المحاضرة الثالثة

تأثير عدد من ملوثات الهواء على صحة الانسان (تكملة للماحضرة 2)

4- كبريتيد الهيدروجين H_2S

كبريتيد الهيدروجين هو غاز ذو رائحة كريهة. وهو معروف برائحته الكريهة التي تشبه رائحة البيض الفاسد. وقد يؤدي التعرض لكبريتيد الهيدروجين لفترات قصيرة إلى إرهاق حاسة الشم .ومن بين المركبات الكبريتية الأخرى التي لها أهمية في تلوث الهواء بسبب روائحها القوية مركب الميثيل ميركابتان (CH_3SH) ومركب الايثيل ميركابتان (C_2H_3SH) ولكن تم الإبلاغ عن أنه عند التركيزات التي تسبب بها هذه المركبات الروائح الكريهة، لا يكون لها أي تأثير آخر على صحة الإنسان. والواقع أن مركب الميثيل ميركابتان يُضاف غالبًا إلى إمدادات الغاز الطبيعي أو المصنع بحيث يُلاحَظ تسرب الغاز.

5- الأوزون O_3

الأوزون هو غاز له تأثير مهيج في الجهاز التنفسي، حيث يصل إلى عمق الرئتين أكثر بكثير من أكاسيد الكبريت.

6- الفلورايدات

تتراوح الفلورايدات الموجودة في الهواء من تلك التي تسبب تهيجًا شديدًا إلى تلك التي تسبب تآكلاً شديدا مثل فلوريد الهيدروجين ومركبات غير تفاعلية نسبيًا. ولكن الفلوريد مادة سامة تراكمية حتى في ظل ظروف التعرض المطول وبتركيزات أقل من الحدة.

7- الرصاص Pb

يضاف الرصاص لبنزين ,وقود السيارات لزيادة معدل الأوكتان ويتم ذلك بإضافة tetra-ethyl lead وهذا هو البنزين المحتوي على الرصاص .يخرج الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثًا تلوثًا به وخاصة في المدن المزدحمة والتي تستخدم وقود أو البنزين المحتوي على الرصاص. أما أضراره فهي:

1- يسبب الصداع والضعف العام وقد يؤدي الى الغيبوبة وإلى حدوث تشنجات قد تؤدي للوفاة.

2- يؤدي إلى إفراز حامض اليوريك وتراكمه في المفاصل والكلى.

3- يقلل من تكوين الهيموكلوبين في الجسم.

4- يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام.

5- يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال.

6- تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل.

8- أبخرة الهيدروكربونات

إن بعض أبخرة الهيدروكربون في الغلاف الجوي لها آثار صحية. إن تأثير الفورمالديهايد مزعج في المقام الأول. وهو يساهم بشكل كبير في تهيج العين والجهاز التنفسي الناجم عن الضباب الدخاني الكيميائي الضوئي. تعتبر الهيدروكاربونات من العوامل المسببة للسرطان مثل المركب العضوي متعدد الحلقات، 3، 4-بنزبايرين. ينشأ أصل هذه المركبات في الاحتراق غير الكامل للهيدروكربونات والمواد الكربونية الأخرى. كما ورد أنها موجودة في عوادم محركات الاحتراق الداخلي. بالإضافة إلى المركبات العضوية متعددة الحلقات، وجد أن بعض الهيدروكربونات الأليفاتية مسببة للسرطان أيضًا.

9. المبيدات الحشرية

إن المبيدات الحشرية لا تضر بالحشرات فحسب بل إنها سامة للإنسان أيضاً، مثل مادة دي دي تي (ثنائي كلورو ثنائي فينيل ثلاثي كلورو الإيثان). فهي قد تؤثر على الجهاز العصبي المركزي وقد تهاجم أعضاء حيوية أخرى. وفي الواقع، تم العثور على مادة دي دي تي في حليب الأمهات في الدول الغربية وحتى في البلدان الاسيوية. ومن ثم، تم حظر استخدام مادة دي دي تي في الولايات المتحدة. وحذر برنامج الأمم المتحدة للبيئة من الآثار غير المرغوب فيها لرش مادة دي دي تي في الأماكن المغلقة. كما وردت تقارير تفيد بأنها تؤثر على الماشية ايضا. وبحسب دراسة أجريت في مركز أبحاث السموم الصناعية في لكناو (الهند)، فإن تراكم المبيدات الحشرية في البيئة بسبب استخدامها المتزايد للأغراض الزراعية يمكن أن يسبب أيضًا الولادة المبكرة والإجهاض، بسبب التركيز العالي للمبيدات الحشرية في جسم الأمهات الحوامل.

