضة جداً، وكذلك جهد ماء التربة منخفض جداً في معظم أيام السنة. غالباً تظهر على النباتات التي تستوطن مثل هذه البيئات صفات مورفولوجية وتشريحية تميزها عن نباتات البيئات الأخرى، وهذه الصفات تساعدها على التأقلم للبيئات ذات الصفات الجفافية.

من ناحية أخرى نجد أن هناك نباتات أو بعض الأنواع النباتية تستوطن بيئات ذات محتوى ملحي مرتفع، مثل تلك النباتات الموجودة على شواطئ البحار المالحة. غالباً ما تمتلك هذه النباتات آليات وصفات تشريحية خاصة تساعدها على مقاومة الإجهاد الملحي (Okusanya,1977). وهناك أيضاً نباتات تنمو في بيئات تكون التربة فيها مغطاة بالثلوج في عدة من أشهر السنة ودرجة حرارة الجو والتربة منخفضة جداً، ومع ذلك نجد أن هذه النباتات تستطيع أن تعيش في هذه البيئات.

عموماً يمكن القول وبناءً على أبحاث عديدة قديمة وحديثة، أن النباتات التي تستوطن بيئات ذات ظروف بيئية قاسية، تملك صفات مورفولوجية وتشريحية وأيضاً فسيولوجية تمكنها من التأقلم للعيش في تلك البيئات وتمكنها من مقاومة الظروف البيئية غير الملائمة للنمو.

وهناك نوعان من المقاومة، الأولى وهي المقاومة بالتجنب Stress avoidance، وهي تلك النباتات التي تمنع أو تقلل من دخول مسببات الإجهاد إلى داخلها، وبذلك فهي تتجنب الوصول إلى حالة اتزان مع الإجهاد ويتم ذلك بطرق طبيعية (فيزيائية) تعزل بها أنسجتها عن الإجهاد أو تستخدم أساليب كيميائية أو أيضية لاستبعاد الإجهاد مثل النباتات التي تمنع امتصاص الأملاح وتجعل تركيز الأملاح في أنسجتها منخفضاً فبذلك تقاوم الإجهاد الملحي. والثانية هي تحمل الإجهاد Stress tolerance، وهي النباتات التي تقاوم الإجهاد بالتحمل؛ لأنها قادرة على الوصول إلى اتزان مع الإجهاد ولكنها لا تتضرر به أو أنها قادرة على منع ضرر الشد الذي يحدثه الإجهاد أو تقليله أو إصلاحه (Bewley, 1979).

وقد عرف Levitt عام ١٩٨٠م مقاومة النبات للإجهاد بأنه مقدار الإجهاد اللازم لإحداث شد معين طبقاً لمعادلة رياضية

المقاومة = إجهاد / شد

ثانياً: التأقلم Adaptation

من الصعب تعريف التأقلم بدقة، فهو يستخدم للتعبير عن الأصل التطوري لصفة ما، وكذلك يستخدم للتعبير عن مدى مساهمة صفة معينة في تمكين الكائن الحي للمعيشة في بيئته. من تعريفات التأقلم كذلك أنه

التحورات التركيبية والوظيفية القابلة للتوارث، والتي تزيد من احتمال معيشة الكائن الحي في بيئة معينة. ونادراً ما يقتصر وجود الكائن الحي في بيئة ما على تأقلم صفة واحدة لتلك البيئة، وإنما يعتمد على مجموعة من الصفات لها دور كبير في تقليل الأضرار التي من المحتمل أن تسببها تلك البيئة.

تتميز أفراد المجتمعات النباتية بوجود اختلافات وراثية، وهذه الاختلافات هي التي تجعل بعض الأفراد حتى في النوع النباتي الواحد أكثر تأقلماً من الناحية الفسيولوجية لبعض الظروف القاسية من الأفراد الأخرى. النباتات المتأقلمة للإجهادات البيئية أكثر مقدرة على التنافس والعيش في البيئات القاسية (اليمني والدسوقي، ١٤٣١هـ). وأي صفة في الكائن الحي لها فائدة في مساعدته في العيش في ظروف معينة في موطنه تسمى تأقلماً، وهذه الصفة تمكن الكائن من الاستفادة التامة من المواد المتوفرة في موطنه واستخدامها مثل استخدام العناصر الغذائية والماء والضوء. وتعدد الصفات التأقلمية تساعد الكائن على استخدام مصادر الطبيعة في موطنه بشكل أفضل وأكثر فاعلية. حدث أثناء تطور المملكة النباتية العديد من التحورات التركيبية والوظيفية، وكان ذلك نتيجة الطفرات الوراثية، ونتيجة الاتحاد العشوائي للجينات. بعض التحورات الناتجة لها فائدة إحيائية في مساعدة النبات على العيش والتكاثر. مثلاً حدث للنباتات التي تستوطن بيئات ذات صفات جفافية عدد من التحورات في الصفات الظاهرية والفسيولوجية مثل وجود الأدمة السميكة، وكثافة المجموع الجذري، والجهد الأسموزي المنخفض التي تساعدها على العيش في مثل هذه الظروف القاسية وغير الملائمة للنمو.

