

المحاضرة الأولى

الكيمياء البيئية: هو الفرع الذي يدرس مكونات البيئة من الناحية الكيميائية وتفاعلاتها وكذلك الطبيعة الكيميائية للملوثات البيئية والطرق الكيميائية لمعالجتها.

من وجهة نظر الكيمياء البيئية فإن البيئة تقسم الى اربع مجالات هي المجال الجوي، المجال البري، المجال المائي، المجال الحيوي، وتنتقل المواد الكيميائية هذه بين الاوساط بالتأثيرات الفيزيائية والكيميائية المختلفة وتسمى بأسم الدورات البيوجيوكيميائية.

الكيمياء البيئية تختص بمعرفة طبيعة التفاعلات التي تحدث داخل البيئة بين العناصر المختلفة ودور الكيمياء في توضيح العمليات الطبيعية ودور المواد التي تحيط بهذه الأنظمة وطبيعة التلوث الكيميائي والتفاعلات الكيميائية المصاحبة لتلوث الهواء والماء والتربة.

أولاً : كيمياء الهواء والتلوث الهوائي :

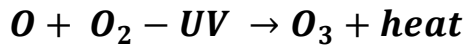
1- الغلاف الغازي The Atmosphere

هو مجموعة من الغازات التي تحيط بالكرة الارضية احاطة كاملة وتجعل هذه الغازات الحياة ممكنة على سطح الأرض فهي توفر الهواء الذي يتنفسه- الانسان والكائنات الأخرى كما انها تحمي الأرض من الأشعة الضارة والشهب والنيازك التي تدخل جو الارض يطلق على الغلاف الغازي احيانا الغلاف الهوائي أو الغلاف الجوي والهواء المكون للغلاف الغازي عديم اللون والرائحة ويمتد الغلاف الغازي الى ارتفاع 200كم او 400 كم من سطح الأرض، هذا الاختلاف في تقدير ارتفاع الغلاف الغازي يعود الى ان الهواء قابل للانضغاط وعليه فإن معظم الغازات الموجودة في الغلاف الجوي توجد قرب سطح الارض فحوالي 50 % من غازاته توجد في الـ 5 كم الأولى فوق سطح الأرض و99% من غازاته دون مستوى 32كم لذلك فإن ما تبقى من غازات فوق هذا الارتفاع ستكون موزعة بشكل عشوائي وذلك لعدم وجود ضغط مسلط عليها فيمكن لها أن تتواجد على ارتفاعات كبيرة جدا.

2- مكونات الغلاف الغازي Gases in the Atmosphere

يتكون الغلاف الغازي من مجموعة غازات هي النتروجين وهي الأكبر نسبة بين الغازات حيث يشكل 78.08% يليه الأوكسجين 20.92% وبذلك يحتل هذان الغازان نسبة 99% من غازاته في حالة الجفاف . الغازات المتبقية والتي تشكل 1 % هي: الأركون (0.93%) وثاني اوكسيد الكربون 0.033% وكذلك الهليوم والنيون بنسبة قليلة كما توجد في الغلاف

الغازي اكاسيد مثل اوكسيد النتروجين والنتروز وأول أكسيد الكاربون. ويحتوي الغلاف الجوي على مواد صلبة مثل الغبار والدخان والرمل ومخلفات الشهب المحترقة كما يحتوي على بخار الماء الذي تتراوح نسبته بين 0.5% - 4% وإذا ازدادت نسبة بخار الماء في الهواء تقل نسبة الغازات الأخرى حسب نسبة الزيادة تبتعد الغازات عن سطح الارض حسب وزنها فالغازات الخفيفة مثل الأوزون توجد في طبقات الجو العليا بينما الغازات الثقيلة مثل الأوكسجين والنتروجين فتوجد قرب سطح الأرض، الصفة الفيزيائية لمعظم هذه الغازات انها لا تمتص الاشعاع الشمسي المباشر عدا الأوزون الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية فإنه ينشطر الى جزيئ أوكسجين اعتيادي (O_2) وذرة اوكسجين حر (O) وعادة ما تقوم ذرة الأوكسجين الحرة هذه بإعادة الاتحاد مع جزيئ أوكسجين آخر لتشكيل جزيئ أوزون جديد وبسبب دورة الأوزون - أوكسجين هذه يتحول الإشعاع فوق البنفسجي المؤذي بشكل مستمر الى حرارة كما في المعادلة :



يتضح من المعادلة ان الاوكسجين والأوكسجين الذري يستخدم البنفسجية ويكونان غاز الأوزون الذي يحمي الأرض من هذه الاشعة ولا يسمح الا بمرور الكمية المطلوبة لحفظ الحياة على الارض.

