الباب السادس

السموم البيئية و الملوثات التنفسية بالهواء الجوي

obeikandl.com

obeikandl.com

السموم البيئية والملوثات التنفسية بالهواء الجوي

من الاهمية بمكان الأخذ في الأعتبار في هـــذا الصـــدد مـــن الناحيـــة البيولوجية الطبقة السفلية من الغلاف الجـــوي (Atmosphere) وهـــي طبقـــة التروبوسفير (Troposphere) وهي الطبقة التي تعلو سطح الأرض مباشـــرة و يعيش فيها الأنسان و الحيوان و النبات : الكتلة الحية (Bioacta) و تحتـــوي علي الهواء الذي نتنفسة ويبلغ أقصي متوسط لسمكها هو ستة عشـــرة كيلـــو متر عند خط الأستواء و يقل تدريجيا بالأتجاة نحو القطبينفتصل إلي عشـــرة كيلو متر .

وهي طبقة مضطربة كلما أقتربنا من ســـطح الأرض و لإرتفـــاع ثلاثـــة كيلومترات وهو ما يمثل ٢٠ % من كتلة هذه الطبقة و التي في نفس الوقـــت تمثل ٨٠ % من الغلاف الجوي . وتظهر هذه التقلبات في صورة إنخفـــاض في درجة الحرارة بالأرتفاع تدريجيا لأعلـــي تجـــاه طبقـــة الـــتروبوبوز (Tropopause حيث تنخفض درجة الحرارة تدريجيا كلما أرتفعنا ثلثمائة مـــتر عن سطح البحر كما ينخفض الضغط الجوي و كثافة الهواء .

و تحتوي هذه الطبقة علي الهواء المتنفس بالكائنـــات الحيـــة النباتيـــة و الحيوانية حيث الهواء النقي و الغير ملوث ومكوناته بنسبها الطبيعية ، جـدول رقم (٦-١) و هو ما يحفظ الهواء الجوي في درجة حـــرارة مناســـبة(١٥-٢٢°م) وبمتوسط سنوي ١٥-١٨°م وهي أقل من درجة حرارة الجسم حتـــي يتسني للجسم التخلص من درجة حرارتة الزائدةبالإشعاع للهواء المحيـــط أو بالنقل مع الهواء المتحرك المتجدد حيث يلـــزم الفـــرد يوميـــا ١٤٤٠م٣ أي بمعدل ٦٠م٣/ساعة ورطوبة نسبية لا تزيد عن ٨٠ % خاصة بأماكن العمل.

و يتكون الهواء الجوي المتنفس من أربعة غازات تمثل ٩٩,٩٩ % مـــن حجم الهواء الكلي وهي :

- الأكسيجسن(O_2 :Oxygen) :و تبلغ نسبته في الهواء الجوي ٢٠,٩٦ % من حجم الهواء أي ما يقرب من ٢٣,١٤% من وزنه و تقدر بحوالي ١٢٠٠مليون طن . ويتوقف علي وجودة

جدول رقم (٦-١) : مكونات الغلاف الجوي

المركب	تركيزة(ميكروجرام/م٣)	فترة بقاءة بالسنة
أرجون	$١,٦ \times ١٠^{-٧}$	–
هليوم	٩٢٠	٢٠٠٠,٠
بخار الماء	٣٠٠٠×١٠^{٤}	٠,٠٣
ثاني أكسيد الكربون	$٤-٨ \times ١٠^{٥}$	٤,٠
ميثان	$٨,٥-١١ \times ١٠^{٣}$	١٠٠,٠
أكسيد النيتروجين	$٥-١٠ \times ١٠^{٢}$	٤,٠
أول أكسيد الكربون	١ -٢٠	٠.٣
ثاني أكسيد الكبريت	٠-٥٠	٠,٠١٥
كبرتيد الهيدروجين	٣-٣٠	٠,١

العديد من صور الحياة للكائنات الحية علي سطح الكرة الأرضية و يدخل في أغلب التفاعلات بسطح الكرة الأرضية . ووجوده في طبقات الجو العليا مع نسبة من غاز الأوزون يعطي اللون الأزرق للسماء و الذي يكون بمثابة عازل يمتص نسبة كبيرة من الأشعة الفوق بنفسيجية المنتشرة خلاله حيث وجود الأوزون بنسب ضئيلة في الهواء المتنفسمفيد للصحة و لكن يظهر ضررة علي الصحة بزيادة نسبتة ، كما أنه قابل للتحول التلقائي لأكسيجين و تنفرد منه كمية من الطاقة في صورة حرارة.

- النيتروجين (Nitrogen : N) : وتبلغ نسبتة ٧٨٠٢١%من حجم الهواء أي ما يقرب من ٧٦,٠٣ % من وزن الهواء بالغلاف الجوي . و ترجع فائدتة في تخـــفيف تركيز الأكسيجين بالهواء للنسبة الملائمة لنشاط أنسجة الجسم ، كما يؤدي

إلي إنكسار الأشعة السمشية عند إختراقها لهذة الطبقة كما تتحطم فيه الشهب المنجذبة إلي الأرض و ترجع لة قــوة التيارات الهوائية .

- ثاني أكسيد الكربون (Carbon dioxide :CO_2) :وتبلغ نسبتة ٠,٠٤ % من حجم الهواء أي ما يوازي ٠,٠٥% من وزن الــغلاف الجوي و تتفاوت هذه النسبة من مكان لآخر حيث تنخفض النسبة تدريجيا من المناطق الصناعية الي المناطق الآهلة بالسكان و المزدحمة بالمواصلات ثم المناطق الساحلــية فالمناطق الزراعية و لهذا تقوم بعض الدول بعمــل حزام أخضر (Green band) حول العواصم المزدحــمة و الآهلة بالسكان فيقوم بإمتصاص ثاني أكسيــد الكربون نهاراأثناء تنفسها و تعطي بعد تمثيلة ضوئيا خلال عملية البناء الضوئي(Photosynthesis) وفي وجود الكلوروفيل الأكسيجسن للجو المحيط .
- أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide: CO) وهي نسبة ضئيلة جدا كذلك بعض الغازات الخاملة مثل النيون و الكريبتون و الأرجون والهيدروجين و الهليوم و بخار الماء (١% بالمناخ الجاف وترتفع إلي ٤% بالمناخ الرطب) ، جدول رقم (٦-٢) .

و يحدث تلوث للهواء الجوي عند حدوث خلل في نسب تواجد مكوناتــه السابقة سواء أكان الخلل نتيجة عوامل طبيعية كالغــازات المتصــاعدة مــن المسطحات المائية الراكدة و المغلقة أو العواصــف الترابيــة و الرمليــة و المحملة بالدخان و الجسيمات أو الغــازات و الأكاسيد الناجمة عن أشــتعال الحرائق بالــغابات طبيعيا نتيجة إحتــكاك أوراقها صيفا و الزيوت النباتيــة المتطايرة و حبوب اللقاح و كذلك الغــازات البركانيــة أو نتيجــة الأنشــطة البشرية (Human activities) بالأمــاكن الآهلة بالســكان و الــمزدحمة بوسائل

جدول رقم (٦-٢) : النسب الطبيعية لمكونات الهواء الجوي الجاف بالقرب من مستوي البحر(Clean dry air near sea level)

المكون		التركيز(جزء في المليون :ppm	% بالحجم	الوزن الكلي (مليون طن)
أكسيجين	(O_2)	٢٠٩٤٠٠	٢٠,٩٥	١٢٩٠٠٠٠٠٠
أول أكسيد الكربون	(CO)	٠,١	٠,٠٠٠٠١	٥٤٠
ثاني أكسيد الكربون	(CO_2)	٣١٨	٠,٠٣٧٨	٢٧٠٠٠٠٠
أوزون	(O_3)	٠,٠٢	٠,٠٠٠٠٠٢	١٩٠
نيتروجين	(N_2)	٧٨٠٩٠٠	٧٨,٠٩	٤٢٢٠٠٠٠٠٠
أكسيد نيتروز	(N_2O)	٠,٢٥	٠,٠٠٠٠٢٥	١٧٠٠
ثاني أكسيد النيتروجين	(NO_2)	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠٠٠١	٩
أكسيد النيتريك	(NO)	٠,٠٠٠٦	٠,٠٠٠٠٠٠٦	٣
أمونيا	(NH_3)	٠,٠٠١	٠,٠٠٠٠٠١	٢١
ثاني أكسيد الكبريت	(SO_2)	٠,٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠٠٠٢	٢
كبرتيد هيدروجين	(H_2S)		٠,٠٠٠٠٠٠٢	١
أرجون	(Ar)	٩٣٠٠	٠,٩٣	٧٢٠٠٠٠٠٠
نيون	(Ne)	١٨	٠,٠٠١٨	٧٠٠٠٠
هليوم	(He)	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢	٤٠٠٠
كريبتون	(Kr)	١	٠,٠٠٠١	١٦٢٠٠
زينون	(Xe)	٠,٠٨	٠,٠٠٠٠٠٨	٢٠٠٠
ميثان	(CH_4)	١,٥	٠,٠٠٠١٥	٤٦٠٠

المواصلات و المناطق الصناعية و أماكن حرق القمامة المفتوحة ، جدول رقم (٦-٣) و تكون النتيجة و المحصلة النهائية هي أرتفاع نسبة مستوي التلوث بالهواء الجوي المستنشق نتيجة أرتفاع درجة حرارة الجو وبشكل كوانتم يسير في خطوط مستقيمة طالما درجة حرارتها أعلي من الصفر المطلق (-٢٧٣) حيث تتوقف أطوالها الموجية علي الأشعة الصادرة عن الأجسام المشعة لهذه الحرارة .

جدول رقم (٦-٣) :الملوثات الغازية البيئية الملوثة للهواء الجوي و نسبها تبعا لمصادرها المختلفة

المصدر	CO	Non	SO_2	هيدروكربونات	جسيمات
مصادر صناعية	٩,٦	١	٢٢	١٤,٤	٢٦,٥
حرق نفايات صلبة	٧,٨	٢,٩	٠,٣	٥,٠	٣,٩
حرق نفايات زراعية	٨,٤	١,٥	قليل جدا	٥,٣	٨,٤
حرق نفايات غابات	٧,٢	٥,٨	قليل جدا	٦٠٩	٢٥,٧
حرق نفايات فحم	١,٢	١,٠	١,٨	٠,٦	١,٤
حرق نفايات مباني	٠,٢	قليل جدا	قليل جدا	٠,٣	٠.٤
إحتراق الفحم	٠,٨	١٩,٤	٦٠,٥	٠,٦	٢٩
إحتراق وقود سائل	٠,١	٤,٨	١٣	٠,٣	١,٠
إحتراق وقود غازي	قليل جدا	٢٣,٣	قليل جدا	قليل جدا	٠,٧
إحتراق خشب	١,٠	١	قليل جدا	١,٣	٠,٧
وسائل نقل (بنزين)	٥٩	٣٢	٠,٦	٤٧,٥	١,٨
وسائل نقل (ديزل)	٠,٢	٢,٩	٠,٣	١,٣	١,٠
وسائل نقل (قاطرات)	٠,١	١,٩	٠,٣	٠,٩	٠,٧
وسائل نقل (سفن)	٠,٣	١,٠	٠,٩	٠,٣	٠,٤
وسائل نقل (طائرات)	٢,٤	قليل جدا	قليل جدا	٠,٩	قليل جدا
وسائل نقل (متنوعة)	١,٨	١,٥	٠,٣	١,٠	٠,٤

و عند مقارنة نسب المكونات الأساسية لملوثات الهواء الجوي المستنشق الطبيعية بمثيلتها و الناجمة عن الأنشطة البشرية نجدها تكاد تكون متضاعفة خاصة مع ملوثات الهواء الأكثر خطورة ، جدول رقم (٦-٤) .

جدول رقم (٦-٤) : نسب ملوثات الهواء الطبيعية و مثيلتها الناجمة عن الأنشطة البشرية

الملوث	CO	CO_2	SO_2	NO_2	NH_3	H_2S	غبار و دخان	% الكلية
% مصادر طبيعية	٤٠	٨٠	٣٠	٩٥	٦٠	٥٠	٨٠	٤٣٥
% أنشطة بشرية	٦٠	٢٠	٧٠	٥	٤٠	٥٠	٢٠	٢٦٥
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٠٠

تتعدد صور السموم البيئية و ملوثات الهواء الجوي و ذلك تبعا لطبيعة التركيب الكيميائي والبنائي للمجموعة الدالة (Function group) التي تتميز بها كل مجموعة من هذة المجاميع و التي علي أساسها تظهر وتتبلور آلية فعلها (Mode of action) وطبيعة تأثيراتها المختلفة علي أعضاء أجهزة الجسم المختلفة وفيما يلي أمثلة :

١-أول أكسيد الكربون (Carbon monoxide : CO) :

وهو أكثر ملوثات الهواء الجوي المستنشقة شيوعا (فتمثل ٨٨-٩٠ % من ملوثات الهواء الجوي) و أكثرها خطورة ولهذا فغالبا ما يؤخذ كمعيار لقياس خطورة باقي ملوثات الهواء الغازية الرئيسية حيث يعطي القيمة : ١ و ينسب إليه أي ملوث غازي آخر ، جدول رقم (٦-٥) .

فعند وجود اكاسيد النيتروجين مثلا في الهواء الجوي المستنشق و بتركيز قدرة ٢٥٠ ميكروجرام / متر مكعب فإن معامل تأثيرها يكون :

معامل التأثير = تركيز أول أكسيد الكربون بالجو المحيط / مستوي الأحتمال

= ٥٦٠٠ / ٢٥٠ = ٢٢,٤

وهذا يشير بأن :

معامل تأثير (خطورة) الأكاسيد النيتروجينية يبلغ ٢٢,٤ ضعف تأثير أول أكسيد الكربون

جدول رقم (٦-٥) : معامل التأثير (الخطورة) للملوات الرئيسية في الهواء الجوي

الملوث	مستوي الإحتمال (ميكروجرام / م٣)	معامل التأثير	قيمة المنبث (المطروح)بالطن / سنة	الوزن المؤثر (الوزنx معامل التأثير)
أول أكسيد الكربون	٥٦٠٠	١,٠	١٤٧,٢	١٤٧,٢
أكاسيد كبريتية	٣٦٥	١٥,٣	٣٣,٩	٥١٠,٧
اكاسيد نيتروجينية	٢٥٠	٢٢,٤	٢٢,٧	٥٠٨,٥
هيدروكربونات	٤٥	١٢٥,٠	٣٤,٧	٤٣٣٧,٥
جسيمات	٢٦٠	٢١,٥	٢٥,٤	٥٤٦,١

وينتج أول أكسيد الكربون من عمليات الأحتراق الغير كامل للوقود العضوي (بنزين -ديزل - غاز طبيعي -فحم) و الكربون و منتجاته ، أو لتفكك نواتج الأحتراق لعناصرها تحت تأثير الحرارة العالية كتفكك ثاني أكسيد الكربون الي أول أكسيد الكربون و الأكسيجين كذلك أكسدة الكربون في وجود الأكسيجين و هنا يختلف ناتج التفاعل تبعا لنسبة الأكسيجين الجوي. أيضا يؤدي تفاعل ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية مع الكربون لإعطاء أول أكسيد الكربون .

و يلاحظ أن أول أكسيد الكربون يوجد في حالة توازن مع ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية و عند التبريد تصبح السيادة لأول أكسيد الكربون نتيجة احتياجه لمدة طويلة لإعادة استقرار الإتزان من جديد ، كما يتحول أول أكسيد الكربون في طبقات الجو العليا (١٠٠ كيلو متر) الى أول أكسيد الكربون و الأكسيجين الذرى لتعرضه للأشعة الفوق بنفسيجية .

