المحاضرة الرابعة

تأثير عدد من ملوثات الهواء على النباتات (تكملة للماحضرة 3)

الملوثات الجوية المؤثرة على النباتات

1. ثاني أكسيد الكبريت
2. مركبات الفلورايد (مثل فلوريد الهيدروجين)
3. الأوزون
4. الكلور
5. كلوريد الهيدروجين
6. أكاسيد النيتروجين (NO، NO2، الخ).
7. الأمونيا
8. كبريتيد الهيدروجين
9. سيانيد الهيدروجين
10. الزئبق
11. الإيثيلين
12. PAN (نترات بيروكسي أسيتيل)
13. مبيدات الأعشاب (رشات مبيدات الأعشاب)
14. الضباب الدخاني

تؤثر الملوثات المذكورة أعلاه على نمو النبات وظاهرة التمثيل الضوئي. فالضباب الدخاني والغبار وما إلى ذلك يقللان من كمية الضوء التي تصل إلى الأوراق، كما أن انسداد الثغور قد يقلل من امتصاص ثاني أكسيد الكربون إلى حد ما وبالتالي يتداخل مع عملية التمثيل الضوئي.

أشكال الضرر الذي يلحق بالأوراق

يأخذ الضرر الذي يلحق بالأوراق عدة أشكال

1. النخر: النخر هو قتل أو انهيار الأنسجة.

2. الاصفرار: هو فقدان أو انخفاض الصبغة الخضراء للنباتات، الكلوروفيل. يؤدي فقدان الكلوروفيل عادة إلى ظهور نمط أخضر أو أصفر باهت. يشير الاصفرار عمومًا إلى نقص بعض العناصر الغذائية التي يحتاجها النبات.

3. تساقط الاوراق

4 إنحناء الاوراق: انحناء الاوراق الى الاسفل بسبب معدل النمو الاعلى على السطح العلوي.

ملاحظات: غالبًا ما يكون للأنسجة التي تتعرض لإصابات خطيرة بسبب ملوثات الهواء لون مميز. يرتبط التبييض بثاني أكسيد الكبريت، والاصفرار بالأمونيا، والبني بالفلورايد. يرتبط تحول السطح السفلي لبعض الأوراق إلى اللون الفضي أو البرونزي بإصابة ب PAN.

أنواع الإصابات التي تلحق بالنباتات

1- إصابة حادة

تنتج هذه الظاهرة عن التعرض لفترة قصيرة لتركيزات عالية نسبيًا، كما قد يحدث في ظل ظروف التبخير. وتظهر التأثيرات في غضون بضع ساعات إلى بضعة أيام وقد تؤدي إلى ظهور علامات مرئية على الأوراق بسبب انهيار الخلايا وموتها. ويؤدي هذا إلى أنماط نخرية، أي مناطق من الأنسجة الميتة.

2- إصابة مزمنة

ينتج عن التعرض لمستوى منخفض لفترة طويلة وعادة ما يسبب اصفرار الأوراق أو تساقطها.

3- تأخر النمو أو الغلة

وهنا تكون الإصابة في شكل تأثير على النمو دون علامات مرئية (إصابة غير مرئية). وعادة ما يحدث قمع للنمو أو الغلة.

عند تحديد نوع الإصابة التي لحقت بالنبات، يجب التمييز بعناية بين الآثار الضارة الناجمة عن تلوث الهواء والآثار الضارة الناتجة عن عوامل أخرى. قد تظهر أمراض النبات أعراضًا مشابهة جدًا لتلك التي يسببها تلوث الهواء. قد تتسبب درجات الحرارة المرتفعة ورعاية النبات السيئة ونقص العناصر الغذائية والمياه أيضًا في ظهور مظهر مشابه لنبات تضرر بسبب تلوث الهواء. قد يكون

أيضًا بسبب ثاثير الحشرات. لذلك، أثناء تشخيص آثار تلوث الهواء، يجب على المرء أن يأخذ في الاعتبار عوامل مثل مرض النبات وتاريخ التغذية وأضرار الطقس وأضرار الحشرات وطبيعة الملوثات في المنطقة.

تأثير الملوثات الجوية على النباتات

يظهر في الجدول (1) تأثيرات الملوثات المختلفة مثل ثاني أكسيد الكبريت والأوزون والفلورايد وما إلى ذلك على النباتات.

