الفصل الثاني
ملوثات البيئة الضارة بصحة الإنسان

إضافة للغازات الملوثة للبيئة هناك مواد أخرى من الملوثات الضارة بالأحياء ، نذكر منها : الجزيئات الصلبة والسائلة والجراثيم والمبيدات والمواد المشعَّة والغبار الذري ، وغيرها .

الجزيئات الصلبة :

وهي متعددة المصادر منها ما هو من أصل حجري مثل : غبار الإسمنت والرمل والجص ، ومنها من أصل معدني مثل الحديد والنحاس ، ومنها من أصل ملحي مثل أملاح الرصاص والحديد والزرنيخ ، ومنها من أصل نباتي مثل النشارة والقطن والطحين وغبار الطلع وغيرها . . .

ويعدُّ قطرُ هذه الجزيئات صغيراً جداً من رتبة ٠,٠٠١ ملم (ما يعادل ١ ميكرون) ، تنتج هذه الجزيئات الصغيرة عن الدخان واحتراق الأجسام المختلفة ، وتتطاير في الهواء فتحملها الرياح الشديدة إلى مسافات بعيدة عن مصدرها ، بينما تتساقط الجزيئات الكبيرة من الهواء الهادئ في منطقة قريبة من مصدر نشوئها . ومن الأمثلة على ذلك نذكر :

في لندن مثلاً يسقط ١٧٠ طناً من الدخان الأسود في السنة في كل ١ كم^{٢} ، وفي القاهرة يسقط شهرياً ما يعادل ٤٧٨ طناً من الغبار في كل ١ كم^{٢} .

تنتشر هذه الجزيئات الصغيرة ، وتسبح في الهواء بشكل دائم ، وتتجمع فيما بينها وتمتص بخار الماء فتتشكل ستارة رقيقة من الغيوم التي تمتص الضوء ، وتسهم في تكوين الضباب ، مما يؤثر على وضوح الرؤية حسب كثافة الهواء ، فكلما زادت الجزيئات الصغيرة في الهواء قلَّ وضوح الرؤية .

إنَّ غبار الإسمنت يؤدي إلى تشكيل طبقة صلبة على أوراق النبات وساقه وأزهاره ، ويعود السبب في ذلك إلى وجود سيليكات الكالسيوم في غبار الإسمنت ، التي تشكل في الوسط الرطب هيدرات سيليكات الكالسيوم الجيلاتينية تجف وتتصلب فيما بعد . أما في الأوساط الجافة فتتشكل طبقة من الغبار تغطي كامل النبات ، فالهواء المحمَّل بالغبار ضارٌّ بالنسبة للنباتات ، فهو يسدُّ المسام ويؤدي إلى انخفاض شدة التركيب الضوئي ، وإعاقة التنفس والتعرُّق .

يضاف إلى ذلك أن الغبار العادي يؤثر على الحالة النفسية عند الإنسان فيخلق نوعاً من الانزعاج يتحول فيما بعد إلى انقباض نفسي ، وينعكس عدم رغبة في العمل . أما الغبار العضوي الناتج عن احتراق الوقود غير الكامل فيُعدُّ من مسبِّبات السرطان .

تأثير الجزيئات الصلبة في الأحياء :

تعدُّ الجزيئات الصلبة المعلَّقة في الهواء ، والتي يتراوح قطرها بين ١,٠-١٠ ميكرون من أكثر الجزيئات تلويثاً للهواء . فالجزيئات الدقيقة منها تحدث ضرراً كبيراً في الجهاز التنفسي عند الإنسان ، وخاصة للأطفال ؛ لأنها تستطيع اختراق دفاعات الأنف بسهولة والوصول إلى أعماق الرئتين .