و من الأهمية بمكان في هذا الصدد التنويه بأن تركيز أول أكسيد الكربون في الهواء الجوي لا يعتمد فقط على معدل إنتاجه و لكن أيضا على معدل إزالته و التي تحدث في التربة حيث يتأكسد الي ثاني أكسيد الكربون فتفاعله يحتاج الي طاقة تنشيط (٥١ كيلو كالورى / مول مع الأكسيجين و ٢٠ كيلو كالورى / مول مع الأوزون و ٢٨ كيلو كالورى / مول مع ثاني أكسيد النيتروجين)

و تكمن خطورته البيولوجية (سميته) في إتحاده بعد إستنشاقه مع الهواء الجوى مع هيموجلوبين الدم (الحامل أصلا للأكسيجين) مكونا كاربوكسى هيموجلوبين :

$$HB + CO \longrightarrow COHB$$

هيموجلوبين — كاربوكسى هيموجلوبين

و هنا لا يتمكن أكسيجين الهواء الجوي من الأتحاد مع الهيموجلوبين فيمنع بالتالي تأكسد الدم فتنخفض مقدرته على التبادل الغازي (التنفس)

خاصة و أن ميل الهيموجلوبين للارتباط مع أول أكسيد الكربون تعادل ٢١٠ ضعف ميله للارتباط مع الأكسيجين و هنا يتم حساب نسبة جزيئات الهيموجلوبين الحاملة له من المعادلة :

نسبة الكربوكسي هيموجلوبين (COHB) =
٠,١٦ x تركيز أول أكسيد الكربون + ٠,٥ جزء في المليون
(%الطبيعيه بالهيموجلوبين)

كما يمكن حساب تركيزه عند التعرض المستمر له بالهواء المستنشق (١٠٠ جزء في المليون) :

نسبة الكربوكسي هيموجلوبين (COHB) =
٠,١٦ x ١٠٠ + ٠,٥ = ٨,٠

أي أن تركيزه في الدم يرتبط مباشرة بكمية أول أكسيد الكربون في الهواء .

أيضا تتمثل خطورته في اتحاده مع ذرات الحديد اللازمة لعمل كثير من الأنزيمات المعاونة الداخلة في عملية التنفس فيثبط عملها .

و الحد المسموح بتواجده في الهواء في منطقة عمل (Max. Allowable Concentration : MAC_{wz}) هو ٩ جزء في المليون ، بينما الحد المسموح بتواجده للتعرض مره واحدة في السنة (Single exposure) هو ٣٥ جزء في المليون / ساعة أو ٩ جزء في المليون / ٨ ساعة أما بلوغه ٥٣ جزء في المليون فيؤدي لمستويات من درجات التسمم .

و التسمم الحاد بأول أكسيد الكربون يكون في صورة صداع و ضعف في السمع و البصر و ارتخاء العضلات ثم إغماء مع سرعة ضربات القلب و عند بلوغ مستوي الكربوكسي هيموجلوبين بالدم إلي ٥٠ % يحدث اضطراب في الجهاز العصبي وهنا يكون بلغ تركيزه في الهواء المستنشق ٣٥ جزء في المليون كما أنه في نفس الوقت فإن امتصاص أنسجة الجسم للغاز بدلا من الأكسيجين اللازم فتظهر حالات صداع و دوار و إغماء . و باستمرار التعرض له يؤدي لتلف الخلايا العصبية بالمخ وهو ما يصاحب باضطرابات نفسيه و حركيه و انخفاض في المقدرة الذهنية و تصل في النهاية الي مرحلة الشلل الرعاش .

و يتم تقديرة بالتقاطة وتصيده بمصيدة (Trap) و ذلك بأمرار الهواء الجوي علي محلول ملح الفضة القلوي والمخلوط مع بارا-سلفا أمينو بنزويك فيعطي محلول غروي بني تقاس درجة شدتة الضوئية علي طول موجي قدره ٤٠٠ نانوميتر . وتقدره منظمة الصحة العالمية (FAO) بالأشعة التحت حمراء الغير مشتقة (Non-Dispersive InfraRed) حيث أن وجوده في محلول خامس أكسيد اليود و حمض الكبريتيك يؤدي إلي اختزال الأكسيد و إنفراد اليود:

$$I_2O_5 + CO \qquad I_2 + CO_2$$

٢- ثاني أكسيد الكربون (CO_2 : Carbon Dioxide) :

يعد ثاني أكسيد الكربون سواء الناتج من احتراق المواد العضوية والفحم أو من تنفس الكائنات الحية أو من تحللها بعد موتها أو تخمر السكريات طبيعيا وكيميائيا أو عادم السيارات من الغازات الملوثة للهواء الجوى (مثله مثل أول أكسيد الكربون) علاوة على كونه مركب مهم فى دورة الكربون التى تتم فيها تبادل الكربون من اليابسة والمحيطات والهواء الجوى فحوالى ٤٥٠ مليار طن (٤٥٠ ميجا طن) منه مخزن بالنبات و ٧٥٠ مليارطن مخزن فى الهواء و ٥٨٠ مليار طن مخزن بالطبقة السطحية للمحيطات ٣٠٤٢٠ بالطبقة السفلى للمحيطات حيث يتم كل سنة تبادل ١٠٠ مليار طن (ميجا طن) بين الهواء واليابسة والمحيطات حيث يتم التبادل الغازى بين الغلاف الجوى والمسطحات المائية حتي عمق ٨٠ متر عندما يصل تركيزه بالغلاف الجوى والمسطحات الى ٦ : ١ ولذا تستوعب المسطحات المائية كمية كبيرة منه تبلغ ٦٠ ضعف ما يحتويه الغلاف الجوى وهنا بنمو المكونات وبيكربونات أيونية :

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow HCO_3^- + H_2CO_3$$

والحد المسموح به فى هواء منطقة عمل (MAC_{wz}) هو ٣,٥ جزء فى المليون . **و أرتفاعه عن ذلك يؤدى الى :**

أ- أرتفاع حرارة الجو المحيط بالكرة الارضية (**ظاهرة الصوبة:** Green House) لمقدرته العالية على امتصاص الاشعة تحت الحمراء تتدريجياً

يؤدى لطريقة غير مباشرة لذوبان الجليد القطبى بما يعادل ٢ مليون كيلو متر مكعب فيزداد بدورة منسوب مياه البحار والمحيطات من ٥ - ٧ متر (فارتفاع مستوى البحر الابيض المتوسط فقط لنصف متر يؤدى لهجرة ١٦% من سكان حوض البحر الأبيض المتوسط ، كما أن زيادة أرتفاع مستوى الحرارة تؤدى لافراز كميات زائدة من الميثان المحجوز بالقطب الشمالى كذلك يؤدى لزيادة ملوحة الانهار العذبة لزيادة ظاهرة المد والجزر

ب- تكوين المطر الحمضى (Acid rain) : فزيادته بالجو خاصة بالمناطق الصناعية واتحاده مع الرطوبة الجوية يؤدى لتكوين رذاذ كربونى حامضي لة أثر ضار خطر على الأغشية المخاطية بالأنف والقصبة الهوائية علاوة على صعوبة التنفس فاذا ما بلغ ٨٠,٠٠٠ جزء فى المليون أدت للموت علاوة على تأثيره الضار علي المزروعات (vegetation) والمنشأت والابنية المعدنية والكبارى .

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow HCO_3$$

ج- لوحظ زيادة مستواه بالجو في القرن الحالي بنسبة ١٥% عن القرن الماضى فهو مرشح فى اتجاه واحد للاشعة الكونية فيستبعد الاشعة المحتوية على معظم الأطوال الموجية للطاقة الشمسية المسئولة عن التدفئة ثم يمتص الطاقة المنعكسة مرة أخرى فيسمح بنفاذ الاشعة ذات الطول الموجى القصير ٤٧٠ نانوميتر ولا يسمح بنفاذ الاشعة الحرارية ذات الطويل الموجى الكبير (Infra red : IR) .

د- يؤدى لزيادة الاكاسيد النيتروجينية والفريون (غازات الصوبه الخضراء).

هـ- زيادته عن ٣٥٠ جزء في المليون يؤدى لسعال وصداع وسرعة نبض وضغط دموي عالي .

ويقاس تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون بعد تخفيف الهواء في محلول كلوريد مغنيسيوم أو بوتاسيوم ثم تحسب الزيادة في وزنها بعد فترة زمنية فتعادل الزيادة في الوزن وزن ثاني أكسيد الكربون أو بتفاعله مع الهيدرازين (Hydrazinc) فيتكون حمض كربونيك مونوهيدرازين (Carbonic Monohydrazin)

$$CO_2 + H_2N{=}NH_2 \longrightarrow H_2N\text{-}NH\text{-}COOH$$

أو باستخدام كاشفات (Detectors) أو أجـــهزة التحليـــل الذاتـــى- (Auto analyzers) حيث يقاس التلوث على درجة حرارة ٣٢ - ٤٠ م و علي درجـة ٢٠ - ٩٠ % رطوبة نسبية وبتغير هذه الظروف يتم عمل تصحيح بجـداول خاصة أما فى حالة تغاير الضغط فيعدل من المعادلة:

القيمة الصحيحة = القراءة × ٧٦٠ ÷ الضغط عند القياس (ملم ز)

٣-الآكاسيد الكبريتية: (Sulfur Oxides: Sox) :

يعد ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الأكسيد السائد عن ثالث أكسيد الكبريت (S_2O_3) عندما يبثا في الهواء (١ : ١٠٠) و ذلك عند احتراق النفط ومشتقاته والفحـم والزيوت وأماكن تكرير البترول ومصانع حمض الكبريتيك والأسمدة وتحلـل وأكسدة المواد العضوية بالمسطحات المائيـــة (الراكـدة) وحمـم الـبراكين (٨٠%) والذي يتحول لكبريتيد هيدروجين (H_2S) والذي ربما يتأكســد لثـاني أكسيد الكبريت :

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$$

والحد المسموح لتلوث الهواء بمنطقة عمل (MAC_{wz}) هو ٠,٠٣ جـــزء في المليون (أي ما يعادل ٨٠ ميكروجرام / م٣ بينم الحـــد المســموح بـه للتعرض ليوم واحد / سنة هو ٠.٠٤ فـــي المليـون (أي مـا يعـادل ٣٦٥ ميكرجرام / م٣) وبزيادته الى ٠,٥ جزء في المليون يؤدى لتـهيج الجـهاز التنفسي آما أرتفاعة و بلوغ مستواه الى ١٠ -٥ جزء في المليـــون فيـؤدى لتشنج الجهاز العصبي .

وتزداد خطورته عند سكون الهواء فيمنع صعود الهواء الســـاخن للطبقات العليا بالجو أو هبوط الهواء البارد لقرب السطح مما يـؤدى لحبـس جزيئاته السامة بالغلاف المحيط بالأرض فيزداد تركيزه.

وخطورة ثاني أكسيد الكبريت أقل من الأكاسيد الأخرى الثانوية فأكسدته الى ثالث أكسيد الكبريت و الذي يذوب بقوة في الرطوبة الجوية

فيتحول لحمض كبريتوز (HSO_4) ثم الي حمض كبرتيك (H_2SO_4):

$$2\,SO_2 + O_2 \longrightarrow 2\,SO_3$$

$$2SO_3 + H_2O \longrightarrow HSO_4 \xrightarrow{46\ K.Cal.} H_2SO_4 \quad (19\ K.Cal.)$$

وعند أختلاطة بدخان المصانع تزداد خطورته ويتكون الضباب الدخاني الكبريتي (Sulfuric Smog) وله سميتة العالية مثل ماحدث في ميوزمالى ببلجيكا فأدى لقتل ٦٠ شخص وأصابة الآلاف بأمراض تنفسية خطيرة .

وقد يتحول بالجو الرطب الي كبريتات أمونيوم أو حمض كبرتيك يدمص على سطح الجسيمات وتظل عالقة بالجو حتى تجد طريقها للجهاز التنفسي فاستنشاقها مع الهواء بالرئتين يؤدى لتهيج أنسجة الانف و الاذن و الفم و العين كما بالأكاسيد النتيروجينيه و الأمونيا والكلور والأوزون .

أما عند دخوله عن طريق الفم فيذوب ويتحول الي حمض كبريتوز ثم الي حمض كبريتك يؤدى لتقرحات جلدية وتآكل الغشاء المخاطى المبطن لمجرى الانف والحنجرة والعين بجانب كون الغاز مهيج لأنسجة الأنف و الأذن والفم و أنسجة الرئتين فتحتقن مثله مثل الأكاسيد النيتروجينية و الكلور و الأمونيا و الأوزون .

وبوصوله للخلايا الطلائية المبطنة للقصيبات يحدث ضيق فى التنفس لصعوبة تبادل الغازات بين الدم والرئة مما يؤدى الي سعال متصل كما يؤدى لتنبه متصل لافراز الخلايا الكأسية المبطنة للقصيبات فيعطل عمل الشعيرات الهدبية المبطنة للمجارى التنفسية كما يحدث تهيج بالغدد الدمعية .

وعند وصول مستوي تلوثه الى ٥٠ – ١٠٠ جزء فى المليون يؤدى للموت خلال عشرة دقائق لتآكل الشعيرات الدموية التنفسية ، كما ان زيادة تركيزه بمياه الشرب أو الأغذية الملوثة يجعل متناوليها عرضي للنزلات الشعبية.

و لا يفوتنا هنا التنويه بأن الكبريت يدخل في تركيب كثير من البروتينات مثل الميثيونين و السيستين و السيستين و فيتامين ب١ والبيوتينوحمض الليبويك و الأنسيولين و الهيبارين والفينوثيوجين و

الجلوتاثيون و المرافق الأنزيمي (أ) و الكيراتين و الكيرزونين كما يدخل في تنشيط بعض الأنزيمات في صورة مجموعة سلفهيدريل وفي نفس الوقت يحتوي الجسم علي ١٤٠ جم كبريت عضوي أو في صورة كبريتات صوديوم أو مغنسيوم أو بوتاسيوم

ويقاس مدى تلوث الهواء بة بامتصاصه على رابع كلوريد الصوديوم الزئبقى (طريقة Wesr & Gercke) ثم التفاعل مع الفورمالدهيد و في وجود مركب بارا- روزانيلين :

$$NaCCl_4Hg + SO^-_4 \longrightarrow [Na_2(SO_4)_2Hg] \longrightarrow \text{p-rosaniline –m-sulfuric acid}$$

حيث تقاس شدته الضوئية على طول قدرة ٥٦٠ نانوميتر.

أو بأمرار الهواء على محلول فوق أكسيد الهيدروجين ثم يعاير المحلول لتقدير حمض الكبريتك بمحلول قياسي قلوى .

أو بتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع أسيتيات الزنك ونيتروبروسينات الصوديوم ثم يعاير لتقدير الكبريت .

أو بأمرار الهواء على حمض كروميك فيختزله لكبريتات كروميك أو باختزال ثالث أكسيد الكبريت: طريقة (Stratmann) لكبريتد هيدروجين ويمتص بموليبدات الامونيوم معطيا لون أزرق .

أما غاز كبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulfide : H_2S) :فتنتج ثلث كميتة نتيجة تخمر الفضلات البشرية و الحيوانية و تحلل المواد العضوية و المحتوية علي ذرة كبريت في تركيبها كذلك من مصادره الطبيعية كالبراكين و الينابيع حيث يبث منه حوالي ٨ مليون طن / سنةوتبث المحيطات ٢٥٥ مليون طن علاوة علي ما تبثه المصانع خاصة مصانع المطاط و الورق و الخشب . و يبلغ تركيزة في الهواء ٠,٤٦ ميكروجرام /م٣ لذا لا يمكن الإحساس به و الحد المسموح بتواجدة عالميا في الهواء الجوي هو ٠,٠٠٣- ٠,٠٠٨ جزء في المليون .

