عوامل الأجهاد البيئي ودورها في تربية النبات

م.م مصطفى محمود يعقوب

قسم البيئة

يعد اجهاد النبات من عوامل الشد غير الحية (**abiotic**) من بين ابرز العوامل المحددة لإنتاجية المحصول في عديد من دول العالم. ان ذلك لا يعني ان اجهاد النبات للعوامل الحية (**biotic**) قليلاً غير ان النقص الأكبر في الأنتاجية عموماً يسببه الأجهاد غير الحي على النبات. ان أختيار نباتات المحاصيل المختلفة لتدجينها يستند اساًساً على قابلية تحمل تلك النباتات لعوامل الشد ومعدل انتاجيتها تحت ظروف الزراعة التقليدية.

يتعرض النبات في كافة المراحل لنموه الى درجات متباينة من الشد البيئي وكل مرحلة لها تأثيرها.

ان انبعاث الغازات (**chlorofluorocarbons=CFC'S**) من طبقة **stratosphere** التي تقع بعد طبقة **troposphere** وفعل تآكل طبقات الأوزن وما يسمى بتأثير البيت الزجاجي أصبح لها دورها في الحد من انتاجية العديد من المحاصيل في العالم كذلك فأن الزراعة في المناطق الحدية واستخدام مياه رديئة النوعية للزراعة جعل من تأثير الملوحة والتملح عاملاً مهما أخر في خفض انتاجية المحصول نتيجة ما يسببه ذلك من اجهاد على النبات المحصول النامي مع ذلك فأن ما يقدمه علم الوراثة الجزئية من نقل جينات معينة من محصول لأخر قد فتح افاقاً جديد في تربية اصناف جديدة ذات تحمل أفضل لعوامل الشد المختلفة مثل نقص المغذيات وزيادة الملوحة والجفاف والمعادن الضارة والحرارة العالية فضلاً عن تحمل النبات للأمراض ونباتات الأدغال وغيرها ومن اهم الشدود غير الحية التي يواجهها انتاجية المحاصيل المختلفة:

الشد المائي: water stress ويقصد به قلة الماء الجيد المتيسر للأمتصاص من قبل النبات في أية مرحلة من مراحل نموه فاذا قل الماء المتيسر للنبات فأنه قد يتعرض الى حالة الجفاف (**drought**) وبذا فان الشد المائي قد بدأ مفعوله العكسي في حياة النبات. ان الشد المائي لا يعني ان فقط عدم وجود الماء الكافي للنبات لكنه يتأثر كذلك بوجود الملوحة والحرارة العالية

والانجماد والعناصر السامة وغيرها. تمتلك النباتات آليات (**mechanisms**) تجعلها تعيش تلك الظروف وتعطي أنتاجية معينة بحسب درجة الشد وتكمل دورة حياتها ان ذلك يعتمد على الطبيعة الوراثية لصنف المحصول ودرجة الشد التي يتعرض لها ومرحلة نموه تشمل تلك الآليات الصفات الوظيفية للنباتات والتشريحية والتحورات التي يمتلكها مثل الشعيرات والكيوتكل وعصير الخلية الغروي فضلا عما يسمى الأوكسجين المتفاعل (**reactive oxygen**) والبروتينات المختلفة ذات الدور الهام في معظم عمليات تحمل أنواع الشد.

الشد الملحي:salt stress وهو احد انواع الشدود البيئية ذات التأثير السلبي الواضح في حياة النبات النامي في بيئة ملحية، سواء كانت التربة ملحية أو ان ماء الري يحوي ملوحة عالية.

ويمكن حصر اسباب التملح في اربع نقاط:

1. استخدام نوعية ماء رديئة في الري يحوي املاحاً.
2. عدم وجود مبازل فعالة لصرف الاملاح المتراكمة من الري، حتى لو كانت نوعية المياه جيدة.
3. تجمع الأملاح عند منطقة الجذر نتيجة الحرارة العالية التي تؤدي الى التبخر الشديد فتجمع الأملاح، مع عدم وجود ري او امطار.
4. دخول ماء البحر في ري بعض المناطق الساحلية في العالم س بالخلط مع الماء العذب او الري بالتناوب.