الأشعة فوق البنفسجية التي تطلقها الشمس تم تصنيفها حسب طول موجاتها الى ($UV - a$, $UV - b$, $UV - c$) حيث تعتبر الأخيرة خطيرة جدا على البشر ولكن تتم تنقيتها بشكل كامل من خلال الأوزون على ارتفاع 35 كم فوق سطح الأرض مع ذلك يعتبر الأوزون غاز سام على ارتفاعات منخفضة حيث يسبب النزيف والتسمم ، من الممكن أن يؤدي التعرض الى $UV - b$ الى احتراق الجلد اما التعرض الشديد فإنه يؤدي الى تغيير في الشفرة الوراثية DNA ينتج عنها سرطان الجلد مع أن طبقة الأوزون تمنع وصول $UV - b$ الا أن بعضا منها يصل الى سطح الأرض بسبب استنزاف طبقة الأوزون ومعظم اشعة $UV - a$ تصل الى سطح الأرض وهي غير ضارة.

أن بخار الماء والماء في الغلاف الغازي يمتصان ويعكسان ويشنتان الاشعة الشمسية أما بقية الغازات فأنها تميل الى تشتيت الموجة الزرقاء من الاشعاع الشمسي المرئي وبذلك تبدو السماء زرقاء بين الغبار يشنت الموجة الحمراء من الإشعاع الشمسي المرئي وبذلك عندما تزداد كميته في الهواء يغلب اللون الاحمر على السماء، بخار الماء يشنت جميع الاطيفاف الاشعة المرئية

لذلك تميل السماء الى اللون الأبيض عندما تكون كمية بخار الماء كبيرة في الهواء وبذلك يعتبر الغلاف الغازي شفافاً أمام الأشعة البنفسجية لأنه يسمح بمرور معظمها، اما الأشعة الارضية ذات الموجات الطويلة فأنها تمتص من قبل ثاني اوكسيد الكربون وبخار الماء مما يسخن الغلاف الغازي.

3- تركيب الغلاف الغازي Atmospheric structure

يقسم الغلاف الغازي الى اربع طبقات رئيسية :

1- طبقة التروبوسفير **Troposphere** (طبقة الاضطراب)

2-طبقة الستراتوسفير **Stratosphere** (طبقة المستويات)

3- طبقة الميزوسفير **Mesosphere** (الطبقة الوسطى)

4- طبقة الثرموسفير **Thermosphere** (الطبقة الحرارية)

ما يهمنا هو الطبقة الاولى والثانية فالطبقة الاولى سميت طبقة الاضطراب لان كل الاضطرابات الجوية تحدث فيها ففيها كل بخار الماء لذا كل الأمطار تتساقط منها حيث أن انخفاض درجة حرارة الهواء في اعلى هذه الطبقة جعل من غير الممكن ان يغادر بخار الماء هذه الطبقة حيث انه يتكثف قبل وصوله الى اعلى هذه الطبقة.

كما انه فيها 90% من الضغط الجوي وفيها 75% من كتل الهواء المكونة للغلاف الجوي سمك هذه الطبقة فوق خط الاستواء يصل الى 16 كم وذلك لشدة التسخين مما يرفع الهواء كثيرة الى الاعلى ما سمكها فوق القطبين فلا يزيد عن 8 كم.

اما الطبقة الثانية **Stratosphere** تبدأ من معدل ارتفاع 16 كم الى 50 كم تعتبر هذه الطبقة مهمة جدا للحياة على سطح الأرض لأن فيه الأوزون وهذه الطبقة هي مصنع لغاز الأوزون حيث تحتوي على 95% من غاز الأوزون في الغلاف الغازي وفي هذه الطبقة يوجد ما يعرف حالياً بثقب الأوزون فالملوثات الأرضية الغازية الخفيفة الوزن تتصاعد لتصل الى هذه الطبقة فتعمل على تفتيت الأوزون ، درجة الحرارة في هذه الطبقة تتراد بالارتفاع بسبب أن تكون الأوزون يتضمن استهلاك الأشعة فوق البنفسجية وتحرير الطاقة على شكل حرارة لذلك كلما ارتفعنا في هذه الطبقة زاد استهلاك الأشعة فوق البنفسجية فارتفعت درجة الحرارة حيث تسجل درجات حرارة متدنية في اسفل هذه الطبقة حوالي C60 بينما ترتفع في اعلى الطبقة لتتعدى الصفر المئوي لذلك تتصرف الحرارة في هذه الطبقة بشكل معاكس لتصرفها في الطبقة الأولى