و يسبب الهواء الملوث به تهيج في بطانة الغشاء المخاطي للمجاري التنفسية و العين فيصعب التنفس كما يؤدي إلي تثبيط بعض الأنزيمات و طول فترة التعريض يؤثر علي المخ فينعكس في صورة خمول و عدم التركيز في التفكير و عدم القدرة علي التركيز كما يتحد مع الهيموجلوبين مكونا ميثموجلوبين لأرتباط الكبريت بحلقة البيرول (Pyrol ring) بجزيئ الهيموجلوبين و هو ما يضعف قدرة الجزيئ علي حمل الأكسيجين .

كذلك يؤثر الهواء الملوث به علي الطلاء خاصة المحتوي علي الرصاص فيسود لونها تدريجيا لتكوين كبريتيد الرصاص :

$$H2S + Pb \longrightarrow PbS$$

و يقاس مدي تلوث الهواء الجوي به من خلال إمرار تيار الهواء علي كبريتات نحاسيك فيتكون كبريتيد نحاسيك :

$$H2S + CuSO4 \longrightarrow CuS + H2SO4$$

أو بأمرار تيار الهواء علي خلات نحاس ١,٢ % فيتكون راسب عند أس تركيز أيون هيدروجين قدره ٥,٦ وتستخدم أشرطة مبللة بخلات النحاس حيث يسود لونها بتعرضها له أو بأمراره علي هيدروكسيد كادميوم لفترة ثم يضاف الي حجم من المحلول قدره ٥ سم ٣ حجم قدره ١سم ٣ من نون-داي ميثيل -بارافينيلين داي أمين ثم ٠٥ سم٣ من محلول ١% نترات حديديك ويترك ٣٠ دقيقه ثم يقاس اللون الأزرق المتكون للميثيلين علي طول موجي قدره ٦٧٠ نانوميتر أو بامرار تيار الهواء الملوث علي محلول من موليبدات الأمونيوم ثم تقدير اللون الأزرق لونيا .

أما **غاز ثانى كبريتور الكربون (Carbon disulfide : CS_2) :**

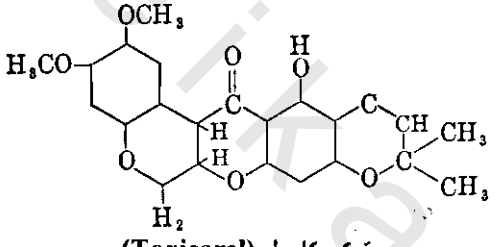
فهو غاز قليل الذوبان فى الماء وبوصوله للجهاز التنفسى وامتصاصه يوقف نشاط أنزيم الاكسيديز (Oxidase) والديهيدروجينيز (Dehydrogenase) كما يتفاعل مع بروتوبلازم العقد العصبية و البروتينات خاصة البروتينات الأنزيمية بالجسم فيرسبها فيوقف بذلك التنفس ولهذا يعد سام للطيور والاسماك والنحل (كل صور الحياة) .

أما **حمض الهيدروسيانك (Hydrocyanic acid : Pruesic) :**

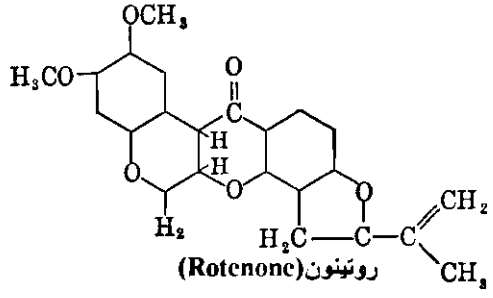
فهو غاز شديد السميه لكل صور الحياة .و ينتشر سريعا و يذوب في الماء بجميع النسب ويعطي حمض ضعيف ويعد امتصاصه مناهض لأنزيمات التنفس مناهضة عكسيه خاصة المحتوية منها على الحديد (Fe^{3+}) مما يعوق عمليات الأكسدة لتكون معقد أنزيمي مع السيتوكروم أكسيديز و الكاتاليز مما يؤدى لنقص الأكسيجين فتظهر دوخة وصداع واختناق وزرقة بالجلد وعدم الأدراك. وأقصى تركيز مسموح به فى الهواء هو ٠,٣ ملليجرام/م٣. والحد المسموح بالتعرض له يوميا هو ٠,٠٥ملليجرام/كجرام/يوم. ويستخدم نيتريت الاميل كمضاد للتسمم (Antitode) سواء بالأستنشاق أو الحقن

الروتينويدات (Retenoids) :

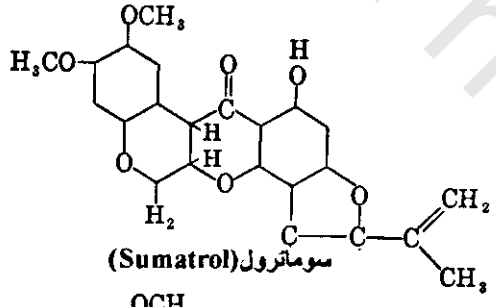
تستخلص الكالويدات الروتينويد من نبات الـــدرس *Derris elliptica* التـــابع للعائلة البقوليه وتبلغ نسبته بالنبـــات ككـــل ١٣ – ٢٠ % وبـــالجذور ٤٠% ومسحوق المادة الخام (Tuba -Cuba- root) يستخدم مباشرة بنثره على المكـــان المراد معاملته. و تتفاوت درجة سميتها بتفاوت أختلاف حجم جســـيماتها و التى تتراوح في حدود ١٠٠ مش حيث تبلغ جرعتها القاتله للنصـــف (LD_{50}) ١٥٠ مللج / كج من وزن الجسم وتقل سميتها (١٠٠٠ مللـــج / كـــج) مـــع الحبيبات الخشنه : ٦٠ مش .وللروتينون ثلاثة عشرة مشتق وأكثرهـــا نســـبة هو التوكسيكارول فتبلـــغ ٦٠% ويليـــه الديجيولين وســـمية ٤/١ ســـمية الروتينون أما السوماترول فلة فعل أبادى قليل (١٥%) .



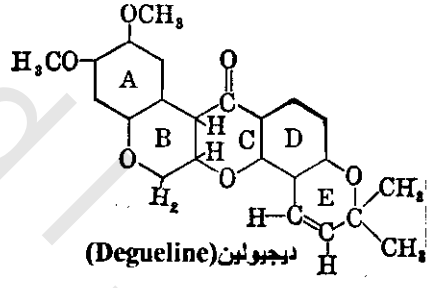
توكسيكارول (Toxicarol)



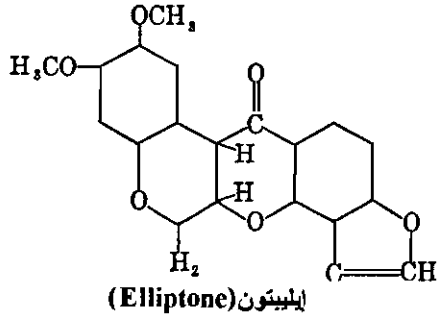
روتينون(Rotenone)



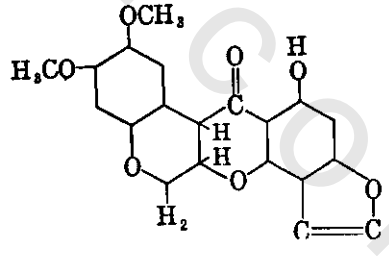
سوماترول(Sumatrol)



ديجيولين(Degueline)



إليبتون(Elliptone)



مالاكول(Malaccol)

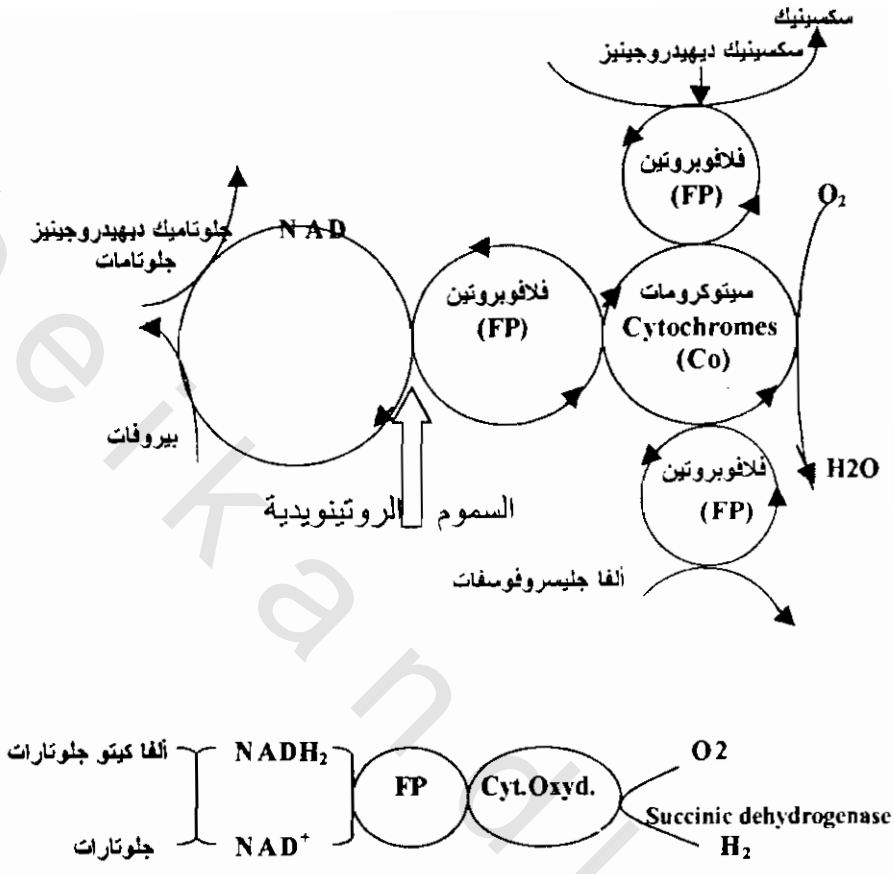
obeikandl.com

وعند تعرض الروتينون للحرارة أو الاشعة يتكسر الي٨-٧- داى هيدروكسى روتينون . و كل مشتقات الروتينون لها نشاط ضوئى (Optical activity) والمشتقات الفعاله منها تكون فى الصورة اليسارية (Levorotatory) عدا مركب الديجيولين .

و سمية الروتينون منخفضة جداً للفقريات وذوات الدم الحار رغم سميتها العاليه للانواع الحشرية . وتتمثل أعراض السمية الحاده للروتينون بالثدييات في :إثارة (Excitation) ثم هبوط تام لنبض ضربات القلب ثم سكون فأرتخاء لنقص الأكسيجين والسكر بالدم (Hypoglycemia) لتثبيط عملية التنفس ثم فقد التوازن وفشل بالتنفس فالموت (وبالحشرات تكون فى صورة انخفاض في دقات القلب وانخفاض فى حركة التنفس ونقص فى أستهلاك الاكسيجين وشلل أرتخائى (Flacid paralysis) .

أما أعراض السمية المزمنة فتكون فى صورة تعفن خلايا الكبد وأرتشاح ليمفاوى حول الوريد البابي الليمفى مع اختناق وموت موضعي (تتكرز) بالمنطقة الوسطى لفصوص الكبد وتلف كبيبات الكلى وقنواتها وزيادة أفراز الدهون بالقناة الهضمية التى تمتص جزئيات السم .

و يتدخل الروتينون :آلية فعلة (Mode of action) فى تخليق جزئيات الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) من الأدينوسين داي فوسفات (ADP) المرتبط بعملية الأكسدة والاختزال و التى تكون نتيجتها فسفرة الأدينوسين داي فوسفات (ADP) وتحوله الى الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) وكسر هذه السلسلة ، شكل رقم (٦-١) . كما تتأثر أكسدة السكسينات بتثبيط أنزيم السكسينيك أكسيديز (Succinic Oxidase) و السكسينيك ديهيدروجينيز (Succinic dehydrogenase) و الجلوتاميك ديهيدروجينيز (Glutamic dehydrogenase) و الملامس لعملية أكسدة حمض الجلوتاميك الي ألفا كيتو جلوتاميك كذلك تؤثر علي أنزيم السيتوكروم أكسيديز(Cytochrome Oxidase) فتثبط أكسدة نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد في صورتة المختزلة (Nicotine Amide Di neuclutide NADH): و اختزال السيتوكروم ج وتمنع إنفراد الأكسيجين فعملها يعوق الفسفرة التأكسدية ، فتفاعل الفسفرة يحتاج لطاقة (التفاعل العكس يؤدى



شكل رقم (٦-١) : مكان تداخل (فعل) جزيئات الروتينويدات في مسارات أكسدة النواتج الوسطيةالأيضية

لإنفراد الطاقة) والعمليات الحيوية بالجسم صممت لتستخدم جزئيات أدينوسين تراي فوسفات والتى تخليقها غاية فى الأهمية فهو خرج أكسدة الجلوتامات والبيروفات والسكسينات والتى بدورها تنشق من السكر المهضوم والنشا وبالتالى فالتفاعل الكلى يتضمن عمليتي :

- تحول هذه المركبات كمواد تفاعل أساسية للصورة المؤكسدة .

وهاتين الخطوتين مرتبطتين خلال سلسلة معقدة من تفاعلات الأكسدة والاختزال حيث الناتج الحيوى لها هو فسفرة أدينوسين داي فوسفات (ADP) وتحويله الى أدينوسين تراي فوسفات (ATP) حيث ترتبط وحدة سكسينات كمادة أساسية فى هذه السلسلة والمعروفة بأنها مسار الأكسدة الفوسفورية من خلال بعض التفاعلات الجانبية وعليه فأى اضطراب فى أحدى هذه الخطوات تؤدى لانقطاع تخليق وانفرادأدينوسين تراي فوسفات (ATP) .

أما إذا حدث اضطراب بحيث يؤدى لسد (Block) أحدي مراحل (خطوات) السلسلة فتتوقف العملية ككل مما يمنع أستخدام الاكسيجين (فصعوبة استخدامة تعزى لعدم المقدرة على أكسدة السكسينات ربما لتثبيط أنزيم السكسينيك أكسيديز (Succinic Oxidase) رغم عدم تثبيط أنزيم السكسينيك ديهيدروجينيز (Succinic dehydrogenase) .

كذلك وجد أن معاملة العضلة المسمة خارج الجسم بتركيز ٥ × ١٠$^{-٥}$ أظهرت تثبيط بالتنفس الداخلى (Endagenous Respiration) ربما ترجع لسد فى السيتوكروم هذا بجانب النقص الواضح في استخدام وتخليق أدينوسين تراي فوسفات (ATP) خلال الأكسدة الفوسفورية (أى أنه سد في أكسدة الجلوتاملت) فتظهر السمية نتيجة تثبيط أنزيم الجلوتاميك ديهيدروجينيز (Glutamic dehyogenase) .

كذلك لوحظت عملية أكسدة البيروفات بميتوكوندريا كبد الفأر ولكن ليست السكسينات فأقترح أن السد يكون عند الموقع المعلم بالسهم بالشكل السابق وهو الموقع الخاص بنقطة التقاء أو أزدواج أكسدة ($NADH_2$) والفلافوبروتين حيث برهن ذلك بالقياس وأزرق الميثيلين والتى يمكن ان تسمح بأكسدة نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد في صورته المختزلة ($NADH_2$) الى نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد في صورته المؤكسده (NAD^+) وعليه فالسد عند هذا الموقع هو سد عند موقع أكسدة كل مواد التفاعل والتى تتأكسد بواسطة نظام نيكوتين أميد داي نيوكليوتيد (NAD) مثل الجلوتامات و كيتوجلوتارات و البيروفات وليس أكسدة السكينات.