وتؤثرُ الجزيئات الصلبة على النبات أيضاً ، فتترسَّب على أسطح

الأوراق ، وتسدُّ المسام وتُعيق التبادل الغازي (التنفُّس والتركيب ضوئي) ولاسيما في الأوساط الرطبة . كما أنَّ الجزيئات الصلبة تترسب على مياسم الأزهار ، وتُعيق عملية التأبير مما يؤدي إلى انخفاض كبير في عدد الثمار .

جزيئات بعض المعادن السامة :

مثل الأميانت ، والرصاص ، والزئبق ، والبريليوم ، والكادميوم وغيرها .

١ـ جزيئات الأميانت :

تشكِّل غباراً يتطاير في الهواء ، ينتج عن استعمال مكابح السيارات والقطارات والمصاعد الكهربائية . وتستخدم هذه المادة كعازل حراري وكغلاف لبعض المواد لوقايتها من الحريق ، ويعدُّ غبار جزيئات الأميانت ساماً وضاراً على الصحة ؛ إذ يصل إلى الرئة عن طريق التنفس مسبباً سرطان الرئة والقصبة الهوائية ، وأكثر من يُصاب بها عمال المناجم والمصانع التي تصنعه .

٢ـ جزيئات الرصاص :

تعد جزيئات الرصاص من أكثر المعادن السامة انتشاراً في الهواء ؛ لأنها تشكِّل فيما بعد أكاسيد الرصاص ويُستعمل الرصاص في الصناعة في مجالات عديدة منها :

أنابيب مياه المنازل ، ومواد الدهان ، وإغلاق المعلبات بكل أنواعها ، وأحرف الطباعة الرصاصية وغيرها . وينتشر الرصاص في الهواء من دخان السيارات ، وتُقدَّر كميته المنطلقة من احتراق لتر واحد من البنزين بـ ١ ميلي غرام . ولكن كمية الرصاص تكون كبيرة إذا أخذنا

في الحسبان حجم استهلاك البنزين في المدن المكتظَّة بالسيارات والمركبات الأخرى ، ومنها ينتقل الرصاص إلى الإنسان عبر التنفس .

وهناك تزايد في نسبة المصابين في أمراض الجهاز الهضمي نتيجة تلوث الهواء بالرصاص ؛ لذلك جنحت العديد من الدول إلى استخدام الوقود الخالي من الرصاص .

كما أن هناك علاقة واضحة بين زيادة تركيز الرصاص في أجسام الأطفال ، وانخفاض مستوى الذكاء والقدرات العقلية .

كما ينتقل الرصاص إلى جسم الإنسان أيضاً عن طريق الغذاء من الخضار والفاكهة (فاستهلاك ١ كغ من الخضار والفواكه يُدخل من خلاله إلى جسم الإنسان ٤ ملغ رصاص يومياً) ، وتزداد نسبة الرصاص في المواد الغذائية المعلَّبة ؛ حيث يُحكم إغلاق هذه العلب بالرصاص ، فيتسرَّب قسم منه إلى داخل العلبة ومنها للإنسان. و يسبب تسمم الرصاص عوارض مرضية منها الإسهال والتعب والصُّداع والتخلف العقلي.

ويعدُّ المصدر الأساسي لتلويث الهواء بالرصاص وقود السيارات ؛ لذلك يُنصح باستخدام بنزين خالٍ من الرصاص للإقلال من تلوث البيئة وسلامة صحة الإنسان . ومن الآثار السلبية للرصاص على النباتات ما نلاحظه على جوانب الطرقات من غياب النباتات وتحول ألوان النباتات المزروعة في تلك المناطق على السواد .

٣ـ الزئبق Hg :

وهو من الملوِّثات السامة ، ويوجد بشكل بخار الزئبق مسبباً آثاراً سلبية على الجهاز العصبي ، وأهم مصادره في الهواء محطات الطاقة ، ومعامل تصنيع الزئبق. وتكفي الإشارة إلى أن ٢٥ مؤسسة صناعية أمريكية تطلق سنوياً ٥٥٠ طناً من الزئبق تسهم في تلويث الهواء والماء والتربة .