حيث تقل الحرارة في الطبقة الاولى كلما ارتفعنا بسبب ان مصدر الحرارة للطبقة الأولى هو الاشعاع الأرضي لوجود غاز CO_2 وبخار الماء القادران على امتصاص الاشعاع الطويل الموجة من الارض لذلك كلما اقتربنا من سطح الأرض زاد الامتصاص مما يرفع درجة الحرارة قرب سطح الأرض وتتناقص بالارتفاع.

المحاضرة الثانية

أولاً الدورات الغازية:

أن من اهم الدورات التي لها علاقة وثيقة بحياة الكائنات الحية وبيئتها ودوراتها في البيئة هي

1- دورة الكربون:

يُعتبر الكربون المكون الأساسي لكافة الكائنات الحية فهو يدخل في كل خلية من خلايا الجسم. تُعد دورة الكربون من أبسط دورات العناصر؛ بسبب تمييز مكوناتها الرئيسية كما أن هذه الدورة تُعد من الدورات الكاملة؛ وذلك لأن الكربون يعود الى المحيط البيئي بنفس السرعة التي يزول فيها كون المسار الرئيسي للكربون في هذه الدورة من المحيط الجوي الذي يكون المخزن الرئيسي له في الكائنات المنتجة وبشكل بيئي للنباتات الخضراء ومن ثم الكائنات المستهلكة ومن هاتين المجموعتين الى الكائنات المحللة التي تتمثل بالبكتريا والفطريات ومنها تعود الى المحيط الجوي. يكون الكربون يكون مخزون بشكل غاز CO_2 الموجود في الهواء الجوي أو ذائباً في الماء وبالرغم من قلة كمية غاز CO_2 في الهواء الجوي حيث تبلغ نسبته 0.03% فإنه يلعب دوراً أساسياً بسببين هما:

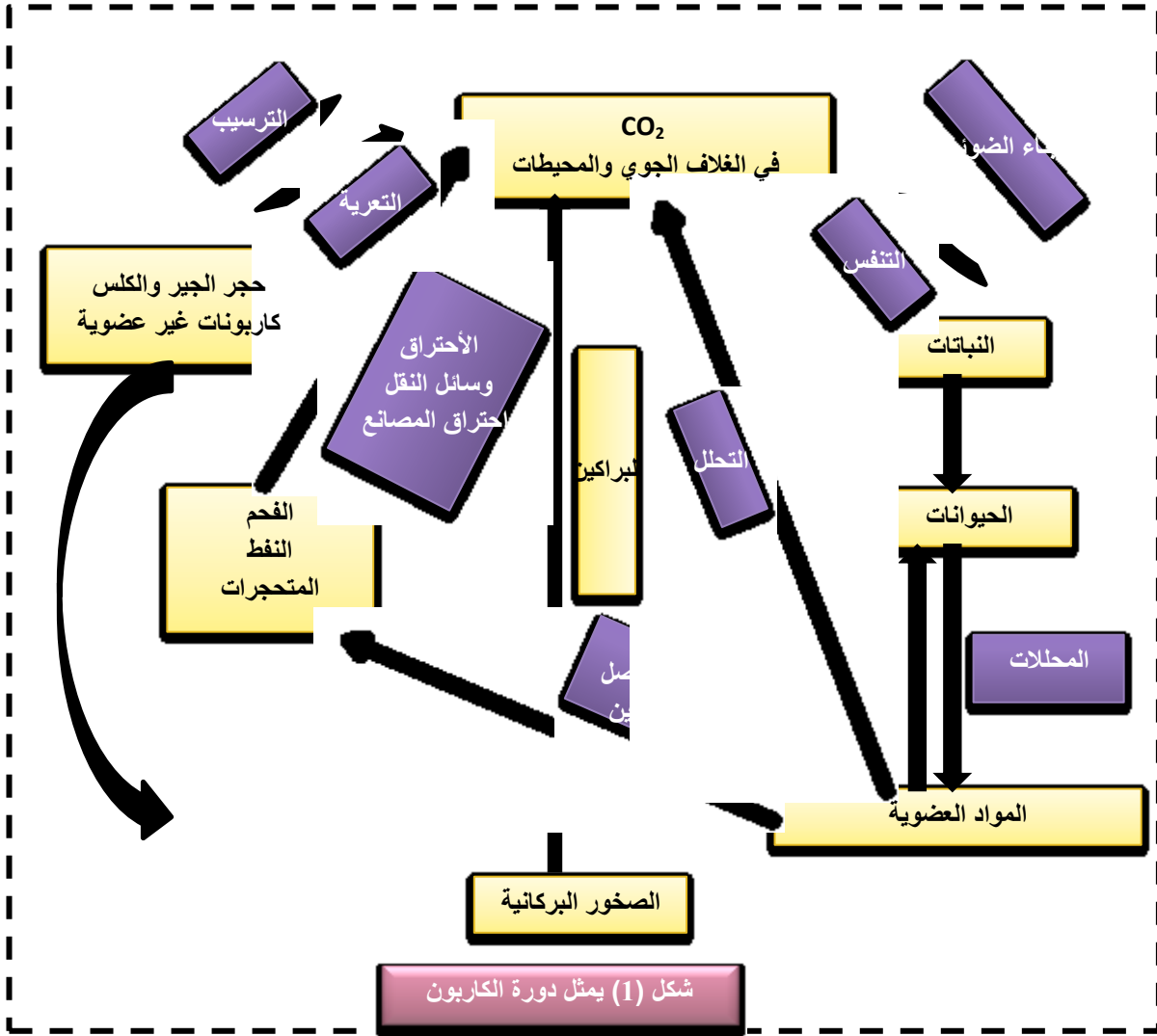
أولاً: قدرته على امتصاص الحرارة القادمة من الشمس والمنعكسة من سطح الأرض وبالتالي يقوم بتدفئة طبقات الجو السفلية.