10- النظائر المشعة

النظائر المشعة الهامة التي قد تصل إلى الهواء المحيط هي اليود 131، والفوسفور 32، والكوبالت 60، والسترونشيوم 90، والراديوم 226، والكربون 14، الكبريت 35 والكالسيوم 45 واليورانيوم. ان المصادر الرئيسية للملوثات المشعة في الهواء هي :(أ) المفاعلات النووية (ب) المعجلات التجريبية (ج) الاستخدام العلمي والطبي للنظائر المشعة (د) الاستخدام الزراعي والصناعي للنظائر المشعة، (هـ) تجربة القنابل النووية في الغلاف الجوي.

ومن بين الآثار الصحية الخطيرة التي تنتج عن هذه النظائر المشعة فقر الدم وسرطان الدم وامراض السرطان. كما تسبب النظائر المشعة عيوباً جينية وعقماً، فضلاً عن عيوب الأجنة والتشوهات الخلقية. كما أنها تقصر من عمر الإنسان.

11- المواد المسببة للحساسية

من المعروف عمومًا أن الهواء الذي نتنفسه هو الناقل الطبيعي للعديد من المواد العضوية المجهرية التي قد تعمل كمسببات للحساسية. تحدث ردود أفعال أجسامنا تجاه مثل هذه المواد المسببة للحساسية بشكل رئيسي في الجلد والجهاز التنفسي. وتنشأ المواد المسببة للحساسية العضوية من الكائنات الحية مثل النباتات (حبوب اللقاح) أو الخميرة أو العفن، أو في شعر الحيوانات أو الفراء أو الريش .فعلى سبيل المثال تعرف مدينة بنغالور في الهند، التي تشتهر بمناخها الجميل، بأنها مكان للاصابة بالربو بالنسبة للعديد من الناس. ومعدل الإصابة بالربو القصبي مرتفع بشكل خاص في هذه المدينة. وقد تم الاستشهاد بحالات حيث أصيب أشخاص لم يسبق لهم أبدًا أن أظهروا ميولًا للربو، بنوبات الربو عند وصولهم إلى بنغالور. وعلاوة على ذلك، فإن أولئك الذين أصيبوا بنوبات خفيفة فقط في أماكن أخرى عانوا من نوبات ربو حادة هناك. كما تم تسجيل أن نسبة الأشخاص الذين يعانون من الربو القصبي في بنغالور، الذين لم تظهر عليهم أي ميول للربو القصبي في وقت سابق، أصيبوا بنوبات ربو حادة .يبلغ معدل مرضى الربو الذين أفادوا بتحسن حالتهم عندما غادروا بنغالور 37.6٪. أجرت جمعية أبحاث الربو تحقيقًا منهجيًا لمحتوى حبوب اللقاح وجراثيم الفطريات في الغلاف الجوي في بنغالور لأول مرة من يوليو 1976 إلى يوليو 1978. أسفرت الدراسة عن تحديد 75 نوعًا من حبوب اللقاح المحمولة جوًا و 120 نوعًا من الأبواغ. أظهر تقويم حبوب اللقاح لعامي 1976 و 1978 من 10 محطات أخذ عينات مختلفة حول بنغالور أن حبوب اللقاح كانت موجودة طوال العام في جو المدينة. وقد نُسبت جميع أنواع

حبوب اللقاح التي تم تحديدها إلى النباتات المحلية. ووفقًا للدراسة، كان حبوب لقاح البارثينيوم هي الأعلى من حيث الكمية (41٪)، تليها حبوب لقاح العشب (28.8٪). وتأتي أنواع الكاسيا (11.8٪) في المرتبة التالية .وكشفت الدراسة أن ربات البيوت (37.01%) وموظفات المكاتب (40.31%) أكثر عرضة لنوبات الربو من العمال الصناعيين (7.11%) والمتقاعدين (11.29%). وهذا يشير إلى أنه يمكن استبعاد الملوثات الصناعية تقريبًا كعامل مسبب للربو وأنه ينبغي تركيز الاهتمام على حبوب اللقاح والجراثيم وجزيئات الغبار.