ومن المعروف أن الزئبق المعدني Hg يتحول إلى صورة عضوية سامة هي ميتيل الزئبق عن طريق بعض الكائنات الحية الدقيقة ، ويتركَّز في الغذاء ، ويُعدُّ الزئبق ملوثاً هوائياً خطراً ؛ حيث يتواجد بشكل بخار الزئبق .

الفحوم الهيدروجينية :

وهي مركبات من الكربو والهيدروجين كالميتان والإيتان الناتجين عن تكرير البترول غير الكامل ؛ والاحتراق غير الكامل للوقود في محركات وسائط النقل ، حيث ينتج من السيارات حوالي ٥٠٪ من الفحوم الهيدروجينية المنتشرة في الهواء ، وتزداد نسبة انتشارها في الهواء عند مسير السيارات ببطء ، وتقل عند سيرها بالسرعة المثالية ٨٠كم/ سا . ومن أكثر المركبات ضرراً مركب (البنزوبيرين Benzoperine) حيث يعد أحد المركبات المسببة لمرض السرطان عند الإنسان ، وقد سبب هذا المركب موت آلاف العمال في مصانع تقطير الفحم الحجري وغيرها . وتشترك الفحوم الهيدروجينية في تكوين الضباب الدخاني المعروف بآثاره السلبية المباشرة على النباتات .

الضباب الدخاني Smog :

يتشكل الضباب الدخاني خاصة نتيجة وسائط النقل المختلفة ودخان المصانع ويتألف من غازات مختلفة أهمها : (غازات من الفحوم الهيدروجينية ، وأكاسيد الآزوت مع مشاركة الأشعة الشمسية) . ويظهر الضباب الدخاني جلياً في الصباح الباكر في المدن .

والضباب الدخاني يشكل ملوثات غازية لها تأثيرات ضارة على الإنسان ، وخاصة أثرها على العيون حيث تسبب تهيجها ، كما تؤثر على النباتات وتؤدي إلى تلف أنسجتها وانخفاض معدل التركيب الضوئي نتيجة تخريب الصانعات الخضراء وزيادة معدل التنفس .

المبيدات الكيميائية :

منها المبيدات الزراعية والحشرية . وهي مؤلفات سامة ، ولاسيما المركبات الحاوية على عنصر الكلور السام ، وتسبب هذه المبيدات تلوثاً متنامياً للبيئة بعد زيادة استهلاكها في العصر الحديث بصورة كبيرة .

ومن أشهر المبيدات الزراعية المعروفة : ٢,٤ ـ ثنائي كلورو فينوكسي حمض الخل ، 2. 4-Dichloro phenoxy acetic asid (رمزه 2.4-D) الذي يستعمل لمكافحة الأعشاب الضارة ذات الأوراق العريضة التي تنمو في حقول القمح . وقد أدَّى استخدام هذا المبيد إلى زيادة إنتاج الحبوب . ومن المركبات الكيميائية أيضاً (السيمازين ، الإترازين) المستخدمان للقضاء على الأعشاب الضارة ضمن المحاصيل . فمركب السيمازين يوقف عملية التركيب الضوئي للأعشاب الخضراء الضارة .

بينما مركب الإترازين يؤدي إلى اصفرار حواف الأوراق ، هذه المبيدات بالرغم من كونها تزيد المحاصيل الزراعية ، لكنها تشكل في التربة مركبات سامة للإنسان والحيوان ، وأيضاً تُنقل هذه المبيدات إلى الكائن الحي عن طريق الهواء بتبخرها ؛ مما يؤدي إلى خطورة انتشارها ؛ لذلك يجب استخدامها بشكل عقلاني مدروس ومحدود .