ثانياً: يعتبر المصدر الأساسي في عملية البناء الضوئي في النبات خلال عملية التركيب الضوئي فأن الكربون اللاعضوية والذي هو علة هيئة CO_2 يتحول الى كاربون عضوي يثبت في الخلايا النباتية ويعود الكربون مرة أخرى الى الجو على هيئة CO_2 خلال عملية تنفس الكائنات الحية.

وبعد موت الكائنات الحية وخلال عمليات التحلل التي تقوم بها البكتريا والفطريات تتمثل في المادة العضوية وتتحول الى غاز CO_2 فضلاً عن الأكسدة بالعوامل اللاحياتية كأرتفاع الحرارة. هناك مصادر أخرى لتجهيز الكربون بواسطة عمليات الأحتراق واحتراق المادة العضوية من قبل الإنسان كالنيران التي تلتهم الغابات ودخان المصانع ووسائل النقل المختلفة اذ تعمل على أحراق المواد البترولية والفحم وأنتاج كميات هائلة من غاز الكربون وأضافتها الى مخزون الكربون في الغلاف الغازي وهذه بالطبع ليست اضافة طبيعية ثابتة لكنها تزداد بازدياد الحركة الصناعية.

أن التغيرات القليلة في غاز CO_2 الجوي يؤدي دوراً كبيراً في التأثيرات الرئيسية في المناخ حيث ان زيادة تركيز هذا الغاز يؤدي الى زيادة في حرارة البيئـة والذي يعرف بتأثير البيت الزجاجي الذي يؤدي الى ظاهرة (الأحتباس الحراري) وهذا يؤدي الى ذوبان الكتل الجليدية القطبية او الجبال الثلجية مما يسبب ارتفاعاً في منسوب المياه وفي المحيطات الذي يؤدي الى كوارث وخسائر في المناطق الساحلية قد تغطي مساحات كبيرة بالمياه كما قد تؤدي الى الأخلال بمستوى النباتات وأحداث التصحر.

وفيما يلي مخطط يبين دورة الكربون:



2- الدورات الرسوبية Sedimentary Cycle:

هي دورات العناصر ذات المنشأ الصخري الرسوبي، أي أن خزنها الرئيسي في الصخور الرسوبية، مثل دورة الفسفور وديرة الكبريت. تفقد العناصر جزء منها خلال الدورة وذلك بسبب ترسبها في الصخور وأبتعادها عن تناول الكائنات الحية، كما هي الحال في رواسب البحار والمحيطات ذات الأعماق السحيقة، فلذا تعتبر هذه الدورات من الدورات الناقصة.