وتؤدي الملوحة في التربة:

1. اعاقة امتصاص بعض العناصر، اذ يقل امتصاص الفسفور والبوتاسيوم والنترات والكالسيوم.
2. التسمم الأيوني للخلية وهو بشكل رئيسي يحدث بسبب Na^{+} ، Cl^{-} ، SO_4^{-2}.
3. زيادة الشد الأزموزي فيقل امتصاص الماء والمواد الذائبة من قبل الجذر.

شد درجات الحرارة المنخفضة: تؤثر درجة الحرارة المنخفضة في زيادة لزوجة عصير الخلية، وتحورات جدران (أغشية) البروتينات وكذلك تغير شكل البروتينات وما يترتب على ذلك من تغيرات في نوع وكمية الأنزيمات المتكونة في النبات. فقد تتحمل بعض النباتات البرودة (**chilling**) (الصقيع) غير ان انجماد عصير الخلية عند انخفاض درجات الحرارة أكثر يؤدي

الى تكون بلورات الثلج داخل الخلية فيحطم جدارها ويتضرر السايتوبلازم ومحتوياته ثم تموت الخلية. ان تلك الحالة من التحمل تختلف باختلاف النوع (**species**) ومرحلة النمو ودرجة انخفاض الحرارة والمدة التي يتعرض لها النبات. ان من بين الظواهر التي تحدث خلال شد البرودة انتاج النبات لمركبات (**Reactive Oxygen Species= ROS**) التي تؤثر سلباً في العديد من المركبات وهذه العملية تحدث في النبات والحيوان والأنسان وكلما قل حدوثها كلما ازدادت فائدة الكائن الحي من المركبات التي تبقى غير مؤكسدة، لأنه عند أكسدتها سوف تتكون فيها جذور حرة (**Free radicals**) لا تخدم في طبيعتها نمو الكائن. يزداد تكون **ROS** تحت شد البرودة ومع زيادة شد الأشعاع.

شد الحرارة: Heat stress ان شد الحرارة العالية تعاني منه معظم الكائنات الحية من بكتريا وفايروسات وفطريات ونباتات وحتى الحيوان والأنسان يكون شد الحرارة مؤثراً عندما يكون مفاجئاً في حياة الكائن الحي اذ يبدأ تخليق بروتينات خاصة تسمى بروتينات الصدمة الحرارية (**Heat shock proteins= hsps**) ان هذه البروتينات لها مجاميع مختلفة تسمى عوائل وكل منها لها صفات ووظائف معينة ان درجات الحرارة العالية تسب تكتل (**aggregation**) وتفكيك (**denaturation**) البروتينات وهذا يؤدي الى موت الخلايا النباتية.

هرمون ايعاز الشد ABA : حامض الأبسسك **Abscisic acid** (**ABA**) هو حامض يعمل عمل الهرمون النباتي. تنتج النباتات هذا الحامض بصورة طبيعية تحت ظروف النمو الجيدة غير أن أنتاج **ABA** يزداد بصورة كبيرة لدى تعرض النبات لظروف الشد، وبذا فأن انتاج **ABA** عبارة عن أيعاز لحدوث حالة الشد.

شد الأكسدة: ان دور الأوكسجين في النبات هو مثل دوره في بقية الكائنات الحية الأخرى له دوران أساس وضار، فالأساس للتنفس وعمليات الأكسدة الضرورية، أما الضار فهو أن التعرض للأوكسجين المستمر يؤدي في الخلايا الى تكوين مركبات تسمى (**Reactive Oxygen Species= ROS**) يؤدي ذلك الى تحول بعض المركبات من حالة مفيدة للخلية الى حالة غير مفيدة.