كما أن بعض العمليات الصناعية قد تزيد من مسببات الحساسية. وقد تندرج العمليات الصناعية مثل طحن القطن، ومعالجة الفراء، ومعالجة الشعر، ومعالجة الريش، وطحن الدقيق، ومعالجة الجلود، والعمل بالأخشاب، ومعالجة التبغ، ضمن هذه الفئة .على الرغم من أن العمليات الصناعية تساهم في مشكلة المواد المسببة للحساسية المحمولة جواً، إلا أنها ترجع في المقام الأول إلى أصل طبيعي. فقد وجد أن بعض الأشخاص يعانون من حساسية تجاه ثاني أكسيد الكبريت. كما وجد أن الكوبالت والبيريليوم المقسمين إلى أجزاء صغيرة في صورة مركباتهما يسببان الحساسية. وكلاهما يسبب أمراض الرئة. كما أن صبغة الفراء التجارية، البارافينيلين ديامين، هي عامل مسبب للحساسية قادر على التسبب في التهاب الجلد بالإضافة إلى الربو القصبي .تنتج المصانع التي تعالج حبوب الخروع لاستخراج الزيت منها مادة مسحوقة في الهواء وهي مادة مسببة للحساسية. وقد كانت هذه المادة سبباً في إصابة الأشخاص الذين يعيشون بالقرب من تلك المصانع بالربو القصبي.

12- الكائنات الدقيقة والمايكروبات

تنتشر في الهواء أنوع عديدة من البكتريا والفطريات في حالة ساكنة وتصيب الإنسان إذا توفرت الظروف الملائمة. ومن أجناس البكتريا Yersinia, Streptococcus, Mycobacterium, Corynebacterium أما الفطريات Pentium, Candida, Aspergillus ويعتبر فيروس الأنفلونزا أكثر الفيروسات انتشارًا في الهواء. تستخدم الميكروبات في الحروب الجرثومية لسهولة انتشارها في الهواء وتسبب أمراضًا فتاكة بالإنسان ومن اشهر هذه الميكروبات في وقتنا الحاضر الجمرة الخبيثة التي تسببها Bacillus anthrax ويمكن انتشار غيرها عن طريق الهواء مثل الطاعون Pasture plague Upsets والجدري الذي يسببه فايروس Small pox.

13- الدقائقيات

بشكل عام هناك علاقة بين نوعية الدقائقيات وقطرها وتأثيرها في صحة الإنسان. من وجهة نظر التلوث الهوائي فإن الدقائق الأكثر أهمية هي تلك التي يتراوح قطرها بين 0.1–10 مايكرون التي تكون تقريباً بحجم البكتيريا والتي لا تميزها العين المجردة. حيث أن عين الإنسان يمكن أن تميز الدقائق التي يزيد قطرها عن 100 مايكرون. إن الجزيئات التي هي أصغر من واحد مايكرون تنتج على الأكثر من تكثف المواد المتبخرة بعد الاحتراق. أما الدقائق الأكبر من 10 مايكرون فإنها تنتج على الأكثر من العمليات الآلية مثل الطحن والبرد. وتتلخص التأثيرات التي تحدثها الدقائقيات على الظروف الجوية والمحلية وعلى الكائنات الحية كونها تعمل على حجب أشعة الشمس وكذلك تعمل على خفض درجات الحرارة عند سطح الأرض، كما أنها تساهم في ظهور الضباب والأمطار في المدن. كما أن هذه الدقائقيات تسبب ضرراً لصحة الإنسان والحيوان خاصة في الجهاز التنفسي والأمراض الجلدية وأمراض العيون. اضافة الى ماتسببه الدقائقيات من ظاهرة إنخفاض الرؤية مما يتطلب استخدام الأضواء بدرجة أكبر مما يبرز الحاجة لاستهلاك الطاقة الكهربائية اكثر وهذا يرافق إنتاج التلوث المعروف لمصانع الطاقة الكهربائية. ويعتمد سلوك الملوثات على حجم الدقائق والزمن الذي تحتاجه للاستقرار في الأجواء، فالدقائق التي يزيد حجمها عن 50 مايكرون تكون خطورتها التلوثية قصيرة الأمد. قد تبقى بعض الملوثات الدقائقية لمدد زمنية مختلفة حيث يمكن أن تعاني تفاعلات كيماوية تؤدي إلى تكوين ملوثات ثانوية. بالاضافة الى أن بعض الدقائق الغازية والصلبة الصغيرة يمكنها أن تبقى عالقة في الأجواء لأيام أو أسابيع وربما لشهور أو سنوات وحسب موقعها في الطبقات الجوية المختلفة. وعلى سبيل المثال قد تبقى في طبقة التروبوسفير لمدة من 6–14 يوماً، بينما تبقى في طبقة الستراتوسفير العليا فقد تمكث لفترة تتراوح بين 1–3 سنوات، وفي طبقة الميزوسفير لمدة 5–10 سنوات. إن زيادة نسبة الترسبات الدقائقية الكبيرة على سطح الأرض فإنها تؤثر على التآكل الكيماوي والتعرية للمواد البنائية والمعادن والتماثيل والمعالم الاثارية المختلفة.