أ- دورة الفسفور Phosphorus Cycle

الفسفور هو أحد العناصر التربة ويعتبر عنصراً ضرورياً للحياة، حيث أنه من العناصر الأساسية لجزيئة DNA و RNA ويدخل في تركيب العظام والأسنان وفي الأغشية الخلوية وفي مركب الطاقة ATP. تحتاج الكائنات الحية الى هذا الفسفور بكميات كبيرة ويعتبر عامل محدد لنمو النباتات في حالة نقصه في التربة كما وتحتاجه الحيوانات في عملية بناء العظام . تستغرق دورة الفسفور ملايين من السنين لتكتمل، وتبقى هذه الدورة ناقصة من حيث الكمية الراجعة من العنصر اذ تفقد كميات من الفسفور على أشكال متعددة ومعقدة لا يمكن استرجاعها بسهولة مثل العظام و الأسنان وغيرها. الخزان أو المستودع الرئيسي للفسفور هو الصخور النارية الفوسفاتية. فمصادر الفسفور هي:

1. الحمم البركانية

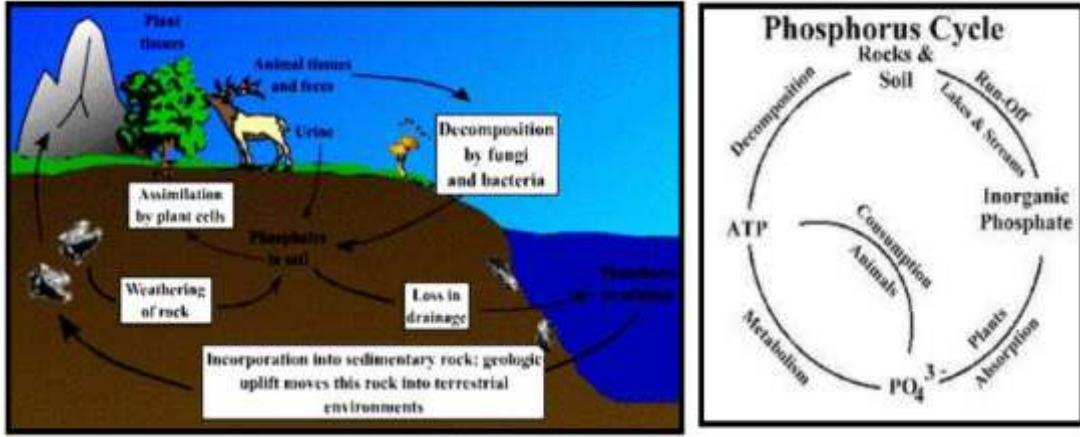
2. تعرض الصخور الفوسفاتية إلى عوامل التجوية الطبيعية.

3. تآكل وتعرية وانجراف الصخور الفوسفاتية .

4. عمليات التنقيب.

ومن خلال هذه العمليات يتحرر الفسفور على شكل الفوسفات الى التربة، ويمتص من قبل النباتات وبذلك يدخل الى أجسام الكائنات الحية في النظام البيئي عبر المستويات الغذائية المختلفة ويتم رجوعه ثانية الى التربة مع فضلات وأبرازات الكائنات الحية.