٥-الأكاسيد النيتروجينية (Nitrogen Oxides : NOx) :

وتشمل:

٥-١-أكسيد النيتروز (N_2O : Nitrose Oxide) :

غاز غير سام ويبث منه سنويا في الهواء الجوي ما يبلغ ٥٩٢ مليون طن ويتكون من تحلل المواد النيتروجينية بالتربة .

٥-٢-ثاني أكسيد النتروجين (NO_2 :Nitrogen dioxide) :

غاز خانق بنى وغير قابل للاشتعال كالسابق ويسبب تهيج لأنسجة العين والأنف وصعوبة في التنفس لحدوث اضطراب رئوي مما يسهل بعد ذلك إصابة الرئة بالفيروسات المختلفة و تصل نسبة غاز ثاني أكسيد النيتروجين بالهواء الجوى آلي ٠,٠٣ جزء في المليون ويزداد درجة تلوث الهواء الجوي به بجوار الطرق السريعة ومحطات توليد الكهرباء حيث تعد الأنشطة البشرية هي الملوث الرئيسي به للهواء فيصل إلى ١ جزء في المليون في حين تركيزاته الطبيعية تكون متراوحة بين ٠,٤-٩,٤ ميكرو جرام / متر مكعب من الهواء الجوي .

و سمية غاز ثاني أكسيد النيتروجين تبلغ أربعة أضعاف سمية أكسيد النتريك التالي للحيوانات وغالبيته تكون (Anthropogenic) حيث يعد مادة مؤكسدة قوية جداً .

و المعادلات المختلفة التالية توضح المسارات لتخليق ثاني أكسيد النيتروجين و تداخله مع مكونات الهواء الجوي الأخرى :

$$2NO + O_2 \longleftrightarrow 2NO_2$$

$$3NO + H_2O \longleftrightarrow 3HNO_3 + NO$$

$$NO_2 + O_2 + NO \longleftrightarrow NO_2 + N_2O_3$$

$$NO_2 + NO_3 \longleftrightarrow N_2O_5 + NO \quad 3NO_2$$

$$NO_2 + H^+ \xrightarrow{UVL} NO \longrightarrow +(O)\ O_3 \longrightarrow 3NO_2$$

و في المعادلة الأخيرة يؤدي اختزال ثاني أكسيد النيتروجين إلي

انفراد أكسيجين ذري يتفاعل بدوره مع الأكسيجين مكونـــا الأوزون والـــذي يكمل تفاعله مرة أخري مع أكسيد النيتروجين مكونا ثاني أكسيد النيـــتروجين و الأكسيجين .

وقد يتحد الأكسيجين الذري المنفرد مع الهيدروكربونات و يتكون الدهيـــد و أوزون و بيرأكسي أسيتيل نيترات (Per oxy acetyl nitrate : PAN) والـــذي يؤدي إلي إثارة و تهيج أنسجة العين و تلف الأنسجة .

ويؤدي التعرض إلي أكثر من ١٠-٤٠ جزء في المليون إلي ربو شـــعبي بينما يؤدي التعرض إلي تركيزات تتراوح بين ٢٠-٧٥ جزء في المليون إلي التهاب القصبات و الحويصلات الهوائية أما في حين بلـــوغ تركيزاتـــه إلـــي ٥٠-١٠٠ جزء في المليون فإنها تؤدي إلي تقرحات رئوية .

أما التعرض و لمدة ثلاثة أسابيع ولتركيز يتراوح بين ١٥٠-٢٠٠ جـــزء في المليون فيؤدى إلي ورم رئوي و التهاب بالقصبات الهوائيه و بتقدم الحالـــة يحدث سد في القصبات الهوائية لتورمها وهنا يحـــدث المـــوت خـــلال ٣-٥ أسبوع .

أما عند التعرض لتركيزات تتراوح بين ٣٠٠-٤٠٠ جزء فـــي المليـــون فإنها تؤدي إلي التهاب القصبات و الحويصلات الهوائيه و الموت بعـد ٢-١٠ يوم في حين أن التعرض لجرعة قدرها ٥٠٠ جزء في المليون تـــؤدى إلـــي ورم حاد ثم الوفاة .

و يقاس تركيز ثاني أكسيد النيتروجين من خلال إمرار الهواء الجـــوي الملوث به علي محلول بوتاسي قلوي فينتج نترات أو نتريت بوتاسيوم تقـــاس طيفيا أو يمرر علي التلوين فيتحول إلي نيترو تولويدين تقاس لونيا أو يمـــرر علي حمض سلفونيك و داي أمين أنيلين فيعطي لون وردي يقاس علي طـــول موجي قدره ٥٥٠ نانوميتر .

٥-٣-أول أكسيد النيتريك (Nitric mono oxide :NO) :

غاز سام غير مشتعل تزداد خطورته في كونه عديم اللون ويبث منـــه حوالي ٤٣٠ مليون طن سنويا علاوة على ما تبثه العواصف الرعدية .

و تصل نسبته بالهواء الجوى ٠,٠٢ جزء المليون و بوصوله للجـــهاز التنفسي يذوب في رطوبة الأغشية المخاطية ويكون حمض النتيروز (Nitrose

acid : HNO_2) و الذي يتأكسد بدروه إلي حمض نيتريك يخرب أغشية المخاطية بدأ من الأنف وحتى الرئة ثم يؤثر على طبقة الخلايا تحت الغشاء المخاطي خاصة مع زيادة تركيزة وانتشار الشعيرات الدموية المبادلة للغازات فتتقرح وتحدث نزيف حاد(Acute bleeding)

$$3NO + H_2O \longrightarrow \underset{\text{حمض نيتروز}}{3HNO_2} \longrightarrow \underset{\text{حمض نيتريك}}{3HNO_3} + NO$$

$$NO + O_2 \longrightarrow NO_2 + NO_3 \longrightarrow NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2$$

ويقاس أكسيد النيتروجين في الهواء الجوي الملوث به علي برمنجنات بوتاسيوم فيتأكسد إلي أكسيد نيتريك ثم إلي ثاني أكسيد النيتروجين يقاس تركيزه كما سبق .

٥-٤-أنهيدريد الأزوت (Nitrogen anhydride : N_2O_5):

وينتج من اتحاد ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) مع غاز الأوزون (O_3) وسرعان ما يتحد مع البخار الجوي بالهواء و يتكون حمض النيتريك (المخرب للأغشية المخاطية بكل مناطق الجهاز التنفسي) و الذي يتفاعل أو يدمص على مواد أخرى مكونا أملاح النترات :

$$NO_2 + O_3 \longrightarrow N_2O_5$$

$$N_2O_5 + NO \longrightarrow 3NO_2 + O_2$$

وزيادة تركيزه بالهواء الجوى تؤدى إلى امتصاص طاقة الشمس فيتحول إلى أول أكسيد النتيروجين (NO) الذي يتحد مع الهيموجلوبين مكونا ميثيما هيموجلوبين فتقل بالتالي كمية الهيموجلوبين بالدم و الحاملة للأكسيجين مما يؤدي بدورة إلي نقص في كمية الأكسيجين المتبادلة بالدم فيزرق الجلد خاصة مع الأطفال و هو ما يعرف بمرض الطفل الأزرق (Blue baby) .

$$N_2O_5 \longrightarrow NO$$

$$NO + Hb \longrightarrow NOHb$$

كذلك يؤدي إلي إثارة وتهيج بطانة الأغشية المخاطية للجيوب الأنفية والمجارى التنفسية مع اختناق رئوي .

ويلاحظ أن الأكاسيد السابقة (أكاسيد النيتروجين والكبريت وأول وثاني أكسيد الكربون) عندما تتداخل مع قطرات بخار الماء بالسحب المحملة بالغيوم تذوب فيها وتعطى ما يسمى بالمطر الحمضي (Acid rain) وعندما تتكثف لمقابلتها سحب أخري باردة تتساقط في صورة رذاذ دقيق حمضي التأثير و المعادلات التالية تمثل مراحل تكوينه :

$$CO + O_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

$$SO_2 + O_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$SO_3^- + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

$$PO^{2-}_4 + H_2O \longrightarrow H_3PO_4$$

$$Cl + H_2O \longrightarrow HCl$$

والرذاذ الحمضي له خطورته على صحة الإنسان فيسبب التهاب في بطانة الأنف و الأذن والحنجرة والعين وتهيج في بطانة الجهاز التنفسي ويسمم الحيوانات المائية ويثبط أنزيمات البناء الضوئي لترسبه داخل أنسجة الميزوفيل كما يسبب تغير في الصفات الطبيعية للتربة والكائنات الحية الدقيقة بها خاصة المثبتة للنيتروجين الجوى و أيضا يسبب تأثر الأبنية الحجرية الأثرية (تاج محل) .

ويقاس مدى التلوث بالمطر الحمضي من خلال تلوث الهواء بالملوثات الداخلة فى تكوينه أو قياس أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) أو الأثر الجانبي الضار على الأسماك و المياه أو باستخدام أشعة الليزر من الطائرات العمودية .

ولقد وقعت أمريكا و كندا ٨٥ وكذلك بريطانيا والنرويج ٨٦ إتفاقية للحد من المطر الحمضي بهدف كيفية تقليص جزئيات الهيدروكسيل بالغلاف الجوى لتنظيف الهواء من الملوثات فيحتوى الهواء الطبيعي على أيونات سالبة ٤٠٠٠ أيون سالب/م٣ وبذوبانها يزداد تلوث الهواء ويعد قياس الأكسيجين الحيوي المستهلك كمعيار للاستدلال على مدى تلوث الهواء

و بالتالي الرذاذ الحمض خاصة عند زيادة تركيز غاز الأمونيا و الذي يعادل أضعاف غاز ثاني أكسيد الكربون .

والماء النقي المعرض للهواء الطبيعي له أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) تبلغ ٧٠ للتوازن بين ثاني أكسيد الكربون بالهواء (٠,٠٤%) مع التفاعلات العكسية .

ولوحظ في السنوات الأخيرة ارتفاع حامضة مياه الأمطار والثلوج خاصة بشمال أوربا وشرق أمريكا إلي ثلاثون مرة مما أدى لانخفاض أس تركيز أيون الهيدروجين (pH) لمياه البحار والبحيرات والأنهار من ٥,٦ – ٥,٠ نتيجة تكون الأمطار الحامضة ، جدول رقم (٦-٦) .

جدول رقم (٦-٦) :السمية المقارنة بين ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك :

المركب	التركيز (ملل كب/م٣)		تأثير هستوباثولوجي	توزيع التهوية
ثاني أكسيد الكبريت	١,٠	١,٣١	خفيف	ضعيف
حمض كبريتيك(٢,١٥ ميكرومول)	٠,٣٨	٠,١٢	متوسط	متوسط
" " (٣,٦٠ ميكرومول)	٢,٤٣	٠,٨٠	–	ضعيف
" " (٦,٧٣ميكرومول)	٤,٧٩	١,٥٧	متوسط	متوسط
" " (١٠,٥٤ميكرومول)	٠,٤٨	٠,١٦	متوسط لشديد	–

٥-٦-غاز الأوزون : (O_3 : Ozone) :

يعد غاز الأوزون ملوث ثانوي للهواء الجوى وينتج من خلال الأكسدة الضوء كيميائية (Photochemical Oxidation) لأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأكسيجين و الهيدروكربونات حيث تنتج أساساً من إمتصاص ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وهو ما يفسر ارتفاع تركيزه في ساعات النهار و انخفاضه في ساعات الليل .

ويوجد توازن بين التفاعلات المؤدية لزيادة تركيزه بالغلاف الجوى مع مثيلاتها المؤدية لخفضه (أي التفاعلات التي تتم بين المواد الهيدروكربونية العضوية و ثاني أكسيد النيتروجين في وجود أشعة الشمس)

فزيادة ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) بالجو يؤدى لزيادة تخليق الأوزون بالجو بينما تؤدي زيادة مستوي أول أكسيد النيتريك (NO) في الجو إلي نقص في مستوي تخليق الأوزون ،أما الإنبعاث المباشر للأوزون خلال الغلاف الجوي (Atmosphere) كنتيجة للأنشطة الصناعية فهو محدود جداً كذلك تؤدى لمبات الأشعة فوق البنفسجية لزيادة التلوث بالأوزون.

وبالرغم من تأثيرات الأوزون السيئة علي الصحة إلا أن وجود الأوزون بطبقات الجو العليا (الاستراتوسفير) يحمى الكرة الأرضية من وصول نسبة كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية .

أما زيادة تركيزه بالغلاف المحيط بالكرة الأرضية يؤدى لتأثيرات سيئة خطرة على الصحة العامة فالحد المسموح به هو ٠,٠١٢ جزء في المليون / يوم واحد / سنة .

و الأوزون من المواد المهيجة للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والحلق و الدور والحنجرة والقصبة وتفرعاتها مما يؤدى لسعال يؤثر على بطانتها خاصة بالجو الرطب الملوث بالكبريتات .

كما أن وجودة يقلل من مقاومة الجسم لنزلات البرد والالتهاب الرئوي . بينما تركيزاته العالية تؤدى لجفاف الجلد وصداع وصعوبة التنفس والتهاب القصبة الهوائية ثم احتباس لهواء الرئة (Emphysemia) .

كذلك يؤثر على الكائنات الحية الدقيقة الحيوانية والنباتية خاصة الموجودة في الطبقة السطحية من المسطحات المائية عن مثيلتها والموجودة بالأعماق كما يدمر الكلوربلاست فيقل معدل تجهيز النبات للمواد الغذائية أما النباتات الحساسة فتتبقع أوراقها وثمارها وتلتف حواف الأوراق والأفرع وقد لا تزهر خاصة وأن الأوزون يتحكم في درجة حرارة الجو لقدرته على امتصاص كميات كبيرة من الأشعة التحت حمراء (مثل ثاني أكسيد الكربون) فترتفع درجة حرارة الجو فيؤثر على النبات وذوبان قطع الجليد بالقطبين وقمم الجبال .

ولقد لوحظ ارتفاع درجة حرارة الجو (من ٠,٣ - ٠,٧ °م / سنة) خلال المائة سنة الماضية ارتفعت بمعدل ١,٥ - ٤,٥ م مما أدى لزيادة منسوب البحار إلي ١٠٤ سم و هو ما يؤدى بدورة إلي خلل بالتوازن البيئي (كتلف المحاصيل و انتشار الأمراض والآفات).