شد المعادن السامة: تعرف المعادن السامة بأنها المعادن ذات الكثافة الأعلى من ٥ غم.سم$^{-٣}$ ومن الناحية البايلوجية فأن هذا التعريف لا يعطي الصورة المطلوبة حول دور المعادن الثقيلة في حياة النبات (رغم أنه ما تظهره هذه العبارة "معادن ثقيلة" في البحوث الزراعية والبيئية حيث

تستعمل عادة لوصف المعادن التي تتصف بانها سامة لأنها تسبب تفاعلات حيوية سيئة ففي الأصل قد استعملت للإشارة الى معادن من قبيل الرصاص والزئبق، تساوي الكتلة الذرية للرصاص $207.2gmol^{-1}$ ، ووزنه النوعي ١١,٣٤ . والزنبق $200.59\ gmol^{-1}$" و ١٣,٥٥، ولذا يكونان ثقيلين بكل معنى الكلمة. إلا أن هذا المصطلح يطبق أحيانا بدون تمييز، لكنه من غير المعتاد أن تجد لائحة معادن ثقيلة تتضمن عناصر من قبل الألمنيوم كتلته الذرية تساوي $26.98\ g\ mol^{-1}$ و ووزنه النوعي يساوي (٢,٧٠) إضافة إلى أشباه معادن من قبيل الزرنيخ. لذا، وبقطع النظر عن مشكلات اللغة والمعنى، ليس ثمة من مبرر كيميائي لتحديد المعادن التي يجب تضمينها في هذه الفئة).

ان عدداً محدوداً من هذه المعادن له المقدرة على الذوبان داخل الخلية وبذا يكون أحد العناصر الجاهزة للدخول في عمليات معينة فيها. ان من بين المعادن الجيدة في حياة النبات هي Fe و Mo وZn وNi وCu وV و Co و Cr لكنها تصبح سامة اذا بلغت حداً معيناً في الخلية. اما عناصر اخرى مثل As و Hg و Pb و U فأن دورها غير معلوم في حياة النبات وهي تسبب مشاكل سمية (phytotxic) وقد ذكرت عدة بحوث حديثة أنه لتقدير خطر تراكم العناصر الثقيلة اشارة الى التركيز المرجعي للعنصر المراد تقديره ومن اهم هذه المؤشرات هي:

أولاً: مؤشر التراكم الجيولوجي (I- Geo) Geo accumulation index)

- $I - Geo = Log_2\ (\frac{Cn}{1.5Bn})$

- **Cn = نسبة تركيز المعادن الثقيلة في رواسب النهر.**
- **Bn = قيمة المرجعية الجيوكيميائية المسجلة في القشرة الأرضية**
- **1.5= يستخدم للتغيرات المحتملة للبيانات المسجلة بسبب الاختلافات الصخرية.**

I-Geo ≤ 0 (grade 0), unpolluted;(غير ملوثة)
0< I-Geo ≤1 (grade 1), slightly polluted; (ملوثة بعض الشيء)
1< I-Geo ≤ 2 (grade 2), moderately polluted; (ملوثة بشكل معتدل)
2< I-Geo ≤3 (grade 3), moderately severely polluted; (ملوثة بشكل معتدل)
3< I-Geo ≤4 (grade 4), severely polluted; (ملوث بشدة)
4< I-Geo ≤5 (grade 5), severely extremely polluted; (شديدة التلوث)
I-Geo > 5 (grade 6), extremely polluted. (ملوثة للغاية.)