الجدول 1: تأثيرات الملوثات على النباتات

Pollutant	Dose	Effect
1. Sulphur dioxide	Mild	Interveinal chlorotic bleaching of leaves
	Severe	Necrosis in interveinal areas and skeletonized leaves
2. Ozone	Mild	Flecks on upper surfaces, premature aging and suppressed growth
	Severe	Collapse of leaf, necrosis and bleaching
3. Fluorides	Cumulative effect	Necrosis at leaf tip
4. Nitrogen dioxide	Mild	Suppressed growth, leaf bleaching
5. Ethylene	Mild	Epinasty, leaf abscission
6. PAN	Mild	Bronzing of lower leaf surface (upper surface normal), suppressed growth. Young leaves more susceptible

1- تأثير ثاني أكسيد الكبريت

يتسبب ثاني أكسيد الكبريت في نوعين من الإصابات في أوراق النباتات – الحادة والمزمنة، اعتمادًا على تركيزه وفترة التعرض. تتميز الإصابة الحادة بقتل المناطق الهامشية أو بين الأوردة في الورقة. بعد التبخير مباشرة، ستكتسب هذه المناطق مظهرًا باهتًا ومشبعًا بالماء. بعد ذلك تجف وتتحول عادةً إلى اللون العاجي، على الرغم من أن بعض الأنواع تكتسب في النهاية لونًا بنيًا أو بنيًا محمرًا. تحدث الإصابة المزمنة بسبب الامتصاص البطيء والمستمر لفترة طويلة لكميات غير قاتلة من الغاز أو عن طريق امتصاص كمية من الغاز أقل قليلاً من تلك اللازمة للتسبب في إصابة حادة.

ثاني أكسيد الكبريت سام للنباتات بتركيزات أعلى من 0.1-0.2 جزء في المليون. تحت تركيز 0.4 جزء في المليون، يميل إلى التأكسد في الخلايا بنفس سرعة امتصاصه، لكن التداخل مع وظائف مثل التمثيل الضوئي طفيف. تظهر الإصابة المزمنة، إن وجدت، بشكل عام مع هذه التركيزات الصغيرة. فوق حوالي 0.4 جزء في المليون، تحدث الإصابة الحادة بشكل أكثر تكرارًا.

في بعض الأحيان قد يحدث تداخل مؤقت مع عملية التمثيل الضوئي أو "إصابة غير مرئية". ومع ذلك، فإن الآلية التي يؤثر بها ثاني أكسيد الكبريت على النبات لم يتم فهمها جيدًا بعد، على الرغم من طرح العديد من الباحثين لتفسيرات مختلفة.

2- تأثير فلوريد الهيدروجين

يتصرف فلوريد الهيدروجين بشكل مشابه إلى حد ما لثاني أوكسيد الكبريت باستثناء أنه فعال في التسبب في الآفات والتدخل في عملية التمثيل الضوئي في بعض أنواع النباتات بتركيزات أقل بدرجتين أو ثلاث مرات من ثاني أكسيد الكبريت. بالنسبة لمعظم الأنواع، يكون فعاليته تصل إلى 10 أضعاف ثاني أكسيد الكبريت. ومع ذلك، فإن تعافي النباتات من تأثير الفلوريد أبطأ بكثير من ثاني أكسيد الكبريت. ربما يمكن تفسير هذا الاختلاف في معدل التعافي بحقيقة أن الكبريتيت في الأوراق يتأكسد بسرعة إلى كبريتات غير سامة نسبيًا، في حين لا يمكن إزالة الفلوريدات إلا من خلال عملية التطاير الأبطأ أو من خلال بعض التفاعلات الكيميائية الغامضة. قد يصبح العلف غير آمن لتغذية الحيوانات إذا تم امتصاص أكثر من 50 جزءًا في المليون من الفلور.