يمكن تصنيف الجسيمات تبعاً لحجمها الى ما يلي:

1– الجسيمات المتساقطة: وهي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود إلى الارض بعد انطلقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الارضية، ويطلق عليها اسم الغبار الساقط. ويزيد قطر هذه الجسيمات عن 10 مايكرون، وهذه الجسيمات لها تاثير على العيون والمنشأت الصناعية والابنية والممتلكات.

2- الجسيمات العالقة الكلية: وهي تلك الجسيمات التي يتراوح قطرها بين من 0.1 إلى 10 مايكرون، وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء. أما معدل ترسبها فهو بطيء نسبيا ويتوقف على الظروف الطبيعية من رطوبة أو رياح أو حرارة وغيرها. وتعتبر الجسيمات العالقة اخطر الجسيمات الملوثة للهواء حيث من الممكن أن تصل للرئتين و تستقر هناك.

3- الجسيمات العالقة الدقيقة: وهذه الجسيمات صغيرة جداً وقطرها أقل من 0.1 مايكرون، ومن الصعب ترسبها ولها حركة عشوائية. ولا تشكل هذه الجسيمات خطرا كبيراً على صحة الانسان، مع انها تصل إلى الرئتين بسهولة، حيث تستطيع الرئتين نفثها أثناء الزفير.

تأثيرات تلوث الهواء على الحيوانات

تأثير تلوث الهواء على الحيوانات في المزرعة

تختلف عملية تأثر الحيوانات في المزارع تمامًا عن عملية تأثر البشر المعرضين لأجواء ملوثة. ففي حالة الحيوانات في المزارع، تتكون العملية من خطوتين :

1- تراكم الملوثات المحمولة جواً في النباتات والأعلاف.

2- الضرر اللاحق للحيوانات عند تناولها للنباتات الملوثة.

في حالة عمل البشر في أجواء ملوثة في المصانع، فإن الاهتمام منصب على المواد الضارة التي يتم استنشاقها مباشرة، بينما في حالة الحيوانات في المزرعة، من الواضح أن الخطر لا يكمن في استنشاق الهواء الملوث، بل في تناول العلف الملوث بملوثات مثل الفلور من الهواء .إن الملوثات الثلاثة المسؤولة عن معظم الأضرار التي تلحق بالثروة الحيوانية هي الفلور والزرنيخ والرصاص. وتنشأ هذه الملوثات من مصادر صناعية أو من الغبار والرذاذ.

1- الفلور Fluorine

من بين جميع الحيوانات في المزرعة، تعتبر الأبقار والأغنام الأكثر تأثرًا للتسمم بالفلور. يبدو أن الخيول مقاومة تمامًا للتسمم بالفلور. ربما تكون الدواجن هي الأكثر مقاومة للفلور من بين جميع حيوانات المزارع.

أعراض التسمم الحاد بالفلور

إن فقدان الشهية، وفقدان الوزن السريع، وتدهور الصحة والحيوية، والعرج، والإسهال الدوري، وضعف العضلات والوفاة، هي السمات المميزة للتسمم الحاد بالفلور. وقد يؤدي أيضًا إلى زيادة كبيرة في الفلور في العظام. ولكن التسمم الحاد بسبب الفلوريدات غير مرجح في أغلب الحالات.