Table 1-The average concentration of heavy metals was considered as the background value

Elements	Pb	Cu	Ni	Mn	Co	As	Zn
Background value	20	45	68	900	20	13	74.2

ثانياً: عامل التلوث Contamination Factor (C_F)

يعبر عن مستوى تلوث الرواسب بالمعادن من حيث عامل التلوث (C_F) وتحسب على النحو التالي: $C_F = \frac{C_{meteal}}{C_{Background}}$

C_{meteal}= تركيز فلز معين في رواسب النهر

$C_{Background}$ = تركيز فلز الخلفية

C_F< 1 Low contamination

1≤ C_F<3 Moderate contamination

3≤C_F< 6 Considerable contamination

C_F> 6 Very high contamination

ثالثاً: مؤشر تحميل التلوث The Pollution Load Index (PLI)

- يتم الحصول على مؤشر تحميل التلوث (PLI) كعوامل تركيز (CF). يتم حساب (PLI) عن طريق الحصول على الجذر التربيعي لل nCF التي تم الحصول عليها لجميع المعادن.
- مؤشر تحميل التلوث الكلي (PLI)، وهو كما يلي:

- $PLI = \sqrt[n]{(C_{F1} \times C_{F1} \times C_{F1} \dots \dots \dots C_{Fn}}$

حيث C_{F1} = عامل التلوث

n= عدد المعادن

The PLI value of > 1 is polluted, whereas <1 indicates no pollution.

مؤشر المخاطر البيئية المحتملة (E_r^i) **Potential Ecological Risk Index** ويحسب من المعادلة الأتية : $E_r^i = T_r^i \times C_f^i$

C_f^i =عامل التلوث

T_r^i =هــو عامــل الاســتجابة الســامة لمعــدن ثقيــل معــين وحســب Hakanson **As**, **Zn** ,**Mn** ,**Ni** ,**cu** ,**pb** وهي: 5,5,5,1,1,10 and 5 respectively

- **يتم تصنيف المخاطر البيئية المحتملة (E_r^i) للمعادن الثقيلة إلى خمسة مستويات وفقًا لـ E_r^i**

<40 .....low.
40-80..... moderate.
80-160 .....moderate to high.
160-320..... High .
≥ 320.....very high .

وهنـــــاك عـــــدد مـــــن المؤشـــــرات أيضـــــاً والتـــــي يمكننـــــا تمييـــــز ضرر التلوث بها وهي:

- تراكم المواد السامة في النبات.
- تغير درجة التفاعل (**pH**).
- تقليل او زيادة نشاط إنزيمات معينة.
- زيادة في المركبات التي تحمل مجموعة **SH** والفينولات.
- انخفاض مستويات حامض الأسكوربيك في الأوراق.
- وانخفاض معدلات التمثيل الضوئي.
- تحفيز عملية التنفس.
- إنتاج قليل للمادة الجافة.
- تغيرات في النفاذية واضطرابات في التوازن المائي.
- تقليل الخصوبة تحت التعرض لمرحلة طويلة.
- اضطراب العمليات الأيضية والذي ينجم عن ضرر حاد مع تأثيرات غير عكسية والنبات تظهر عليه عملية نقص في الأنتاجية.
- حاصل قليل.
- قلة النوعية.
- تركيب الخشب سوف يتغير .

- الفروع الجافة ستظهر وتموت الشجرة تدريجياً.

لقد استعمل انبات البذور من قبل عدد من المشتغلين لمراقبة الاستجابات للتلوث وأخذ عدد من معايير النمو مثل:

النسبة المؤية للإنبات

بقاء البادرات

ارتفاع البادرات

توسع الفلقة

أخذ الوزن الجاف والوزن الرطب كمعابير لمعرفة استجابة النباتات لملوث معين

لذلك عندما يتعرض النبات لأحد أنواع الشد اللاحيوي مثل الملوحة والجفاف وغيرها، فأن تغايرات عديدة تحدث في النبات، منها تغايرات كيموحيوية وفيزياوية وجزيئية.

المصادر:

الساهوكي : مدحت مجيد، تربية محاصيل لتحمل الشد اللاحيوي – نظرة جزيئية وفوق الوراثة– ٢٠١٣ ، قسم علوم المحاصيل الحقلية كلية الزراعة جامعة بغداد.

حسين : بيان محي ، مجموعة محاضرات في تلوث الماء والهواء ٢٠٢٠.

المعيني: اياد حسين، علم بيئة النبات ٢٠١٤ – ٢٠١٥ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة القاسم الخضراء كلية الزراعة.