3- تأثير الأوزون

إن الأوزون سام للنباتات عند التعرض له لبضع ساعات بتركيز حوالي 0.2 جزء في المليون. وتختلف الإصابات الناجمة عن الأوزون، فقد يؤدي الى:

- تلف الأوراق: ويظهر ذلك بظهور بقع صفراء أو بنية ، وربما تجفيف الأوراق.
- تلف الجذور: يُمكن أن يُؤثر الأوزون على الجذور ، ويُصبح سببًا للتلف والضعف ، ويُؤثر على قدرة النبات على امتصاص المياه والمغذيات.
- تثبيط النمو: يُصبح الأوزون سببًا لتثبيط نمو النبات ، ويُؤثر على معدل نمو الجذور والأوراق والسيقان.
- انخفاض الإنتاج: يُؤثر الأوزون على الإنتاج ، ويُصبح سببًا لانخفاض معدل الإنتاج ، ويُصبح ذلك من خلال انخفاض كمية الثمار والزهور والبذور.
- زيادة الحساسية: يُؤثر الأوزون على نظام المناعة للنبات ، ويُصبح سببًا لزيادة حساسيته للأمراض والآفات.

4- تأثير أنواع مختلفة من المبيدات الحشرية على النباتات

أ- الكلور

يعد الكلور أكثر سمية للنباتات من ثاني أكسيد الكبريت. وعادة ما تكون الإصابات هامشية وتنتشر بين الأوردة. وقليلا ما يتسبب الكلور في تلف النباتات، ومعظم الحالات المبلغ عنها ترجع إلى حوادث أو الإفراط في استخدام الكلور في التعقيم.

ب- كلوريد الهيدروجين

يعتبر كلوريد الهيدروجين أقل سمية للنباتات من ثاني أكسيد الكبريت. يسبب كلوريد الهيدروجين أولاً حافة صفراء في الورقة، والتي قد تصبح نخرية. عند التركيزات الأعلى، تنتج الآفات. يبلغ التركيز العتبة حوالي 10 جزء في المليون لبضع ساعات من التعرض.

ج- أكاسيد النيتريك

وقد لوحظت إصابة النباتات بسبب أبخرة حمض النيتريك بالقرب من المصانع التي تتعامل مع كميات كبيرة من هذا الحمض. وتشمل التأثيرات ظهور حواف بنية وبقع بنية-سوداء على الأوراق. وتتسبب تركيزات تبلغ نحو 25 جزءًا في المليون في حدوث هذه التأثيرات.

د- الأمونيا

الأمونيا هي غاز ذو سمية متوسطة: ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ أن الأمونيا وكلوريد الهيدروجين لديهما نفس السمية تقريبًا. من اهم الاثار السلبية للامونيا هو انه قد تؤدي الى تغيير درجة حموضة التربة وبالتالي يُؤثر ذلك على التفاعلات الكيميائية في التربة ، ويُصبح ذلك سببًا لتلف الجذور وعدم قدرة النبات على امتصاص المغذيات

هـ- سيانيد الهيدروجين

يستخدم سيانيد الهيدروجين في تبخير البيوت الزجاجية والأشجار في البساتين لمكافحة الآفات. وفي بعض الأحيان يؤدي هذا التبخير إلى إلحاق الضرر بالنباتات. ومن أهم الأضرار التي يسببها سيانيد الهيدروجين للنباتات هو منع عملية التنفس الخلوي في النبات ، و ذلك بالتأثير على إنزيم سيتوكروم أوكسيديز ، ويُصبح ذلك سببًا لعدم قدرة النبات على إنتاج الطاقة ، ومُوته في نهاية الأمر. كذلك قد يتسبب سيانيد الهيدروجين في تلف الجذور والأوراق ويُصبح ذلك من خلال ظهور بقع بنية أو صفراء ، وربما تُصبح الأوراق مُجعدة ، وتُصبح أقل قدرة على البناء الضوئي مما يؤدي الى تثبيط نمو النبات وانخفاض الانتاج.

و- الإيثيلين

يسبب الإيثيلين ضررًا لأوراق النباتات الحساسة. وتتمثل التأثيرات في التجعيد، والاصفرار، وتساقط الأوراق، وتأخر النمو.

ز- مبيدات الأعشاب

وقد تلحق أضرار بالنباتات الحساسة في الحقل نتيجة للاستخدام غير الدقيق أو غير المنضبط لمبيدات الأعشاب والمبيدات الحشرية. وقد وردت تقارير تفيد بأن حقول الحبوب المليئة بالأعشاب الضارة قد تعرضت للرش في بعض الأحيان عندما كانت هناك رياح، وقد تم حمل الرش لعدة كيلومترات بتركيز كافٍ لإلحاق الضرر بالمحاصيل مثل القطن والطماطم. ومن بين النباتات الأخرى التي أظهرت أعراض الإصابة في ظل ظروف مماثلة الورود والكرنب والفلفل والعنب والتبغ.