أعراض التسمم المزمن بالفلور

الفلور هو سم تراكمي في ظل ظروف التعرض المستمر لجرعات شبه حادة. الفلور هو أيضًا سم بروتوبلازمي. لديه تقارب واضح للكالسيوم ويتداخل مع التكلس الطبيعي. تم الإبلاغ عن أن الحيوانات أكثر مقاومة من البشر لتبقع الأسنان. الماشية والأغنام هي الحيوانات الأكثر تأثرًا. تتأثر الأسنان في طور التكوين بسهولة. وبالتالي فإن أعراض الأسنان هي معيار حساس وفريد من نوعه لمرض الفلور المزمن. قد يحدث تآكل مفرط للأسنان القاطعة والأضراس عند تناول مستويات عالية من الفلور.

قد تتطور آفات العظام في أي عمر. وقد يُلاحظ نمو عظمي مفرط على عظام الساق وعظام الفك والأضلاع. ويشير مظهرها إلى تناول كميات كبيرة من الفلورايد لفترة طويلة، وقد يحدث العرج نتيجة لهذا النمو الزائد على عظام الساق. وقد يتبع ذلك تصلب المفاصل. وعادة ما تكون تأثيرات الفلورايد على الهياكل العظمية ذات طبيعة دائمة.

تشمل أعراض التسمم بالفلورايد المتقدم فقدان الشهية وسوء الصحة العامة بسبب سوء التغذية وانخفاض الخصوبة وانخفاض إنتاج الحليب وتأخر النمو. أما الأعراض التي تظهر على الأنواع الأخرى مثل الأرانب والخيول والدواجن فهي مشابهة لتلك التي تظهر على الأبقار والأغنام، أي التبقع والبقع وتآكل الأسنان ونمو العظام على الهيكل العظمي والتصلب والخمول وسوء الصحة العامة بسبب سوء التغذية والجوع.

عند تشخيص التسمم المزمن بالفلور، يجب توخي الحذر. وذلك لأن إمدادات مياه الشرب قد تحتوي على مستويات عالية بشكل غير ملائم من الفلوريدات. كما أن المكملات المعدنية قد تساهم بكميات كبيرة من الفلوريد في النظام الغذائي. وبالتالي، يجب التحقق من جميع المصادر المحتملة عند التحقيق في التسمم بالفلوريدات.

2- الزرنيخ Arsenic

يوجد الزرنيخ كشوائب في العديد من الخامات وفي الفحم. وقد تم الإبلاغ عن أنه يسبب تسمم الماشية بالقرب من مختلف العمليات الصناعية ومصاهر المعادن. ومثله كمثل معظم ملوثات الهواء الصناعية، قد ينتشر الزرنيخ على مساحة كبيرة من مصدر المداخن. ويمكن أن يؤدي الزرنيخ الموجود في الغبار أو البخاخات على النباتات إلى تسمم الماشية.

أعراض التسمم الحاد بالزرنيخ

في الحالات الحادة تكون الأعراض هي إفراز اللعاب الشديد والعطش والقيء وضعف النبض والتنفس وعدم انتظامهما. وفقدان التوازن. يحدث إسهال، ويكون البراز له رائحة الثوم وأحيانًا يكون دمويًا. تصبح الأذنان باردة، ويرتجف الجسم ويتطور إلى درجة حرارة غير طبيعية وتشنجات. قد يحدث الموت في غضون ساعات أو أيام قليلة.

أعراض التسمم المزمن بالزرنيخ:

يبدو أن الزرنيخ له تأثير مثبط على الجهاز العصبي المركزي، ويصبح لون الحيوان باهتًا، ويعاني من نقص الشهية، مما يؤدي إلى فقدان الوزن. كما قد يعاني من سعال مزمن وإسهال مستمر. وقد يحدث سماكة في الجلد وفقر دم وإجهاض أو عقم. وقد يؤدي التسمم المزمن إلى الشلل والوفاة في النهاية.