تعريض الكائن الحي (النبات) إلى دورات من الإجهاد الخفيف، يساعده على التقليل من أضرار الإجهاد الشديد عند تعرضه له، مثلاً تعريض النبات إلى إجهاد جفاف خفيف (تقسية hardening ضد الإجهاد) ، بتقليل عدد مرات الري، والتي تؤدي إلى نقص في حجم الأوراق، وزيادة في سمك الأدمة وزيادة النسبة بين المجموع الجذري إلى المجموع الخضري، تساعد النبات على مقاومة إجهاد الجفاف الشديد.

سيشمل الكتاب شرحاً مختصراً عن تجارب متخصصة في مجال الفسيولوجية البيئية كالإجهاد بشتى أشكاله مثل إجهاد الجفاف وتأثيره على المحتوى المائي في النبات، وكذلك تأثير الجفاف على نمو النبات. أيضاً ستشمل التجارب على أسباب تثبيط الجفاف للنمو وتراكم معيقات النمو وتأثير الجفاف على النتح وحركة الثغور، والبناء الضوئي، والتنفس. أيضاً ستشمل مواضيع الكتاب على تجارب معملية تفسر أسباب تأثير الجفاف على العمليات الفسيولوجية والأيضية والتحورات في التركيب التشريحي والمورفولوجي لأوراق وسيقان وجذور النبات وظواهر تكيفه مع ظروف الجفاف ونقص المياه.

سيخصص فصل كامل عن تأثير الأملاح على النبات وبذوره والتجارب المعملية التي تفسر أسباب تثبيط الأملاح للنمو، وعلاقة تركيز الأملاح بنمو النباتات الملحية وغير الملحية ومدى استجابة نمو النباتات للإجهاد الملحي. هناك تجارب محدودة توضح طرق مقاومة النبات لإجهاد الأملاح، وكذلك الصفات والتحورات التشريحية للنبات للتكيف مع البيئة الملحية.

تم إعداد بعض التجارب المعملية لأهمية الماء للنبات وتكيفات النبات للتأقلم مع البيئة المائية (الغدقة)، وكذلك تكيفات الصفات المورفولوجية والتشريحية للنبات للتأقلم مع البيئة المائية وظروفها. وهناك أنواع أخرى للإجهاد في النبات سنستعرض بعضها بصورة مختصرة لأهميتها الأقل قليلاً من الإجهاد الجفافي والملحي، مثل إجهاد الحرارة المرتفعة والمنخفضة، وإجهاد الأكسدة وإجهاد العناصر الثقيلة وإجهاد زيادة الضوء ومدى تأثير ذلك على مراحل نمو النبات والصفات المورفولوجية والتشريحية الموائمة لتكيف النبات مع تلك الإجهادات.

كذلك يشتمل الكتاب على دراسة الإجهاد الحيوي من ناحية التنافس بين النباتات وازدحامها بأعداد كثيفة في مساحة محدودة وضيقة. وسيخصص كذلك فصل عن تحورات بذور النباتات ومدى تكيفها مع البيئة الصحراوية. أما الفصل الأخير فيشتمل على استجابة النبات لعوامل بيئية أخرى مجهدة للنبات مثل الإشعاع والأوزون وغير ذلك.

وبوجه عام نرجو أن تنال تلك المحاولة المتواضعة في الدراسة العملية لمجال الفسيولوجية البيئية للنبات بالرضا وأن تعود بالفائدة المرجوة على الطالب والمهتمين بهذا المجال.

والمؤلفون أمام هذا المجهود على استعداد لتلقي المشورة والنقد البناء للتطوير إيماناً منهم بأن هذا العمل لن يقترب من الشمولية في الفسيولوجية البيئية إن شاء الله إلا بآراء ذوي الخبرة العلمية في هذا المجال.

ولا يسع المؤلفون إلا تقديم الشكر لحبيبتنا رحاب جامعة الملك سعود ولكل من ساهم في إعداد هذا الكتاب سواء بتوفير الإمكانيات المعملية من أجهزة ومواد كيميائية وعينات نباتية أو الكتابة أو التصوير وعلى الأخص كل من الأساتذة / محمد أشرف أحمد ومحمد طروم ومحمد عبد السلام مليجي ومحمد جلال عبدالفتاح، على مشاركتهم الفعلية في إخراج هذا الكتاب بالصورة اللائقة، كذلك يتقدم المؤلفون بالشكر إلى الفريق البحثي في مجال فسيولوجيا النبات بالقسم على ما قدموه من بيانات وتجارب حقلية خاصة بأبحاثهم العلمية خصوصاً د. هيثم محمد على و أ. أحمد شحاته و أ. توفيق حجازي وكل من د. سليم خان و د.منظر صديقي.

نرجو من الله التوفيق والسداد وجني الفائدة المرجوة من هذا العمل إن شاء الله وبالله التوفيق.

المؤلفون