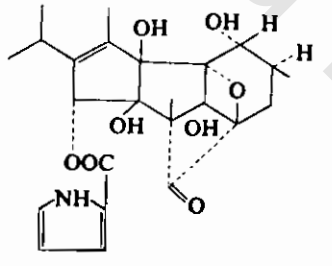
ويلاحظ أن زيادة تلوث الهواء (بالكلور و الفلور و أكاسيد النيتروجين و البروم من ٠,٠٢ – ٠,١ جزء في المليون أدى لنقص الأوزون بنسبة ٤% و التي تصل إلى ٤٣% عند وصول تركيز الفلوريد إلى ١٦ جزء في المليون ، كما لوحظ وجود نقص بلغ ٤٠% بالأوزون في طبقة الاستراتوسفير السفلية (١٥ – ٢٠ كم من سطح البحر) بشهري أغسطس وسبتمبر ثم تبيت خلال أكتوبر ثم تعود لطبيعتها خلال نوفمبر فنقص الاوزون بنسبة ١ % بالغلاف الجوى يزيد نسبة الأشعة فوق البنفسجية بنسبة ٢% كذلك نقص الأوزون بالاسترتوسفير (الطبقة المحتوية علي طبقة الأوزون) و زيادته في طبقة التروبوسفير المحيطة بسطح الأرض يعنى تغيير مناخ الكرة و ارتفاع الحرارة بطبقة التروبوسفير. ويعد الأوزون المكون الهام الطبخن الضوء كيميائي(Photochemical smog) حيث يعتمد تكوينه في الغلاف الجوي علي الإمداد الكبير من تركيزات المواد العضوية المتطايرة من جانب وعلي الأكاسيد النيتروجينية من الجانب الآخر. فأقصي تركيز طبيعي يمثل متوسط عام لفترة أربعة و عشرون ساعة هو ١٢٠ ميكروجرام / متر مكعب (٠,٠٦ جزء في المليون) حيث قيم ٥٠ % تنحصر بين ٤٠–٦٠ ميكروجرام /متر مكعب . و يلاحظ أنه في القوارض حوالي ٥٠ % من كمية الأوزون الموجودة بها تزال منها بالهواء المستنشق من الأنف بينما يوجد أقصي تركيز منه في الإنسان و حيوانات التجارب في الأنسجة بالمساحة الإنتقالية بين الشعيبات و الحويصلات الهوائية . و تتوقف قوة تأثيره علي التركيز المتعرضة له القناة التنفسية فالتركيزات المنخفضة نسبيا (٤٠٠ ميكروجرام / متر مكعب) تلاحظ تأثيراتها أساسا في الرئتين بينما التركيزات العالية (٨٠٠–١٦٠٠ ميكروجرام / متر مكعب) تكون في :
مخاطية الأنف بجانب أجزاء في القناة التنفسية حيث تتراوح التأثيرات من تداخل عكسي مع الوظائف الرئوية و زيادة النشاط الأنزيمي و خفض المقاومة للإصابات الرئوية وزيادة توالد (تزايد) الخلايا من النوع الثاني (Pneumocytes II) و فرط الأستنساخ (هيبربلاسيا) و التنسج (ميتابلاسيا) في طلائية الأنف حتى يصل إلي تليف دائم رئوي. وترتكز طريقة الفعل السام له علي أكسدة الأحماض الأمينية و الأحماض الدهنية العديدة الغير مشبعة في أغشية الخلايا.

وتكون أغلب الخلايا حساسية للأوزون هي الخلايا ذات مساحة السطح الكبيرة بالنسبة لحجمها . كذلك لوحظت تغيرات بيوكيميائية رئوية داخلية (Extra pulmonary Biochemical changes) و تغيرات مورفولوجية في كرات الدم الحمراء والتي قد تكون ناجمة عن الأوزون نفسه أو عن نواتج وسطيه نشطة له حيث اقترحت الدراسات السريرية و الوبائية أن التعريض للتركيزات بين ١٦٠-٣٤٠ ميكروجرام / متر مكعب ربما يتبعها أعراض تنفسية كالكحة و جفاف الحلق (Dry throat) وألم و ضيق بالصدر. و الحدود المسموح بها من هيئة الصحة العالمية هي ١٥٠-٢٠٠ ميكروجرام / متر مكعب من الهواء الجوي (٠,٠٨-٠,١ جزء في المليون أو التعرض إلي ١٠٠-٢٠٠ ميكروجرام / متر مكعب من الهواء الجوي / ٨ ساعة (٠,٠٥-٠,٠٦جزء في المليون) .

٥-٧ الريانودين (Ryanodine):

مادة فعالة نشطة توجد بأنواع عديدة من نبات الريانيا (Ryania) مثل *Ryania speciosa* . وتسمى مستخلصاتها الغير نقية باسم الريانين (Ryanine) أو الرياناتين (Ryanatin) حيث أظهرت سمية أولية للفئران والضفادع والقطط و الأرانب والكلاب ولم تظهر سمية علي الأسماك بعكس الروتينون .

ويستخدم طحن سوقها كتجهيزات سامة تحت أسم ريانكس (Ryanex) والمحتوى على ألكالويد ريانودين (Ryanodine) ونواتج ديهيدرتة (Anhydro ryanodine) .



Anhydroryanodine

وتبلغ سميته للثدييات على الأقل ٢٠ ضعف سميته لمفصليات الأرجل حيث تبلغ الجرعة القاتلة للنصف للفئران ٠٣٢٥ مللج / كج من وزن الجسم للقطط ٠,٠٧٠ وللأرانب ٠,٠٢٥ وللكلاب ٠,٠٧٥ مللج/كج.

وتتلخص آلية (ميكانيكية) فعلة في كون متبقياتة تتداخل مع مسارات تمثيل الطاقة خاصة المسارات المؤدية لتخليق الأدينوسين تراي فوسفات و ليس الفوسفاجين (Phosphagen) : المركبات المفسفرة والتى يمكن و أن تسد الحاجة أو العوز (Replenish) عند الإمداد بجزئيات الأدينوسين تراي فوسفات (ATP) وتعمل كمخزن احتياطي لحظى للطاقة و علية فغالبا ما يكون الكيراتين فوسفات هو الفوسفاجين الأولى بالفقاريات و الأرجينين هو الفوسفاجين الأولى بالحشرات وبعض اللافقاريات الأخرى فالاستجابة الناتجة عن التسمم به و التي تكون في صورة تقلصات و تشنجات تشير الي أن التأثير علي مسارات تمثيل الطاقة .

و مرض الشلل الإرتخائى و التخشب الكامل (Rigor) و هي الصفة الواضحة في تسمم الثدييات والذي يحدث بعدة و خلال ثلاثة ساعات الموت حيث يكون جهد الفعل يكون علي العضلات بينما العصب الطرفي المركزي لا يتأثر (فالفعل المباشر يكون على العضلات وأن جهد الفعل يكون على العضلات أو العصب الطرفي المركزي لا يتأثر فالتنبيه الكهربي المباشر يكون على العضلة وليس عن طريق العصب الطرفي المركزي . فالاستجابة (التقلص التشنجي) تشير إلي أن التأثير المتوقع يكون على تمثيل الطاقة خاصة المتداخلة مع تخليق الأدينوسين تراى فوسفات وليس مع الفوسفاجين .

ويؤدى تصلب (تخشب) عضلات الأرجل بالثدييات إلى فشل في التنفس ثم الموت ويعزى لفشل الدورة الدموية لتأثر عضلات القلب (بالكلاب المخدرة) أو لشلل عضلات التنفس بالقطط المخدرة أو أنه ما سمي في بعض الحالات بنظام الاسترخاء و الذي ينزع الكالسيوم من العضلات المتقلصة فتظهر حالة الإسترخاء أو أنه كالهيدروكربونات المكلوره فهو مادة مخربة للغشاء أكثر منه مضاد للأنزيم ولكنه لا يتشابه معها في تأثيرها المتخصص على أغشية العضلات المثارة.

٥-٨-الفينولات والنيتروفينولات

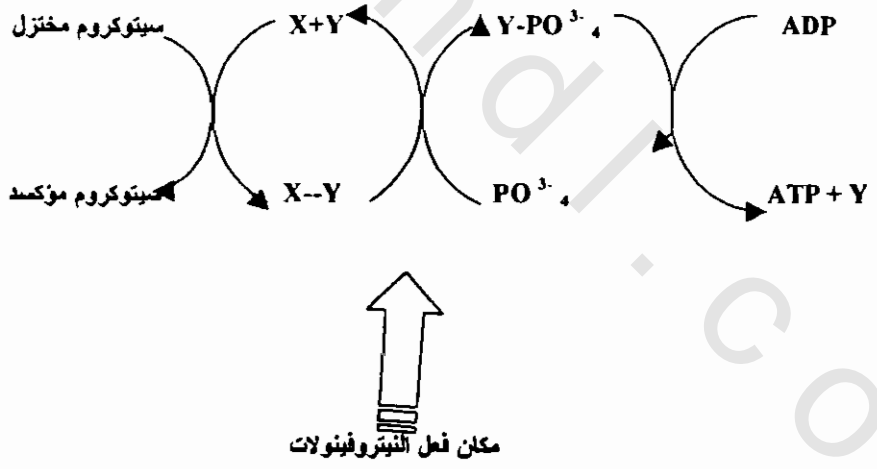
بدأ استخدامها منذ عام ١٨٩٢ وحتى ١٩٥٠ كمبيدات آفات خاصة للحشرات كمبيدات حشرية (Insecticides) للجراد وكمبيدات آكاروسيه

(Acaricides) أو كمبيدات للحلم (Mitecides) أو كمبيدات للحشائش (Herbicides) أو كمبيدات متخصصة لبيض الحلم و الأكاروسات (Ovicides) علاوة على ذلك فبعضها يعمل كسموم فطرية (Fungicides) وكسموم بكترية (Bactericides) فاختياريتها (Selectivity) ترجع للكائن الحي المتعرض لها .

وتتميز هذه المجموعة من المركبات بسميتها العالية للإنسان والثدييات والحيوانات ذات الدم الحار (Warm blooded animals) كما تتميز بسميتها المزمنة والفعل الجلدي الحاد (Acute dermal action) .

والتفسير العام لطبيعة فعلها (Universal nature of action) يتضمن مقدرتها على التخلل فتصل لمكان التأثير حيث تؤدي لفصل عمليات الفسفرة التنفسية و تتداخل فيها (Respiratory phosphorylation) ومعظم أفرادها لها المقدرة على التراكم الحيوي (Bio accumulation) وعليه فالتسمم التراكمي (السمية المتراكمة) محتملة الحدوث .

وتظهر أعراض التسمم بها على الإنسان والثدييات بسرعة وتشمل الآم معدية مؤلمة (Gastric distress) والعرق واحمرار الجلد وحمى ثم ضعف شديد وغيبوبة (Comma) فالموت أو الاستشفاء التام خلال يوم ليومين.

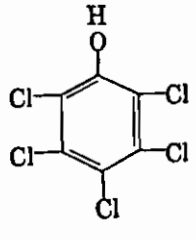


شكل رقم (٦-١) : رسم تخطيطي يوضح مكان تأثير النيتروفينولات.

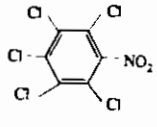
أما أعراض التسمم بها على الحشرات فتكون في صورة نشـــاط زائـد و انقباض وشلل ثم الموت خلال ساعة وأثناء ذلك نلاحظ زيادة ملحوظـــة فـي استهلاك الأكسيجين تبلغ حوالي ثمانية عشر ضعف .

ولقد لوحظ أن مركب داى نيترو أورثو كريزول (DNOC) يتداخل فـــي الجسم بآلية فعل مماثلة لتلك التي بالزرينخات كما ينبه إفـراز أنزيـم ATP-ase فيتحلل الأدينوسين تراى فوسفات كما يؤدي لزيادة استهلاك الأكسيجين لسـرعة التحلل الجليكولي كما أنه هادم للنسيج البروتيني (ألفا-آلانيـن و جلوتـامين و البرولين) علاوة علي أنه مثبط للتنفس لوقف ازدواج الأكسدة الفوســفورية و وقف تأثير مواد النمو الهرمونية .

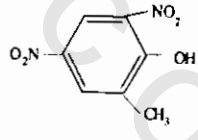
أما مركب داى نتيرو سيكلوهكسيل فينول (DNCHP) فلـــه القـدرة علـى تخريب وأحداث اضطراب للمسار الحيوي لتمثيل الطاقـة (Energy metabolism) فالخطوة الرئيسية النهائية في أكسدة الكربوهيدرات لطاقة في السلسلة التنفسـية (حيث أكسدة النواتـج الوسـطية الكربوهيدراتيـة المنفـردة أو البروتينيـة كالجلوتامات و البيروفات و ألفا - جليسرو فوسفات و السكسينات والمتلامســة مع الفلافوبروتينات كعامل مختزل حيث يتحول الأكسيجين بعد ذلك إلـى مـاء في سلسلة السيتوكرومات لإنتاج الأدينوسين تـراى فوسـفات. حيـث يكـون التداخل هنا (الاضطراب) في عدم ازدواج (Uncoupled) أو كســر الازدواج بين الأكسدة و الفسفره علاوة على زيادة استهلاك الأكسجين في التنفس خاصـة أثناء فترة الحمى والتي يصل فيها لعشرة أضعاف. كذلك يؤدي إلي تنبيه أنزيـم ATP-ase وهو ما يؤدي بدورة إلي زيادة تحلل الأدينوسين تراى فوسفات .



بنتا كلورو فينول
Penta chloro phenol

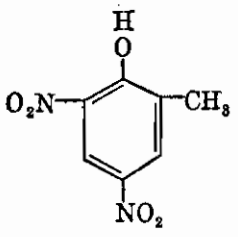


بنتا كلورو نيترو فينول
Penta chloro nitro phenol

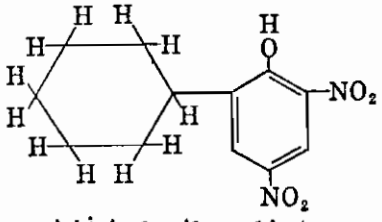


٢-ميثيل -داى نيترو فينول
2-methyl di nitro phenol

فالمركبات النيتروفينولية (كذلك الزرنيخات) تلعب دورها على النظام الـذي يؤكسد الفلافوبروتين المختزل والملازم لعملية فسفرة أدينوسين داى فوسـفات ، جدول رقم (٦-٧).



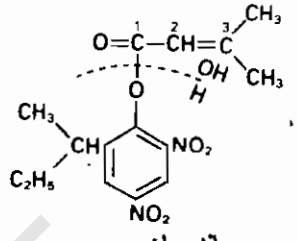
داي نيترو أورثو كريزول
(DNOC)



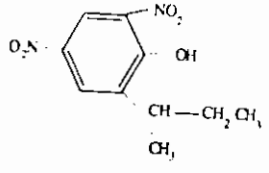
داي نيترو سيكلو هكسيل فينول
(DNCHP)

وبصفة عامة يمكن القول بأن النتيروفينولات تلعب فعلها بطريقة أو بـــأخرى على سلسلة طويلة من المواد الوسطية و التي ترتبط مع أكسدة نيكوتين أميـــد داي نيوكليوتيد المختزل ($NADH_2$) وذلك أثناء اختزال الأكسجين إلى ماء .

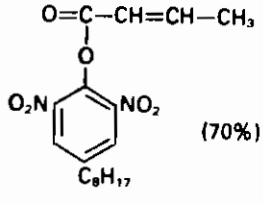
ويجب هنا التفرقة بين مركب الروتينون و الذي يسد (block) والنيـــترو فينولات التي تمنع الازدواج .