حدود التحمل:

الزرنيخ ومركباته القابلة للذوبان سامة للغاية. وقد وردت تقارير تفيد بأن الأغنام تعرضت للتسمم بمقدار 0.25–0.50 جرام من الزرنيخ يوميًا، في حين قد تتحمل الأبقار والخيول 1.3–1.9 جرام يوميًا. كما ورد من التجارب المعملية أن 10 ملليجرام من الزرنيخ لكل كيلوجرام من وزن الجسم يوميًا تسبب تسممًا مزمنًا بالزرنيخ في خنازير غينيا. ومن الضروري إجراء تحقيق مفصل حول تأثيرات التسمم بالزرنيخ على الحيوانات في المزارع لتحديد حدود التحمل القياسية

3- الرصاص Lead

يحدث تلوث الغلاف الجوي بالرصاص نتيجة لمصادر صناعية مختلفة مثل المصاهر وأفران الكوك وعمليات احتراق الفحم الأخرى. كما يستخدم الرصاص في الغبار والبخاخات التي تحتوي على زرنيخات الرصاص.

أعراض التسمم الحاد بالرصاص:

في حالة التسمم الحاد بالرصاص، تبدأ الأعراض فجأة وتكون مدتها قصيرة نسبيًا. ومن الأعراض البارزة الركود والترنح وعدم القدرة على النهوض. ويكون النبض دائمًا سريعًا ولكنه ضعيف. وقد تسقط بعض الحيوانات فجأة وتتصلب أرجلها وتصاب بتشنجات. كما يحدث فقدان كامل للشهية وشلل في الجهاز الهضمي وإسهال. ومن الأعراض العصبية الأخرى لدى الماشية صرير الأسنان ومضغ الطعام بسرعة. وفي حالة الخيول قد يؤدي ذلك إلى فقدان الشهية بشكل كامل، والاكتئاب العصبي، والخمول، والموت.

أعراض التسمم المزمن بالرصاص:

وقد لوحظت حالات تسمم مزمن بالرصاص بشكل متكرر لدى الخيول التي كانت ترعى على العلف بالقرب من المصاهر ومناجم الرصاص وفي البساتين التي تم رشها. ومن الأعراض الرئيسية شلل عضلات الحنجرة وصعوبة التنفس. وقد تحدث تشنجات نتيجة لشلل عضلات الحلق، وقد تكون صعوبة التنفس شديدة بشكل غير عادي ومستمر أثناء ممارسة التمارين الرياضية وبعدها.

حدود التحمل:

الرصاص هو سم تراكمي. لذلك فإن تناول جرعات يومية صغيرة جدًا منه بشكل مستمر سيكون فعالًا في النهاية مثل جرعة سامة واحدة. وبالتالي في حالة التلوث الطفيف يمكن أن تحدث الوفاة بعد عدة أشهر وفي حالة التلوث الشديد يمكن أن تحدث الوفاة خلال 24 ساعة.

وقد أشارت التقارير أيضًا إلى أن نقص الكالسيوم في النظام الغذائي يزيد من احتباس الرصاص في جسم الحيوان. وقد تؤدي الأنظمة الغذائية منخفضة الكالسيوم إلى تخزين الرصاص بما يصل إلى خمسة أضعاف ما يوجد في الحيوانات التي تتلقى كميات كافية من الكالسيوم. ومع ذلك، فإن الكميات الإضافية من الكالسيوم فوق الكمية التي تعتبر كافية، لن توفر حماية إضافية ضد التسمم.

التعرض للإشعاع المؤين

يؤدي التساقط الإشعاعي الناتج عن تجارب القنابل النووية في الغلاف الجوي إلى إشعاع مؤين له تأثيرات بيولوجية. وتتشابه تأثيرات الإشعاع على الحيوانات نوعيًا مع تلك التي يتعرض لها البشر. وقد تكون التأثيرات إما تأثيرًا إشعاعيًا حادًا أو تأثيرًا متأخرًا طويل الأمد.

تظهر أعراض الإصابة الإشعاعية الحادة خلال فترة تتراوح بين ساعات وأسابيع، بعد التعرض للإشعاع. ولا يمكن أن تنتج التأثيرات الإشعاعية الحادة إلا عن التساقطات الإشعاعية التي تحدث

بالقرب من موقع اختبار القنابل النووية، وذلك بسبب الدرجة العالية من الإشعاع التي يتلقاها جسم الحيوان.