تلوث الهواء بالجراثيم :

يتلوث الهواء بيولوجياً بأنواع مختلفة من الجراثيم والفيروسات ، ويرافق هذا التلوث كثافة السكان ، كلما ازداد عدد السكان في مكان معين ازداد تلوث الهواء الجرثومي . لذلك يُنصح بإنشاء المستشفيات والمصحات في مكان بعيد عن التجمعات السكانية ، وأن تكون المصحات محاطة بمسطحات خضراء كالأشجار التي تنقِّي الجو من الفيروسات والجراثيم وتزيد نسبة الأكسجين فيه .

تأثير تلوث الهواء في الأبنية والمنشآت :

إن الهواء الملوث بالمواد الكيميائية المتعددة من غازات وجزئيات صلبة يؤثر على المباني الأثرية . فمثلاً يزيل كبريت الهيدروجين H_S الألوان التي يدخل في تركيبها الرصاص ، ويخرب الأوزون المطاط وخاصة إطارات السيارات ، ويُحدث فيها شقوقاً متعددة ، ويتخرَّب الكلس في الأبنية ذات الأحجار الكلسية إذا احتوى الهواء على نسبة عالية من CO_2 الذي يتحول في الرطوبة إلى حمض الكربون . كما يُشكِّل غاز SO_2 في الرطوبة حمض الكبريت ؛ أو ما يسمى المياه الحمضية التي تؤثر في تآكل الأبنية الأثرية . وأخيراً يشكِّل تلوث الهواء حالياً إحدى مشاكل التلوث الكبرى التي تهدد المباني الأثرية بشكل عام .

تأثير الغازات الهوائية السامة في النباتات :

١ـ تأثير غاز SO_2 في النباتات :

تمتص النباتات المختلفة غاز SO_2 بدرجات متفاوتة ، فالأوراق الملساء ذات البنية الوسطية Mesophytes هي أكثر قدرة على امتصاص SO_2 مقارنة بالنباتات الجفافية الموبرة Xerophytes . ومن النباتات التي تمتص SO_2 نذكر : أشجار الحور Populus والزيزفون Tilia والبتولا Betula والورد Rosa . ويتوقف امتصاص غاز SO_2 على عوامل المناخ ، فالرطوبة المرتفعة تزيد معدل امتصاصه ، كما أن ارتفاع درجة الحرارة يزيد طرداً شدة الامتصاص كما في النباتات النجيلية . والصنوبر مثلاً يمتص SO_2 نهاراً بمعدل ٣ـ٤ مرات أكثر منه ليلاً حيث درجة الحرارة منخفضة . ويتحول SO_2 الممتص في الأوراق إلى سلفات ، مما يخفف كثيراً سُمَّيَّته ، وينتقل SO_2 الممتص من قبل الأوراق إلى المجموع الجذري ؛ حيث يفرزه النبات كمركبات كبريتية في التربة .

٢ـ تأثير أكاسيد الآزوت NO ، NO_2 في النباتات :

تمتص النباتات أكاسيد الآزوت كبقية الغازات ويدخل الآزوت الممتص في تركيب الحموض الآمينية ، أي : يساعد جزئياً في إمداد النباتات بالآزوت وبالتالي يزيد من إنتاجها . وتؤدي النباتات دوراً مهمَّاً في تنظيف الهواء من ثاني أكسيد الآزوت NO_2 . ومن أهم الأنواع النباتية التي تمتص أكاسيد الآزوت : الصنوبر ، السنديان ، البلوط ، والتفاح وغيرها .

٣ـ تأثير غاز أول أوكسيد الكربون CO في النباتات :

تمتص الأنواع المختلفة غاز co وتتمثله بعمليات الاستقلاب ، ويتحول CO في النباتات إلى CO_2 حيث يستعمل في التركيب الضوئي . لذا فإن امتصاصه في الضوء يفوق امتصاصه في الظلام . كما تؤدي جراثيم التربة دوراً مهمَّاً في امتصاص CO ، وتنقية الهواء منه . وتثبت التربة الغنية بالمواد العضوية كميات أكبر من CO مقارنة بالترب الفقيرة ، وتزداد قدرة التربة على امتصاص Co مع ارتفاع درجات الحرارة ؛ حيث تبلغ أقصاها في الدرجة ٣٠ تقريباً .