إندوسان
الجرعة القاتلة للنصف(LD_{50})
١٥٠ملليج /كج(mice)
١٦٥ملليج/كج(rate)

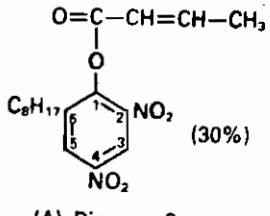


دينوسب
الجرعة القاتلة للنصف(LD_{50})
١٦ملليج /كج(mice)
٨٧ ملليج/كج(rate)



(70%)

(b) Dinocap-4



(30%)

(A) Dinocap-6

دينوكاب (كاراثان)
الجرعة القاتلة للنصف[LD_{50}]
١٢,٥ ملليج /كج(mice)
٦٠٠ ملليج /كج(rate)

جدول رقم (٦-٧) : بعض المعايير الهامة في سمية بعض المركبات

المركب	ذوبان	سمية
بنتاكلوروفينيولات Penta chloro phenolate	يذوب جيداً في الماء ويمعظم المذيبات العضوية لذا يستخدم كمبيد حشائش	شديد السمية للثدييات والإنسان وذات الدم الحار LD_{50}: ٣٦-٢١٠ ملج/كج لا يسمح لمتبقيات له بالأغذية.
بنتاكلورونيتروفينول Penta chloro nitro phenol	يذوب بنسبة قليلة بالماء ويذوب جيدا بالبنزين و الكلوروفورم ثاني كبريتيد الكربون.	سمية منخفضة للثدييات والإنسان وذات الدم الحار LD_{50}: ١٦٥٠ MAC =٠,٥ له أثر متبقي طويل لذا له أثر تراكمي
ستوكس : Sinox=Elgetol 2-Melhyl 4.6 – dinitrolphenol	يذوب لقلة في الماء (١٣٠ جزء في المليون)	سمية عالية للثدييات و الإنسان وذوات الدم الحار وتزداد السمية بارتفاع الحرارة. LD_{50}: ٤٠-٨٥ ملج/كج. يوقف الفسفره التأكسيدية فيعوق تكوين روابط عن الطاقة له أثر تراكمي ويؤدى لسمية مزمنة. لا يسمح بتواجده على المنتجات الغذائية.
Endosan Binapacryl sec-butyl-4.6-di nitro phenyl 3.3-di methyl acrylate	يذوب في: امونيا(٧٨%) الزيلين(٧٠%) ايثانول (١١,٤%) ثابت بالوسط القلوى و الحامضي .	سمية متوسطة للثدييات والإنسان وذوات الدم الحار LD_{50}للفئران بالفم ١٥٠-١٦٥ ملج/كج. له تأثير سام ولامس للفطريات. ينشط النمو الجنيني و يتراكم بالسيتوبلازم سام للطيور والسمك MAC =٠,٠٠١
Karathan :Dinocap Crotothan دينوكاب 2.4-dinitre-6 oetylphenyl crotonate	لا يذوب فى الماء و يذوب بالمذيبات العضوية. يتحلل بالوسط القلوى.	سمية عالية للثدييات وذوات الدم LD_{50}: ١٢,٥-١٠٠ ملج / كج . سميته منخفضه للطيور و الأسماك و النحل MAC =٠,٠٠١

٩-الهيدروكربونات و مشتقات التفاعلات الضوئية :

تبث الهيدروكربونات في صورة غازات (الجزيئات المحتوية علي أربعة ذرات كربون) و سوائل أو مواد صلبة (المحتوية علي أكثر من خمسة ذرات كربون) . ومعظم جزيئات الهيدروكربونات الملوثة للهواء الجوي تكون في حدود أثني عشرة ذرة كربون أو أقل و تدخل للهواء الجوي من مصادرها الطبيعية : فالميثان أبسط الهيدروكربونات الملوثة للهواء الجوي وأكثرها توزيعا علي سطح الكرة الأرضيه (Global) و ينتج معظمه من خلال عمليات هدم بالبكتريا للمواد العضوية بالأراضي الغدقة و السبخة كالمستنقعات (Swamps & Marsh) . أما النباتات فتنبعث منها أكثر الهيدروكربونات تعقيدا كالتربينات و الهيمي تربينات (Terpens & Hemiterpens) و يمثل إنتاجها نصف إنتاج الميثان وينتج ١٥ % منها بالأنشطة البشرية للغلاف الجوي خاصة بالمناطق الآهلة بالسكان (Urban) .

و ترجع التأثيرات السامة لها في الغلاف الجوي إلي مشتقاتها الناتجة من الأكسدة الضوء كيميائية فوجود الهيدروكربونات و تفاعلها مع الأوزون يؤدي إلي تكوين شقوق هيدروكربونية نشطة (Hydrocarbon free radicals) و ذلك لإحتوائها علي الكترونين غير مشتركين في تكوين روابط كما أنها تتفاعل مع ملوثات هواء أخري مكونة طبخن ضوء كيماوي (Photochemical smog) الضار بالكائنات الحية خاصة الحيوانية و النباتية حيث يعزي الضرر إلي الأوزون و مركب بيراوكسي أسيتيل نيترات و الأخير يؤدي إلي حكة و التهاب في أنسجة العين . و الهيدروكربونات الغير مشبعة دائما ما تكون أكثر نشاطا في تكوينها للشقوق الحرة .

١٠-ملوثات الهواء العنصرية (Air Elemental Pollutants) :

تدخل الجسم مع الهواء الجوي المستنشق مجموعة من العناصر الثقيلة السامة (Heavy elements) عبر الجهاز التنفسي ثم تنتقل إلي تيار الدم و تمتص بالرئتين أو الأمعاء وقد يساهم أيضا مسار التعاطي بالفم (Oral administration) نتيجة شرب مياه أو أكل أطعمة ملوثة بها خاصة الأطعمة و الخضروات الطازجة و من أمثلة هذه العناصر ما يلي :

١٠-١-الكاديوم : (Caduim : cd) :

يؤدى الهواء الملوث بالكاديوم وأبخرته(الناتجة عن أكسدته فى الهواء أو تفاعله البطيئ مع بخار الماء بالجو المحيط بمداخن مصانع السبائك والبطاريات والطلاء و شبة الموصلات وقضبان التحكم بالمفاعلات الذرية و مشتقات البلاستيك (PVC) عند استنشاقه لإثارة الأغشية المخاطية للقناة التنفسية والحلق فينتج سعال متكرر ثم تهيج لأنسجة العين ، مما يؤدى لجفاف الحلق و اللوزتين وصداع و غثيان وقيئ و إسهال ودوار وهبوط بالقلب وارتفاع درجة حرارة الجسم ورعشة وتورم بالرئتين وقد يؤدى في النهاية لاختناق يؤدى للموت .

والتعرض المتكرر له يؤدى إلي فرط ضغط الدم (Hyper tension) ينتهي بسرطان الرئة فالموت .

أما التسمم المزمن لتكرر التعرض فيكون بصورة انتفاخ بالرئة وتهيج بالأنف والحلق و فقد حاسة السم وتلف العظام: (Eti-Eti) ويلاحظ أن آلية إخراج الفلورين و الإسترونيتيم تؤدى لتكوين ميكانيكية تحافظ على الكاديوم والزنك بأنسجته الكلية وتعد الطريقة الأولي لإزالة الكاديوم بالقناة المعد معوية بعزلة بواسطة الطبقة المخاطية المعدية والمعوية و إفرازات الصفراء حيث تزداد نسبة الكاديوم المخرجة بالمرارة بزيادة الجرعة والحرارة فالتركيزات القليلة منة تطرح بالإخراج الكلوي بآلية الكلى التي تتطور لبقاء الزنك أو لميلها للكاديوم فالأنسجة ذات التركيز العالي منه تكون بالكلى والكبد خاصة مع الحيوانات المتعرضة للتسمم المزمن فيتم إخراجه بصورة بطيئة بالبول لمدة تتراوح بين ٦-٧ أسبوع و إذا كان التعرض له مستمر يمكن وأن تحدث زيادة مفاجئة في إخراجه بالبول تصل إلي ١٠٠ ضعف المستويات السابقة وهذه الزيادة في الإخراج غالبا ما يصاحبها ضرر بالكلى خاصة بالأنابيب .

١٠-٢-غاز الكلور (Chlorine:Cl) :

يعد الكلور ملوث ثانوي موضعي للهواء الجوى بمناطق التصنيع . والكلور غاز شديد السمية اشد من أكاسيد الكبريت علاوة على تأثيره المهيج لبطانة القصبات الهوائية بالرئة أما تلوث المياه به فيمتص بالأمعاء ويخرج بالكلى فيوجد بالجسم حوالي ١٤٠ جم كلور (٣% من وزن عناصر

الجسم) فهو الأيون السالب بالسوائل الموجودة خارج الخلايا فتحتوى البلازما على ٠,٣٧٠ جم /١٠٠ملل (١٠٥ملمكافئى / لتر) كما يحتوى سائل النخاع الشوكي على أعلى تركيز ٠,٤٤٠ جم /١٠٠ملل) ، كما يقرن صورة حمض هيدروكلوريك لعصارة المعدة مسببا حموضة لها (Gastric acidity) الضروري لهضم المواد البروتين كما يساعد محتواة الطبيعي بالجسم على تعظيم الضغط الأسموزي لأيونات البيكربونات بكرات الدم ويسمى ذلك بانتقال الكلوريد (Chloride shift) . أما زيادة تركيزه بالجسم تزيد من نشاط قشرة الغدة الكظرية (Adrenal gland) فيرتفع تركيزه بالدم وتظهر أعراض فهي (Cushioned : Hyper Chlorine alkalosis) وتقوم الكلى بإخراج الكلورين من الجسم بهرمون الالدوستيرون فإخراجه مرتبط بتنظيم وإخراج وإعادة امتصاص الصوديوم بالنفرونات أو العرض أو القيء أو الإسهال ، جدول رقم (٦-٢) .

١٠-٣-أبخرة الرصاص (Lead fumes) :

يزداد تلوث الهواء الجوى المستنشق بالرصاص خاصة في المناطق الصناعية وحول المناجم ومعامل تكرير البترول ومصانع البطاريات والبويات والسموم الزراعية وحمض الكبريتيك والمطاط والزجاج والأسلاك ومناطق حرق القمامة والمناطق المزدحمة بالمواصلات خاصة وقت الذروة (Rush hour) فالحد الأقصى المسموح به لتلوث الهواء بالرصاص (MAC) هو ٠,١٥ ملليج/م٣ هواء ويصل في وقت الذروة إلي ١٥ ميكروجرام /م٣ هواء وعليه فجنود المرور أكثر عرضي للتلوث كذلك فجوانب الطرق السريعة و التي تمر بها ١٤,٠٠٠ ناقلة / يوم تركز حوالي ٥٥٥ جزء في المليون . وتبلغ نسبته بالتربة الطبيعية ١٠ ميكروجرام /جرام تربة ، بينما بالتربة البكر يصل ٢٠-٨٠ ميكروجرام/جرام وقد يصل إلي ٣٠٠ ميكروجرام / جرام .

و يتداخل الرصاص مع السلاسل الغذائية فالخص يحتوى على ٠,٢-٥٠ جزء في المليون والبطاطس ٠,٢ - ١٧ جزء وبالجذور من ٠,٢ - ١١ جزء في المليون فاستهلاك ١ كيلو خضراوات طازجة أو فاكهة يؤدى لإدخال ٤ ملليجرام رصاص بالجسم . وتزداد النسبة مع المعلبات التي يتم غلقها بالرصاص كعلب الجبن الأبيض . كما أن حرق ١ لتر من الوقود يعطى ٠,١ ملليجرام رصاص .

ويتراكم الرصاص بأنسجة الكائنات الحية النباتية خاصة أنسجة الطحالب و الأنسجة الحيوانية القشرية وينتقل منها للأسماك عبر السلاسل الغذائية وتصل في النهاية للإنسان .

ويحتوى الدم على نسبة ٢٠-٤٠ ميكروجرام رصاص / ١٠٠ ملل دم أى ما يعادل ٠,٢-٠,٤ جزء في المليون وعند وصوله إلي ٠,٨ جزء في المليون يصحب ذلك تكسير كرات الدم الحمراء وبالتالي نقص في الهيموجلوبين فتظهر الأنيميا مع قيئ ومغص كلوي حاد واضطراب عصبي (صرع وغيبوبة) لنفاذه من العائق الدموي المخي (Brain Blood Barrier : BBB مما يؤدى لانخفاض بمستوى الذكاء والتفكير والإدراك مع اضطرابات فسيولوجية لتثبيطه بعض الأنزيمات كذلك يعوق التخلص من البوليك كما أن له تأثير سيئ على الأجهزة التناسلية وعملية التكاثر ويؤدى لإجهاض واضطرابات الدورة الدموية بالإناث وولادة أطفال اقل وزنا .

كذلك يؤدى لضعف تخليق الهيموجلوبين لتأثر أنزيم (Ferro chelatase) فتقف سلسلة α - بروتين الحديدي والمكون للهيموجلوبين لاتحاده مع مجموعة السلفهيدريل (SH) بالأنزيم المسئول عن تكوين الهيم فيؤدى لفقر دم وضعف في التبادل الغازي ، حيث يحدث التسمم بالرصاص عندما تبلغ نسبة الرصاص بالدم أكثر من ٨٠ ميكروجرام / ١٠٠ جم أي ٨٠ جزء في المليون فتؤدى لضرر خطر في تركيب الدم وزيادة حمض دلتا أمينو لوفنيك (ALA) و كوبرفيرين (CPII) بالبول .

ولكون مركبات الرصاص مذيبات للدهون لذا يمتصها الجلد بسرعة بمجرد ملامستها له وتخلله بسهولة تنفذ لتيار الدم ثم تتوزع على الجسم كله في حين لا تنفذ مركبات الرصاص الغير عضوية عند ملامسة الهواء الجوى للجلد بينما تمتص مركبات الرصاص القابلة للذوبان في الماء (خلات الرصاص) بالقناة الهضمية إلا أن ٨٥-٩٠ % من مركبات الرصاص تمتص وتصل بالدم للكبد ثم يعود جزء منها من الكبد للأمعاء فالصفراء (كوسيلة للإخراج) فالرصاص يتحول من لونه الأبيض إلي الرمادي بملامسة الهواء حيث يتأكسد بسهولة بدرجات الحرارة العادية وبملامسة للمياه تتكون كبريتات وكربونات على سطحها فتعيق استمرار انحلاله .

كذلك تؤدى زيادة نسبة الرصاص بالجسم لزيادة في إفراز حمض اليوريك بالدم ثم يترسب بالمفاصل والكلى فيؤدى لالتهاب الكلى المزمن كما يترسب بأنسجة العظام فيحل محل الكالسيوم فالعوامل المساعدة على ترسيب الكالسيوم هي نفسها العوامل المساعدة على ترسيب للرصاص بالعظم إلا انه قد ينفرد من العظام ويعود للدم من جديد ثم تحدث له إعادة توزيع (Redistribution) بأماكن أخرى كالأسنان أو الأنسجة الطرية أو المخ .

ووصول نسبة الرصاص بدم الأطفال أي ٠,٦ جزء في المليون يؤدى للتسمم السريع فالموت لتلف الجهاز العصبي المركزي ، كما يتلف المادة الوراثية وهو ما لا يمكن إصلاحه ومعالجته فينتج نسل مشوه ومتخلف عقليا علاوة على ظهور حالات سرطانية . كما يحدث خلل في تكوين خيوط المغزل عند الانقسام فينشأ خلل في توزيع الصبغيات :الكروموسومات حوامل الصفات الوراثية (الجينات) .

كذلك يثبط الرصاص هدم المواد العضوية بالكائنات الحية الدقيقة وزيادة تركيزه يثبط عليه التمثيل .

فارتفاع مستواه في مياه الشرب عن ٠,١ ملليج / لتر (٠,١ جزء من المليون) يؤدى لظهور أعراض التسمم بالرصاص (بصورة خط ازرق بالكبد مع تكسير لكرات الدم الحمراء وإمساك وقلة نسبة الهيموجلوبين مع ألم فيالصرة أو تحتها وبزيادة شدة الأعراض تؤدى لاضطرابات عصبية تصل للشلل الطرفي والصرع والتشنجات ث الغيبوبة (Comma) .

ويقاس مستوى التلوث بالرصاص بالهواء الجوى بعد امتصاصه بمصيدة (Trapc) ثم يقدر بجهاز الامتصاص الذرى (Atomic Absorption) أو يقاس كروماتوجرافيا حيث تجمع عينة الغبار العالق بالهواء الجوي بجهاز جمع الجسيمات من المرشحات وتحرق عند ٤٢٥° م ثم يذاب المتبقي بعد الحرق في ٣ ملل فلوريد هيدروجين ثم يضاف ٦ ملل حمض نتريك ثم ١٠٥ ملل من حمض الهيدروكلوريك ويسخن على درجة ١٢٠ ثم يبخر المحلول على درجة ٧٠ °م ويذاب المتبقي في ٢٥ ملل من حمض النتريك ١,٥ عياري ويقاس التركيز بجهاز الامتصاص الذرى ويحسب التركيز بالميكروجرام /م٣ هواء حيث تصل دقتها إلي ٠,١ ميكروجرام /م٣ هواء. أو تهضم العينة بعد هضم

ورق الترشيح المترسبة عليه بمادة (Dithiazone) ثم تقاس شدة الامتصاص بطول موجي قدره ٥١٠ نانوميتر .