التأثيرات طويلة المدى هي:

1 .السرطان (بما في ذلك سرطان الدم)

2 .تقصير العمر

3. التأثير الجيني أو الطفري.

ولظهور هذه التأثيرات، عادة ما يستغرق الأمر عدة سنوات، وحتى أجيال في حالة التغيرات الجينية.

تأثيرات تلوث الهواء على النباتات

من المعروف منذ زمن طويل أن تلوث الهواء له تأثير سلبي على النباتات. في البداية، كان ثاني أكسيد الكبريت هو الملوث الخطير الوحيد. والآن، مع ظهور المبيدات الحشرية المختلفة والعمليات الصناعية الجديدة، تضاعف نطاق الملوثات الضارة بشكل هائل. وفي بعض الأحيان، وجد أن النباتات التي تبعد أكثر من 150 كيلومترًا عن مصدر الملوث تتأثر بالملوثات المنبعثة.

وقد تسبب التلوث الصناعي، وخاصة من مصاهر المعادن، في تدمير كامل للنباتات في بعض الحالات، على سبيل المثال، في داك تاون بولاية تينيسي في امريكا. ومن المعروف جيداً النزاع الدولي بين كندا والولايات المتحدة بشأن الأضرار التي تسبب فيها مصهر النحاس في تريل بكولومبيا البريطانية. كما تسبب الضباب الدخاني في لوس أنجلوس في أضرار واسعة النطاق لبعض المحاصيل والغابات في جنوب كاليفورنيا. وفي الواقع، تم نشر العديد من الكتب والتقارير في الولايات المتحدة الأمريكية حول الضرر الذي يسببه تلوث الهواء للنباتات. وفي بعض الحالات، تم تقدير اقتصاديات الأضرار التي لحقت بالمحاصيل والنباتات. وتم دفع تعويضات تصل إلى آلاف الدولارات عن الأضرار التي لحقت بالمحاصيل.

بنية الورقة الطبيعية

إن معرفة بنية الورقة تساعدنا على فهم سبب الضرر الذي يلحق بالنباتات بسبب الملوثات الجوية. ويوضح الشكل 7.1 مخططاً عاماً لبنية الورقة الطبيعية. فإذا فحصنا ورقة، فسوف نرى عادة شبكة من البنى الأكثر كثافة، وهي الأوردة، وكلها مترابطة مع قاعدة الورقة أو ساقها. وتعمل

الأوردة الورقية كنظام نقل للماء والغذاء، تماماً مثل الأوعية الدموية في الحيوانات. وتتكون أنسجة الورقة من طبقات، حيث توجد طبقة من الجلد أو البشرة في الأعلى والأسفل، وبينهما خلايا ضوئية. أما الثغور فهي المداخل الموجودة في أسفل الورقة (وفي بعض الأوراق في الأعلى) التي يدخل من خلالها ثاني أكسيد الكربون ليلعب دوره في عملية التمثيل الضوئي. وتحمي هذه الفتحات أزواج من الخلايا الحارسة المتخصصة التي تفتح وتغلق الثغور للسماح للغازات بالدخول أو الخروج من الورقة. ومن بين هذه الغازات بالطبع ملوثات مثل ثاني أكسيد الكبريت.

تأثير البيئة على النباتات

العامل الأساسي الذي يتحكم في امتصاص الأوراق للغازات هو درجة فتح الثغور. فعندما تكون الثغور مفتوحة على مصراعيها، يكون الامتصاص في أقصى حد والعكس صحيح. وبالتالي، فإن نفس الظروف التي تعزز امتصاص الغاز (ثاني أكسيد الكربون لعملية التمثيل الضوئي)، تجعل النبات أكثر عرضة للإصابة (عن طريق امتصاص غاز ملوث مثل ثاني أكسيد الكبريت). والظروف التي تسبب فتح الثغور هي شدة الضوء العالية (خاصة في ساعات الصباح)، والرطوبة النسبية العالية، وإمداد جذور النبات بالرطوبة الكافية ودرجات الحرارة المعتدلة. تغلق معظم النباتات ثغورها في الليل وبالتالي تكون أكثر مقاومة في الليل مقارنة بالنهار. لكن بعض النباتات مثل البطاطس، التي لا تغلق ثغورها في الليل تكون حساسة في الظلام كما هي في الضوء.