٤ـ تأثير الرصاص في النبات :

تسهم الأنواع النباتية وخاصة المزروعة على جوانب الطرقات والحدائق العامة في تنظيف الهواء من الرصاص المنطلق من عوادم السيارات ، وتقدر قدرة النبات على امتصاص الرصاص بـ ٣٠ـ٤٠ ملغ لكل كيلو غرام من الوزن الجاف للأوراق ، كما تمتص الأشجار (منها الحور والصفصاف) مادة البنزوبيرين التي تعدُّ من أخطر المواد المسرطِنة للإنسان .

ضرورة التحكم بتلوث الهواء :

بقيت العمليات الطبيعية المنقية للهواء قروناً طويلة كافية للتحكُّم في تلوث الهواء ؛ حيث كان المطر والثلج والغطاء النباتي الطبيعي يزيل المواد الملوثة من الهواء .

كما أن قسماً كبيراً من المواد الصلبة يسقط على الأرض ويُمتص في التربة ، ولكن مع الزيادة الكبيرة في مصادر التلوث لم تعد العمليات الطبيعية كافية لتنقية الهواء ؛ لذلك كان من الضروري التحكم في تلوث الهواء وإجراء الطرائق الوقائية .

الطرائق الوقائية للمحافظة على سلامة الهواء من التلوث :

من واجب البشرية جمعاء إعادة النظر في الوقاية من تلوث الهواء بعد زيادة التلوث في عصرنا الحاضر ، بازدياد عدد السكان . والتخفيف من حدَّة التلوث يتم بالتخطيط العلمي المدروس وإدخال التكنولوجالبيئة ، ولا بد من اتخاذ إجراءات كثيرة منها :

١ـ إبعاد المصانع عن المدن :

يجب العمل على إقامة المصانع على أراضٍ غير صالحة للزراعة من خطورة تلوث البيئة ، والمنعكس أثرها السلبي على النبات والحيوان والإنسان ، وعدم السماح ببناء منشآت صناعية قرب المدن خاصة الصناعات شديدة التلويث (كصناعة الإسمنت وتكرير البترول) .

٢ـ ضرورة إقامة أحزمة خضراء وزراعة الأشجار والمسطحات الخضراء :

لكي نقلِّل من حدة التلوث بالغازات السامة ؛ حيث تتمكن النباتات من تنظيف الهواء من الملوثات بامتصاصها الغازات السامة الملوَّثة . كما أن الغابات والأحزمة الخضراء توقف كميات كبيرة من الغبار الساقط من

الجو ، وتؤدي دوراً كبيراً في تنظيف الهواء وتقلل من سرعة الرياح . وقد بينت الدراسات أن تركيز الغبار في الحدائق العامة أقل بـ٤٢٪ منه في الأماكن الجرداء .

٣ـ وضع حدٍّ نهائي لقطع الأشجار وتخريب النباتات الطبيعية وضرورة إنشاء مصدات من الأشجار حول الحقول الزراعية .

٤ـ تشكيل لجان متخصصة لمكافحة التلوث (مهام وزارة البيئة بالتعاون مع الوزارات والهيئات الأخرى) :

وذلك لمكافحة التلوث بجميع أشكاله خاصة دخان السيارات والمصانع التي تطلق الأبخرة الضارة بالصحة والبيئة .

٥ـ منع التجارب النووية (مهام الدول الأخرى) :

حيث لا بد للإعلام البيئي أن يُعلن عن خطورة هذه التجارب التي تنقل الغبار الذري لمسافات بعيدة عن مكان التفجير (مثل قنبلة هيروشيما في اليابان عام ١٩٤٥ م ، ومفاعل تشرنوبيل في أوكرانيا عام ١٩٨٠م ، والتفجير في منطقة ريغان في صحراء الجزائر عام ١٩٤٢م) .