وتحتوى المياه السطحية على الرصاص بمستوى ١٠ جرام /لتر (٠,٠١ جزء من المليون) بينما تخلو منه المياه الجوفية . ويجب عدم استخدام مياه الشرب التي يصل فيها مستوى تركيزه إلي ٥٠ ميكروجرام /لتر (٠,٠٥ جزء بالمليون) حيث يتراكم بالعظام ويحل محل الكالسيوم كما يتراكم بأنسجة المخ فيتلفها مما يؤدى للصرع . أما إذا بلغ تركيزه ١٠٠ ميكروجرام / لتر بمياه الشرب (٠,١ جزء في المليون) يصبح الماء سام ولهذا توصى منظمة OMS بعدم استخدام الماء الذي تزداد نسبة فيه عن ١-١٠ ميكروجرام / لتر .

ويتم قياس مستواه بالمياه الملوثة بتقديره بعد ترسبه بحمض (كبريتيك-هيدروكلوريك) بصورة كبريتات رصاص أو كلوريد رصاص على الترتيب أو بالطريقة الكهربية كتفاعلات التحليل الكهربي بترسبه على القطب الموجب في صورة ثاني أكسيد الرصاص حيث يوزن القطب قبل وبعد الترسب ثم يقدر الفرق في الوزن أو المعايرة بالثيوكبريتات (وهنا إذا وجد بصورة كبريتات أو فوسفات فتعامل بخلات الامونيوم لأذابتها) أو باستخدام جهاز الامتصاص الذرى على طول موجي ١١٧ نانوميتر ثم تترجم لتركيز من المنحنى القياسي أو بطريقة (Diphnyl thiocarbazone di thiron) فيؤخذ ٣٠٠ ملل عينه ماء ويضاف اليها١٥ ملل حمض الهيدروكلوريك ٢٤% وتنتقل لسطح ساخن / ٤ دقيقة ثم تبرد وتعادل النشادر حتى أس أيون هيدروجين ٢ ثم يؤخذ ١٠٠ ملل لقمع فصل لها ١٠ ملل هيدرازونيوم (١٠جم كلوريد صوديوم + ٢ ملل هيدروكسيد صوديوم ٢٤% + ٣٥ ملل هيدروكلوريك مول / لتر ثم يكمل حتى ٥٠ ملل ثم يضاف ١٠ سيانيد وطرطرات (٤٠ جم بيكربونات بوتاسيوم + ١٠ جم سيانيد بوتاسيوم + ١٠ جم حج طرطرات صوديوم أو بوتاسيوم+ ٤٠ ملل محلول نشادر ٢٥%) ثم يضاف ٥٠ ملل محلول داى ثيرون (بإذابة ٣٠ مللج /لتر كلوروفورم بزجاجة قاتمة) وترج العينة ١٠ دقائق وتترك لانفصال طبقة الكلوروفورم وتقاس شدته على ٥١٠ نانوميتر مقارنة بالبلانك (ماء غير مؤين).

جدول رقم (٦-٨): المواد السامة والأمراض الناجمة عنها بالجهاز التنفسي مظاهر أنها الحادة والمزمنة

المادة السامة	مكان التأثير	التأثير الحاد	التأثير المزمن
الأمونيا	الممالك العليا (parenchyma	التهاب متوسط في الممالك التنفسية العليا و السفلي -أديما	التهاب شعبي (Bronchitis)
الزرنيخ	الممالك العليا	التهاب شعبي (Bronchitis)	التهاب شعبي التهاب حنجرة (laryngitis) سرطان رئة
الكلورين	الممالك العليا	التهاب قصبي شعبي Bronchopneumonia Hemoptysis عسر تنفس (Dyspnea)	-
أسبستو ى	الممالك العليا	-	أسبستوس asbestosis تليف رئوي (Pulmonary fibrosis) - تكلس بللورى - سرطان رئة
الألومنيو م	الممالك العليا الحويصلات الهوائية	نفس قصير(نفس بالتنفس) كحة -أديما	Aluminosis fibrosis تليف بيني intershihal تليف وسمك جدر الحويصلات - انتفاخ الرئة -رئة البوكسيت(Bauxite) مرض شيفر(Shaver's)
المينا كاشطة	الحويصلات الهوائية	أو أديما بالحويصلات	تكيف عملي في جدران الحويصلات انتفاخ رئة (Emphysemia)
بيريليوم	الحويصلات الهوائية	أديما رئوية حادة إصابة رئوية (Pneumonia)	تليف رئوي (Berylliosis) ورم حبيبي (Interstitial granuolomatosis gramuloma: عسر تنفس (Dyspnea)
البورون	الحويصلات الهوائية	أديما - نزيف كحة	-
كادميوم	الحويصلات الهوائية	كحة إصابة رئوية (Pneumonia)	انتفاخ رئة (Emphysemia)
كاربيدات تنجستون تيتانيوم تيتاليوم	الممالك العليا والسفلي	فرط استنماخ و تنسج	تليف حول رئوي (Peri bronchial fibrosis) تليف حول وعائي (Peri fibrosis vascular)
الفحم	الممالك العليا برانشيما الرئة عقد ليمفاوية	أديما رئوية يعد في يوم	Squamous cell carcinomaتجويف الأنف الرئة
الكروم	التجويف الأنفي بلعوم ممالك عليا	التهاب الانف والبلعوم التهاب شعبي (Bronchitis)	أورام رئوية (Lung tumors) سرطان رئوي (Lung cancer)

المادة السامة	مكان التأثير	التأثير الحاد	التأثير المزمن
انبعاثات أفران الكوك	المسالك العليا	-	سرطان شعبي (Tracheobronchial cancer
تراب الفحم	المسالك العليا بارنشيما الرئة عقد ليمفاوية	تليف رئوي pulmonary fibrosis تقبر رئوي (Pneumoconiosis) سرطان شعبي (Tracheo bronchial cancer	-
فلوريد الهيدروجين (HF)	المسالك العليا	نهج تنفسي نزيف كحة - أديما رئوية	-
أكاسيد حديد	جدر الحويصلات الفصوص العلوية و الشعيبات و الحويصلات	كحة	مرض رئة صانعي الفضة (Silver finishes sub pleural & peri vascular aggregation of macrophages) مرض رئة عمال مناجم الهيماتيت Hematite miners (Diffuse fibrosis) مرض رئة عمال اللحام
كاولين	باراشيما الرئة- العقد الليمفية Hilus		تليف رئوي Kaolinosis
اكاسيد نيتروجين	ممالك سفلي حويصلات رئوية	(Pulmonary congestion)أديما رئوية	انتفاخ رئة (Emphysemia)
أوزون	سالك سفلي حويصلات هوائية	أديما رئوية	انتفاخ رئة (Emphysemia) أديما رئوية
فوسخين	حويصلات هوائية	أديما	التهاب شعبي
سيليكا	باراشيما الرئة- العقد الليمفية Hilus	-	Silicosis pneumocomtosis
ثاني أكسيد الكبريت	ممالك عليا	كحة ضيق بالصدر(Tightness) انقباض رئوي (Broncho constriction	-
يودرة التلك	بارا شيما الرئة- العقد الليمفية	-	تليف (Talcosis fibrosis) تصلب البلورا (Pleural sclerosis)
منجنيز	ممالك عليا حويصلات هوائية	أصابة رئوية (Pneumonia)	انتكاسة أصابة رئوية (Re current pneumonia)

مراقبة وقياس التلوث الجوى :

وذلك بهدف تحديد كميات الملوثات الهوائية من مصادرها المختلفة وذلك من خلال جمع كميات من الهواء وتحليلها حيث طرق القياس تكون أما طرق مباشرة من خلال أخذ عينات دورية من الهواء ممثلة لطبيعة الجو حيث تكون مواقع القياس داخل مصدر التلوث نفسه و هنا توضع المعدات علي مداخن المصانع أو وسط محطات توليد الكهرباء و الطاقة لأخذ العينات الدورية أو توضع حول المكان فوق مبني مرتفع و هنا يقاس درجة مستوي التلوث مع المسافات أو طرق قياس غير مباشرة حيث يتم تحسس (استشعار) مصدر التلوث بمجسات (كاشفات) مناسبة عن بعد كالتي تثبت في الأقمار الصناعية أو الطائرات أو المناطيد فتتحسس التغيرات في المجال الجوي المحيط .

ويكون الهدف هو دراسة العوامل الجوية المؤثرة على انتشارها وتوزيعها و بالتالي يتم تحديد تركيزاتها بالمناطق المختلفة تمهيدا لاتخاذ القرارات المناسبة و التي تضمن عدم وصول هذه التركيزات لحدها الحرج (Three shoaled level) فيؤدى بدوره لردود فعل خطيرة خاصة على الصحة العامة (public health) . ويتم ذلك من خلال نشر أجهزة القياس بأماكن (أنحاء) متفرقة من المدينة المنتظر تعرضها (خاصة المدن الصناعية الشهيرة) وهنا نشكل وحدات المرافق و القياس حجر الزاوية لوقاية هذه القلاع الصناعية من التلوث ونحصل على صورة واضحة محددة للظروف المتمثلة للوحدات الصناعية و بالتالي تحديد مدى للعمل بها و مناسبة ذلك للعمل وعلى أساسها تصدر التشريعات البيئية لحماية البيئة من التلوث (مثل مدينة لوس أنجلوس).

ولقد طورت أجهزة المراقبة والقياس (مصاب محطات الإنذار) من أجهزة تقيس وتقدر مدى التلوث من مصدر ملحق معين عند الرغبة لأجهزة قياس أوتوماتيكية لتسجل مدي التلوث بصورة مستمرة متصلة علاوة على اتصالها بحاسب إلكتروني يستقبل هذه القراءات المستمرة لهذه القياسات ثم يتعامل معها طوال الأربعة وعشرون ساعة وذلك بغرض تحويل هذه القياسات لمؤشرات تمثل مستوى المكون / ١٥ دفعة ثم إعطاء متوسط لها بحدوده الدنيا و القصوى / ٢٤ ساعة / ١٥يوم أو / ٦شهر أو / ٦سنة ثم توزع على الجهات البيئية المسئولة عن ضبط النظام البيئي بهذه المدينة

وتهدف عملية المراقبة و قياس التلوث إلى :

١. تميز وتعريف مصادر التلوث المختلفة والمؤثرة على خصائص (Parameters) معينة بالهواء .
٢. التنبيه والتحذير لوجود حالة من التلوث الهوائي وقياسها ديناميكيا (Qualitative & Quantitative) قبل وصولها للحد الحرج
٣. تحديد بدء مسار التلوث ثم اتجاهه أي التفهم الكامل لميكانيكية التلوث بهذه المنطقة .
٤. إعطاء مؤشرات لمستويات التلوث على فترات متتابعة من الزمن طويلة الأمد (long term surveillance) للتعرف على المستوى الحرج أو درجة التدريجي الناجم عقب اتباع الإجراءات اللازمة للحد من هذه المشكلة وتحديد مصادرها وطبيعة تأثيرها .

و تتكون أجهزة القياس بمحطات الإنذار من ثلاث مستويات :

١. فعند المستوى الأول للتلوث : ينبه بمنع حرق القمامة في الكمائن المكشوفة حتى لا يصل مستوى التلوث لقياسات المستوى الثاني حيث تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون ١٠٠ جزء في المليون و أكاسيد النيتروجين ٣ جزء المليون و كذلك أكاسيد الكبريت أما الأوزون ٠,٥جزء في المليون .
٢. وعند وصول مستوي التلوث للمستوى الثاني : يجرى إيقاف حركة المرور وبعض المصانع الرئيسية في المدينة و المتسببة في زيادة التلوث و هنا تبلغ نسبة أول أكسيد الكربون إلي ٢٠٠ جزء في المليون في حين تكون الأكاسيد النيتروجينية بلغت ٥ جزء في المليون ووصل الأوزون إلي ١ جزء في المليون .
٣. وعند وصول مستوي التلوث للمستوى الثالث(الحد الحرج) و الذي يعنى الإنذار بالوصول لحالة الطوارئ لاتخاذ كل الإجراءات والاحتياطات اللازمة من قبل السلطة التنفيذية والتشريعية ثم من قبل المواطنين لتقليل الضرر و الخطر على الصحة العامة لأقصى ما يمكن كعدم مغادرة السكان خاصة الأطفال لمنازلهم ومنعهم من التجول في الشوارع و عدم القيام برياضة المشي مع الصباح المبكر وقد يصل الأمر إلي منع تلاميذ المدارس من الذهاب لمدارسهم وهنا يبلغ مستوى أول أكسيد الكربون ٣٠٠ جزء في المليون وتبلغ اكاسيد النيتروجين و الكبريت ١٠ جزء في المليون والأوزون ١,٥ جزء في المليون

وتتألف نظم وحدات المراقبة من :

١. مواقع ثابتة ومنتشرة بأنحاء معينة من المدينة ومزودة بأجهزة قياس التلوث حيث يعطى كل موقع تقرير شامل دوري عن حالة التلوث التي وصل إليه بالموقع .

٢. مواقع إضافية تبادلية لإجراء مسح (قياس) أكبر للمنطقة وغالبا ما تكون في صورة مواقع متحركة محمولة لتغطية أكبر مساحة ممكنة و إعطاء قياسات عنها .

ولقد حل استخدام التصوير الجوى و الأقمار الصناعية في المراقبة والقياس لكل المواقع الثابتة و الإضافية حيث تقوم بتغطية سريعة وشاملة وفى وقت لحظي خاصة إذا ما بلغ مستوى التلوث الحد الحرج وهنا يظهر للوقت المستغرق في القياس أهميته .

و تقسم محطات قياس و مراقبة تلوث الهواء الجوي إلي :

١. محطات التلوث الجوي للخط القاعدي :

و تقع هذه المحطات بعيدا عن التجمعات السكانية و الخطوط الجوية و طرق النقل وفي نفس الوقت يكون قريب من أو معرض للحوادث الطبيعية كالبراكين و العواصف الرملية و الترابية و حرائق الغابات و لا يجب استخدام هذه الرقعة من الأرض في دائرة قطرها مائة كيلو متر خلال خمسون عاما في نفس الوقت يكون عدد العاملين بها قليل حتى لا تؤثر أنشطتهم البشرية فيها علي البيئة و طبيعتها وتكون وظيفتها هي رصد و قياس التلوث للتنبؤ بما يحدث علي المدى الطويل من تلوث للهواء الجوي.

٢. محطات تلوث جوي أقليمية :

وهي محطات منتشرة في الدول لتقدير مدي التلوث الجوي فيها و تقع بعيدة عن المناطق الأهلة بالسكان وذلك بغرض تلاشي التذبذبات الحادة في درجة التلوث حيث تبعد بحوالي ١ كيلو متر عن المناطق السكنية و تغطي الطرق المؤدية إليها بالأسفلت و تزرع باقي مساحتها بالحشائش لمنع الأتربة كما تبعد عن دخان المصانع و عادم السيارات بمسافة لا تقل عن عشرة كيلو مترات و تقوم هذه المحطات بالربط بين المتغيرات البيئية في هذه الدولة .

٣. **محطات تلوث جوي فرعية :**

حيث تقوم الدولة بعمل أكثر من محطة موزعة بها لرصد التغيرات في مـــدي التلوث خاصة بالمناطق الأهلة بالســكان و المنــاطق الصناعيــة و المنــاطق المزدحمة بالمواصلات و قد تكون في صورة محطات متنقلة أو محمولة لأخــذ عينات من الهواء بصفة دورية (سيوه و سانت كاترين وسيدي براني والقصــير و الغردقة) .