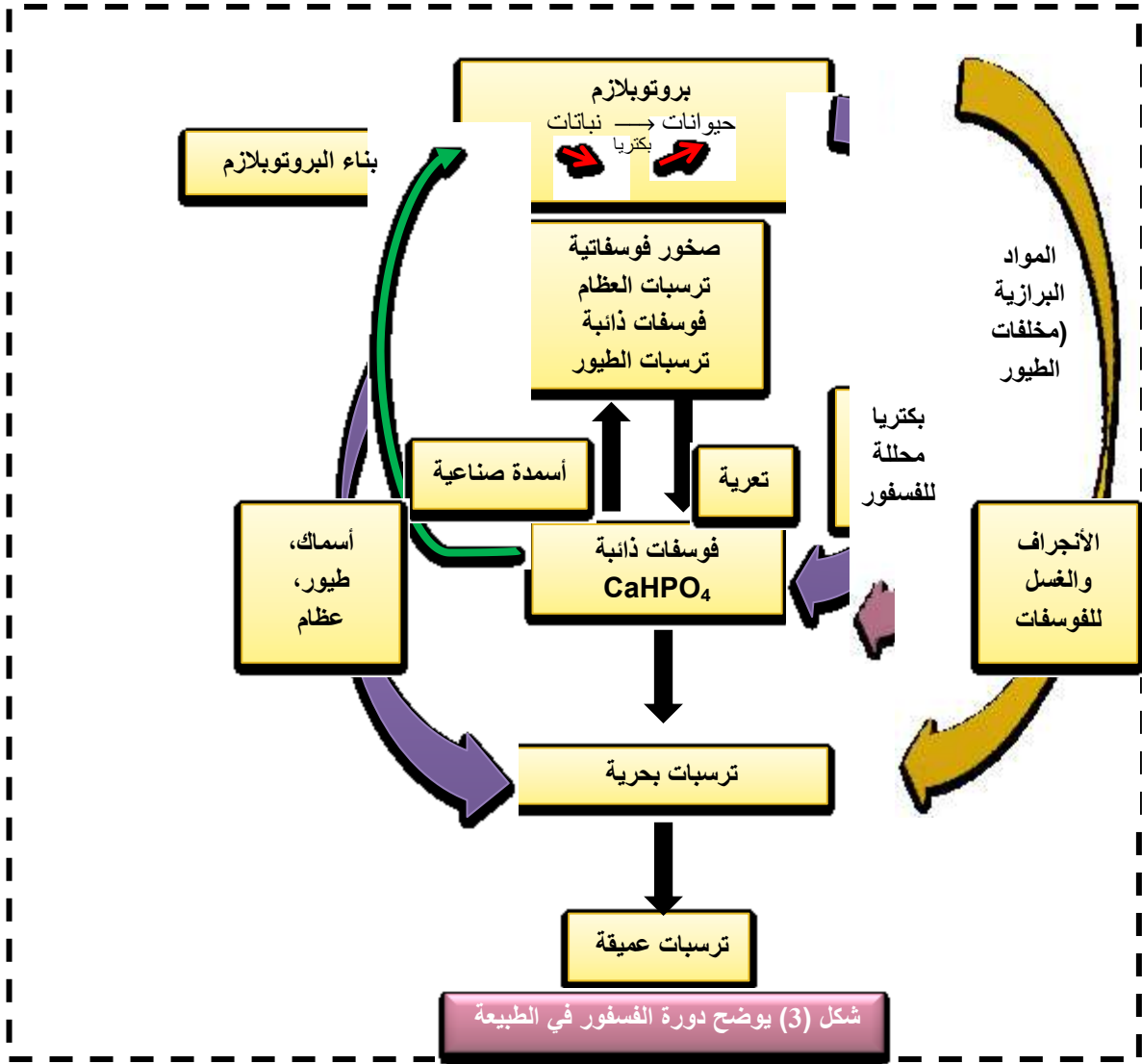
أن دورة الفسفور تبدأ بالنباتات التي تمتص الفسفور اللاعضوي كأحد المغذيات الرئيسية ويتحول الى الحالة العضوية ومنها ينتقل الى الحيوانات التي تتغذى عليها وعند موت هذه الكائنات تعمل المحلات في التربة او الماء على إرجاع الفسفور الى حالته اللاعضوية فضلاً عن ما يخزن ضمن الرواسب والصخور الرسوبية التي بدورها تطلق الفسفور اللاعضوي خلال عمليات التعرية.



دورة الفسفور Phosphorus Cycle

ومن أسباب ركود أو النقص الذي يحصل للفسفور في الطبيعة:

1. موت الحيوانات يؤدي إلى فقدان كميات من الفسفور الموجود في عظامها بسبب تعذر تحليلها من قبل المحلات، فالمحلات قادرة على تحليل الفسفور الموجود في الخلايا النباتية بحيث يكون قابل للامتصاص بينما يتعذر عليها تحليل الفسفور الموجود في العظام.
 2. الترسبات البحرية في البحار والمحيطات، حيث تفقد كميات من الفسفور بسبب موت الأحياء البحرية وبقائها مطمورة في القاع السحيق وبهذه الحالة يبتعد عن متناول الهائمات النباتية لعدم توفر ظروف عيشها في تلك البيئات.
- يعود قسم من الفسفور من خلال مغما البراكين أو بفعل الزلازل. ويمكن للطيور البحرية أن تساهم ولو بدور محدود بإعادة الفسفور إلى اليابسة حيث تتغذى على الأسماك البحرية وتطرح فضلاتها على اليابسة وتقدر كمية الفسفور المنقولة إلى اليابسة بعدة أطنان سنويا ، الا ان هذا الرجوع للفسفور يعتبر موقعا ولا يشمل جميع أنحاء الكرة الأرضية.