٦ـ إعادة تحليل الفضلات :

يمكن إعادة تحليل الفضلات والحصول على مواد عضوية مفيدة بدلاً من انتشارها وتلويثها الهواء (مثال : الهواء والروائح الفاسدة الناتجة عن الدباغات في الغوطة) .

٧ـ تحسين تقنيات صناعة المبيدات الكيميائية :

وذلك بابتكار مواد كيميائية أقل سمّية وخطورة على الكائنات الحية ، وإلغاء استخدام المبيدات الكيميائية القديمة والضارة بالبيئة مثل DDT .

٨ـ الصيانة الدائمة والمستمرة للمحركات بجميع أشكالها :

إن المراقبة الدائمة للمحركات كلها ، ولاسيما تلك التي تطلق الغازات السامة أمر مهمٌّ للتقليل من نسبة التلوث ، مع الأخذ بالحسبان ضرورة العناية والمراقبة الدائمة لوسائل النقل وإيقاف المحركات القديمة التي لا تعمل بشكل نظامي .

٩ـ التخطيط العلمي المدروس عند إنشاء أيِّ صناعة :

إن إنشاء أيِّ مصنع يتطلب أن تضع السلطات المسؤولة في الحسبان مجموعة من الشروط ليس أقلها مراعاة تضاريس المكان ، والمناخ السائد في المنطقة ، واتجاهات الرياح وذلك بهدف الوقاية من تلوث الهواء ، والتقليل من آثاره الضارة . ومصفاة حمص شاهد حي على أنها لم يلحظ في إنشائها اتجاه الرياح .

١٠ـ استخدام المُرشِّحات الهوائية :

إن الهدف من استخدام المرشحات الهوائية الإسهام في تنقية الهواء من التلوث وتختلف هذه المرشحات حسب نوعية والجزيئات الملوِّثة وحجمها مثل :

ـ المرشحات الإلكترونية التي تعتمد على الشحن الكهربائي لترسيب جزيئات الملوثات .

ـ المرشحات المعتمدة على التصادم اللزج .

ـ المرشحات المعتمدة على النوعية الكيميائية للملوثات حيث تُضاف مواد معينة تتفاعل مع الملوثات وتنقِّي الهواء .

١١ـ استبدال محركات السيارات القديمة بمحركات جديدة :

وهو أمر تفرضه الضرورة ؛ لأن نسبة الغازات الملوثة التي تطلقها

وسائط النقل ذات المحركات القديمة أكثر بحوالي ٢٥ مرة من المحركات حديثة الصنع .

١٢ـ تحديد التراكيز القصوى المسموح بها لملوثات الهواء :

وخاصة في هواء المدن السكنية والمناطق الصناعية ، وإنشاء جهاز خاص لمراقبة تراكيز ملوثات البيئة باستمرار . و فيما يلي جدول خاص بالتراكيز المسموح بها في المدن :

الملوثات الهوائية	التركيز ملغ/ م^3	
	الحد الأقصى	المتوسط
١ـ ثاني أكسيد الكبريت	٠,٥	٠,٠٥
٢ـ كبريت الهيدروجين	٠,٨	٠,٠٨
٣ـ الكلور	٠,١	٠,٠٣
٤ـ أول أكسيد الكربون	٠,٣	٠,١
٥ـ ثاني أكسيد الآزوت	٠,٨٥	٠,٠٨٥
٦ـ الغاز غير السام	٠,٥	٠,١٥
٧ـ خامس أكسيد الفوسفور	٠,١٥	٠,٠١
٨ـ غاز الفلور	٠,٠٣	٠,٠١
٩ـ حمض الكبريت	٠,٣	٠,٠١
١٠ـ الزئبق	ـ	٠,٠٠٠٣

جدول يُبيِّن التراكيز المسموح بها للملوثات الهوائية في المدن

* * *