عزل وإزالة ملوثات الهواء الغازية من مصدرها :

يمكن عزل الملوثات الغازية المنبعثة من مصدرها بالهواء الجوى مـــن خلال إحدى الطرق التالية :

- امتصاص الغازات الملوثة للهواء الجوي بمحلول له قابلية عالية للذوبان أو متوسطة الذوبان في الماء مع سهولة الحصول عليه وقد تضــاف إليــه بعض المواد لزيادة معدل امتصاص هذه الغازات أو لتحويله إلي صــورة يسهل عزلها .
- و ما زالت فكرة فصل كل غاز ملوث على حدة من مخلــوط الغــازات الملوثة للهواء الجوى لتقدير كمية بالضبط موضع بحث مركــز جــارى رغم كل التطور الفني و التقني و الذي مكن بعض الأجــهزة مــن قيــاس تركيز غاز ملوث دون الحاجة لعمل فصل من خلال سريان الهواء الملـوث الجوى في قنوات (أعمدة) خاصة بالجهاز و ذلك من خــلال امتصــاص الغاز المرغوب قياس تركيزه على سطح سائل معين بمصيدة (trap).
- إدمصاصه علي مادة صلبة نشطة أو منشــطة مثــل الفحــم المنشــط (Activated charcoal) ثم ينزع منها بعد ذلك باستخدام محاليل نـزع(Elution) لها خصائص معينة ثم يقدر بعد ذلك الملوث بالمعايرة (volumetry) أو لونيا (Spectrophotometry) .
- تشبيع شرائط ورق بمادة قابلة للتفاعل مع الغاز الملوث بعد امتصاصــه مثل الشرائط المشــبعة بخــلات الرصــاص لتقديــر مركــب كــبريتيد الهيدوروجين فيتحول لكبريتيد الرصاص ذات اللون الأسود و التي تتناسـب درجته مع تركيز الملوث ثم يقدر كثافة اللون ضوئيا .

ومن الأهمية بمكان الأخذ في الاعتبار في هذا الصدد ترشيح الهواء من الجسيمات العالقة أولا قبل مروره على مصيدة الامتصاص أو مادة الإدمصاص أو الشريط حيث يكون معدل سريان الهواء(flow rate) : ٠,١٢ لتر / ثانية / ساعة وهنا تصلح هذه الطريقة لقياس تركيز ملوث غازي يصل تركيزه إلي ٥,١-٦٠ ميكروجرام / م٣ .

أما عند استخدام أجهزة التحليل الكروماتوجرافى فلا تكون هناك حاجة لعزل كل ملوث على حدة حيث يقوم الجهاز تبعا لنظرية عملة بذلك ثم تقدير كل منها على حدة بكاشف اللهب المتأين (Flame ionization detector :FID) وهنا يكون لملأ و تطوير وتهيئة مادة حشو عمود الكروماتوجرافى (Packing material) من الوصول بها لدرجة حساسة عالية في الإدمصاص ثم نزع أى غاز منها ولو بتركيز ضعيف بعد ذلك لتقديره .

– ويستخدم عمال المناجم طيور الكناري لمعرفة مدى درجة التسمم في هواء المنجم بوجود غاز سام في المنجم أثناء عملهم فدرجة زقزقتها العالية دليل على وجود غاز سام . كذلك يعتري الكلاب اضطراب نفسي عند تعرضها لهواء ملوث . أما أوراق نبات الصنوبر فيستجيب بشدة للتلوث بغاز الأوزون و أكاسيد الكبريت والحديد ، في حين نبات القرنفل يستجيب لغاز الإيثلين بشدة بينما تستجيب الطحالب و الاشن للغاز المعدني بالهواء الملوث و هنا تلعب دورها في تنظيف المياه بأخذ المعادن السامة من مياه الشرب بالأنهار والبحيرات الحلوة

أعداد وتجهيز واستخلاص وتنقية عينة هواء جوى لتقدير مدى تلوثها :
(Air- Sampling , Compositing , Preparation , Extraction ,Clean-up & Determination)

يتم أخذ عينات الهواء لتقدير مستوى درجة تلوثها بالملوثات والسموم البيئية من خلال عدة أنظمة أو مصائد تختلف من حيث تصميمها ونوعية الحالة الصلبة أو السائلة المستخدمة بها لتصيد (Trapping) الملوث من الهواء ومن أمثلتها:

١ - **Greensburg Smith system:**

وتتكون من قارورتان (2- impringers) كل منها ٥٠٠ ملل تملأ بواسطة ١٠٠ ملل من الإيثيلين جليكول (Ethylene Glycol : EG) ويتم سحب الهواء خلالها بمعدل ٣,٢٨ لتر (قدم مكعب) / د / ١٢ ساعة . وتتميز هذه الطريقة بكونها كمية (Quantitative method) فيمكن منها حساب كمية الهواء التي تم سحبها خلال هذه الوحدة بالنسبة للوقت و بالتالي يمكن حساب كمية الملوث /م٣ هواء .

٢ - **Sequental air sampler:**

وتعطى هذه الوحدة عينة كل ١٢ ساعة .

٣ - **قماش شاش (Cloth screen):**

قطعة من القماش الشاش : شيفون (nylon chiffon) بمساحة متر مربع ٢ (١ x ١ م) مثبتة على إطار: برواز (Frame) خشبي لسهولة تثبيتها في المكان المراد أخذ العينة منه ، وقبل تثبيتها يتم نقعها في محلول ١٠% إيثلين جليكول في الأسيتون كمصيدة حيث يمر الهواء خلال ثقوب القماش فتتصيد مادة الايثلين جليكول الملوثات العالقة بالهواء خلال فترة تثبيتها لمدة ١٢ ساعة وتتميز بساطة تنفيذها وعدم احتياجها لطاقة . و تغير نوع مادة المصيدة تبعا لنوعية الملوث المراد تقديره (حسب تركيزه و كميته ودرجة قطبيته) وقد تثبت خارج الطائرات لأخذ عينات من هواء الطبقات العليا بالغلاف الجوى بعده يتم استخلاص قطعة القماش بمخلوط إزاحة مناسب لنوعية المركب وغالبا ما يستخدم مخلوط الهكسان (غير قطبي) و الاستيون (قطبي) بنسبة ١:١ . و يتم الاستخلاص باستخدام وحدة سوكسلت للاستخلاص المستمر ثم يبخر المذيب وتقدر متبقيات الملوثات البيئية و السموم

باستخدام الكروماتوجرافى الغازي وقد تستخدم شبكة نايلون (Nylon gauze) لجمع متبقيات الملاثيون والملوث لهواء المناطق الزراعية أو بأماكن تخليقه و تصنيعه حيث يتم استخلاصها وقد تستخدم شبكات سلك لا يصدأ (Stainless sleek nets) تغطى بطبقة من البولي ايثلين جليكول كمصيدة ناجحة لامتصاص المركبات الهيدروكربونية العضوية المكلورة (ددت ومشا بهاتة و مماكناتة (DDT- Isomers & analogues) كذلك الديلدرين والالدرين ثم تستخلص منها بواسطة البنزين . كذلك يمكن استخدام شبكة من الصوف الزجاجي (Glass Fiber) وتعامل بالأيثلين جليكول وتعد مصيدة ناجحة جداً وكفاءتها عالية في جمع المركبات الهيدروكربونية العضوية خاصة المهلجنة منها (Chlorinated) والمتطايرة أو الايروسولات ويبلغ معدل استرجاعها (Rate of Recovery) ٩٢-١٢٨ % .

وحدات أخذ العينات الصلبة (Solid samplers):

وهنا يتم سحب الهواء خلال عمود زجاجي كأعمدة الكروماتوجرافى (Column Chromatography) حيث يتم حشوه (Packing) بمادة إدمصاص صلبة (Solid adsorpent support) مثل الكروموسورب ١٠١ (Chromosorb) ٦٠-٨٠ أو ٦٠ - ١٢٠ مش وتغلف (Coating) بطور سائل (Liquid phase) مثل زيت البرافين ثم يتم سحب الهواء المراد اختباره من خلال هذا العمود بمعدل ١ م ٣ / دقيقة ويمكن به تصيد الهيدروكربونات العضوية و الهيدروكربونات العضوية المكلورة وبكفاءة عالية جداً كذلك مركبات التراى فلورالين (Trifluraline) وممثلاتها الناجمة عن الهدم الضوئي . وبعد انتهاء الوقت المحدد لأخذ العينة ، يتم إزاحة (Elution) المركبات التي تم إدمصاصها بمخاليط إزاحة (Elution solvents) بنسب معينة أو تستخدم وحدة سوكسلت (٤ ساعات) وتتميز هذه الطريقة بكفاءة استرجاعها العالية كذلك يمكن ملئ الأعمدة بكسر الزجاج (Glass bead) المغطي بالإيثيلين جليكول أو بزيت بذرة القطن أو تملأ بوليمر التيناكس (Tenax) كمصيدة ذات كفاءة عالية لتصيد أثار مركبات البيفينول أو تملأ بالجرافيت (Carbon black or C.b graphitized) لتصيد الهيدروكربونات العضوية كذلك وجد أن مادة البوليريتان (Poly rethane) ذات كفاءة عالية جدا في امتصاص جزئيات ددت ومشابهاتة ومماكناته والكلوردان والبيفينولات ولها معدل استرجاع ،جدول رقم (٦-٩) .

أو تستخدم أنبوبة (Cartilage containing support) يوضع بها مـــادة الادمصـــاص كالسليكون المغلف للكروموسورب لتصيد الهيدركربونات العضوية الكلورونية حيث يتم سحب الهواء الملوث خلالها بمعدل ١٨لتر /د أو تترك في جو المكـلن أو الحجرة المراد تقيم مستوي تلوثها .

و بأي من طرق جمع العينات السابقة تأخذ العينة و تتبع الخطـوات التاليـة لاستكمال باقي طريقة التحليل :

١-يتم نقل ٢٠٠ ملل من الايثيلين جليكول و التي تمثل سحب هواء ملوث لمـدة ١٢ ساعة (أي ٤٠ م ٣هواء) في قمع فصل (Separatory funnel) حيـث يتـم نقل العينة المجموعة نقلا كميا بواسطة كميات من محلول كبريتات الصوديـوم ٢% ثم يضاف إليها ١٠٠ ملل ماء للغسيل حتى يصل الحجم إلـى ٧٠٠ ملـل وقد يكون المضاف للغسيل هو محلول ٢% كبريتات صوديوم ثم يضـلف ١٢٠ ملل هكسان ويحكم قفل القمع جيدا ويرج بقوة لمدة دقيقتيـن وبعـد ١٥ ثانيـة وبحرز يتم فتح الغطاء لتصريف الضغط البخاري لأبخرة المذيب ثـم يـترك للسماح بانفصال الطبقتين و يتم تسريب الطبقة المائية السفلية لقمح فصل ثـاني و يضاف إليها ١٢٠ ملل وترج بقوة لمدة دقيقتين و كما سـبق يتـم صـرف الطبقة المائية لقمع فصل ثالث ويكرر ما سبق ولكن هنا يتم إهمـال الطبقـة المائية. ويلاحظ في حالة تكون مستحلب يضاف ١٠ ملل من محلول كلوريـد الصوديوم المشبع لكسر المستحلب المتكون .

٢-يجهز عمود كروماتوجرافى بطول ١٥٠ مللـم وقطـر داخلـي ٢٤ مللـم ويوضع بنهاية المسحوبة سدادة من الصوف الزجاجي و يملأ بارتفـاع ٥سـم كبريتات الصوديوم لا مائية لتجفيف مستخلص الهكسان و يثبت اسفل العمـود دورق الكيودرنا دانش وبها قطع مـن الزجـاج لمنـع الفـوران ثـم يثبـت العمود ذو الثلاث كرات (3-ball Snyder column) وتثبت وحدة الكيورنـا دانـش بحمام مائي (٩٥-١٠٠ مْ مع التحكم فى درجة الحرارة برفعـها أو خفضـها) لتبخير المستخلص حتى ٥ ملل من ذلك حتى لا يحـدث فقـد فـي متبقيـات المركب المستخلص وبعد تمام التبخير تخرج الوحدة من الحمام وتترك لفـترة ويرفع العمود ويغسل الدورق ثلاث مرات بحجم قدرة ٣ ملل هكسان .

٣-يتم تثبيت العمود المطور (Modified micro Snyder) وتوضع في الحمام ويتم التبخير والتركيز حتى ١ ملل ويجب سحبها باستمرار حتى أثناء الغليان حتى لا يحدث تسخين زائد (Super heating) فتخرج بعض قطرات المذيب أو التركيز لا كثر من ١ ملل حتى لا يؤدى بدوره لفقد في تركيز مكونات الملوث و يحدث فقد في التركيز ، ثم يضاف ٣ملل هكسان للمركز (١ ملل) ثم تجرى عملية التركيز مرة أخرى للتخلص من أثار المثيلين كلوريد.

٤-تتم عملية تنقية للتخلص باستخدام عمود الفلوروسيل تمهيداً للحقن في جهاز كروماتوجرافيا الغازى السائل : (Gas Liquid Chromatography : GLC)

جدول رقم (٦-٩) : معدلات الاسترجاع لسموم وملوثات بيئية مختلفة

المركب	الكمية الموضوعة نانو جرام	معدل الاسترجاع %	المركب	الكمية الموضوعة نانوجرام	معدل استرجاع %
بنزين هكسا كلوريد	٢	٩٧	الدرين	٢	٩٤
بترين هكا كلوريد	٤	٨٩	ديلورين	٤	٩٤
بارابارا-ددك	٥	٩٧	رونيل	٣	٨٨
بارابارا-ددإ	٤	٩٦	مالا ثيون	٥	٨٧
بارابارا-دد.ك	٨	٩٥	ميثيل باراثيون	٥	٨٦
هبتاكلور	٢	٩٧	كاربو فينثيون	٢	٨٩
هبتارابو كسيد	٣	٩٧	ديازيتون	٢٥	٩٦
لفدين	٢	٩٦	آروكلور(١٢٥٤)		

أخذ وإعداد وتجهيز واستخلاص عينة غبار(جسيمات)

(Particulate Sampling, preparing, Extraction, clean up & Determination)

تتعدد طرق أخذ عينات الجسيمات (Particulate) العالقة بالهواء وذلك بغرض استخلاص وتنقية الملوثات العالقة بها أو المدمصة عليها وتقيم مستواها وتعريفها . فيمكن أخذ عينة جسيمات من خلال ترسبها (Precipitation) تبعا لوزنها وبفعل قوة الجاذبية الأرضية أو بالترشيح (Filtration) أو بالتجزئة الحجمية (Size Fractionation) أو بالترسيب الكهربي (Electrostatic precipitation) أو بالموجات الصوتية وفوق الصوتية (Sonic & supersonic) أو باستخدام الترسيب بالحرارة (Thermal settling) من خلال سحب تيار هواء ملوث بالجسيمات بين قطبين سلك مغطى بمادة عزوبة ثم يتم توصيل دائرة كهربية وعند اندفاع الهواء تلتقط الجسيمات العالقة بالهواء أو تأخذ العينات باستخدام القصور الذاتي (Smertial separation) وهنا يتم سحب الهواء خلال مسار بزاوية حادة ليدور بعدها في حيز معين ترد الجسيمات وتنفصل في مناطق متباعدة تبعا لحجمها (وزنها) . وبعد الحصول على العينات يتم خلطها جيدا لأخذ العينة النهائية سواء لتعبر عن كمية الغبار أو الجسيمات الملوثة للهواء الجوى و الحاملة للمركبات الكيميائية الملوثة لها وتميزها ويمكن استخدام الطريقة السابقة مع عينات الهواء في استخلاص وتنقية وتعريف و تقدير العينة