5- الضباب الدخاني

الضباب الدخاني له تأثير سلبي على النباتات ، وذلك بسبب احتوائه على مُلوثات هوائية عديدة ، مثل ثاني أكسيد الكبريت ، وأكسيد النيتروجين ، والأوزون ، والجزيئات الدقيقة ، وغيرها.

تم التعرف على نوعين من الضرر الذي يلحقه الضباب الدخاني بالنباتات في لوس أنجلوس، الأول بسبب الغازات (غاز الضباب الدخاني) والثاني بسبب ترسب قطرات الضباب على الأوراق (ضباب الضباب الدخاني). وتُؤثر هذه المُلوثات على النباتات بأشكال متعددة تؤدي بالنتيجة الى تلف الاوراق والجذور، زيادة الحساسية وتثبيط النمو وانخفاض الانتاج.

حساسية النباتات للملوثات الجوية

إن حساسية النباتات للملوثات الجوية مشروطة بالعديد من العوامل:

1- العوامل الوراثية

تختلف استجابة النباتات للملوثات بين الأنواع من جنس معين وبين الأصناف داخل نوع معين. مثل هذا التنوع هو ببساطة وظيفة للتنوع الجيني لأنه يؤثر على الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية للنباتات. لا تظهر النباتات بالضرورة حساسية مماثلة للملوثات المختلفة. على سبيل المثال، بعض النباتات حساسة للفلوريد ولكنها مقاومة لثاني أكسيد الكبريت.

2- العوامل المناخية

العوامل المناخية الهامة التي تؤثر على استجابة الغطاء النباتي للملوثات الجوية هي

1 .مدة الضوء

2 .جودة الضوء (طول الموجة)

3 .شدة الضوء

4 .درجة الحرارة

5 .الرطوبة

3- عوامل متنوعة

تؤثر التربة والمياه والخصوبة على حساسية النباتات للملوثات الجوية. ومع ذلك، يجب دراسة هذه العوامل بالتفصيل قبل استخلاص أي استنتاجات.

تدمير الأوراق فيما يتعلق بالإنتاج

إن العديد من الصناعات التي تنبعث منها غازات سامة للنباتات تقع بالقرب من الأراضي الزراعية القيمة. وإذا لحق الضرر بالمحاصيل القريبة، فإن المزارع يحق له قانونًا استرداد خسائره (خاصة في البلدان التي تطبق فيها تشريعات مكافحة تلوث الهواء). وبالتالي، هناك حاجة إلى طريقة موضوعية لتحديد مدى الخسائر. وقد أظهرت العديد من الدراسات أنه بالنسبة لثاني أكسيد الكبريت، فإن الانخفاض في غلة المحصول يتناسب مع النسبة المئوية لمساحة الأوراق المدمرة. والمعادلة هي من الشكل

$$y = a-bx$$

حيث ان:

y= = العائد المعبر عنه كنسبة مئوية من العائد الكامل (يمكن أن تكون كمية الإنتاج أو نسبة تلف الأوراق أو غيرها)

x=عامل الضرر (يمكن أن يكون تركيز مادة ملوثة أو مدة التعرض لضغط معين أو غيره)

a=ثابت (حوالي 100%) (القيمة الأساسية لـ y عند (x = 0) أي الخسائر في النباتات عند غياب عامل الضرر)

b=منحدر منحنى تدمير العائد والأوراق (معامل ميل الخط ، وهو مُمثل لـ كمية الخسارة في النباتات لكل وحدة زيادة في عامل الضرر).

بشكل عام، تكون دالة العائد الناتجة عن تدمير الأوراق عبارة عن خطوط مستقيمة، تبدأ من العائد 100% y، عند 0% من تدمير الأوراق x، وتنتهي بانخفاض محدد في العائد عند 100% من تدمير الأوراق. ولكن من الناحية العملية، يصعب قياس الانخفاض في العائد تجريبياً إذا كان تدمير الأوراق أقل من حوالي 5%.