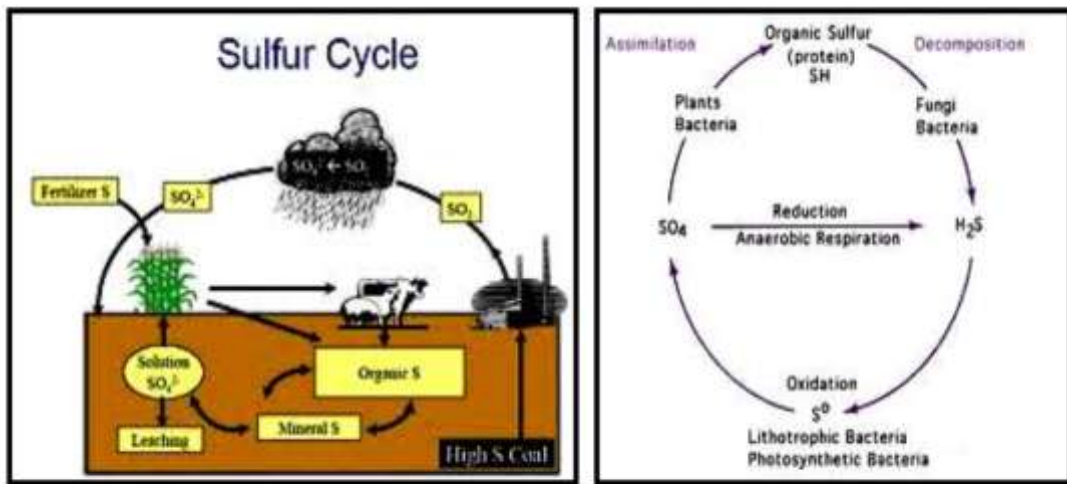
ب- دورة الكبريت Sulfur Cycle

كما هو في دورة الفسفور فالخزان الرئيسي للكبريت هي بعض أنواع الصخور مثل الصخور الجبسية، التي تتكون من معدن الجبس $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ وخام الكبريت الحر **Native Sulfur** خلال عملية التجوية الكيميائية . ينتقل الكبريت بواسطة المياه السطحية وكذلك الجوفية على شكل كبريتات ذاتية SO_4^{-2} ويصل الجزء الأكبر منه لمياه البحار والمحيطات ، والجزء الأقل يصل إلى التربة. وينتهي المطاف بالكبريتات الذائبة في البحار والمحيطات إلى ترسيبها على شكل رسوبيات تتحول عبر الزمن الطويل إلى صخور جبسية، وبذلك تغلق دورة الكبريت. اما الكبريت الذي يصل إلى التربة فيمكن للنباتات أن تمصه على شكل كبريتات ذائبة حيث يدخل في تركيب موادها العضوية وخاصة البروتينات النباتية. ويمكن أن ينتقل هذا الكبريت إلى المستهلكات بمستوياتها المختلفة خلال السلسلة الغذائية وبعد موت

المستهلكات والنباتات تقوم المحلات بتحليل المواد العضوية المحتوية على الكبريت إما هوائية أو لاهوائية، وتكون النتيجة في كلتا الحالتين عودة الكبريت إلى التربة لتعود فتمتصه نباتات أخرى، أو ينتقل خلال غسيل التربة بواسطة مياه الأمطار إلى المياه السطحية أو الجوفية إلى البحار والمحيطات ويطرسب بعد ذلك في الرسوبيات ومن ثم الصخور الرسوبية. كما ويمكن للماد العضوية النباتية المحتوية على الكبريت والمتراكمة في بيئة مائية فقيرة بالأكسجين كالمستنقعات أن تتحلل لاهوائية وتتراكم وتتحوّل مع الزمن إلى الفحم الحجري المحتوي على الكبريت.

تمتاز دورة الكبريت عن دورة الفسفور بكون لها طور غازي لا نجده في دورة الفسفور. يصل الكبريت إلى الغلاف الجوي بصور غازية منها ثاني أكسيد الكبريت SO_2 الذي ينتج بشكل رئيسي من حرق الوقود الأحفوري، أو من أكاسيد الكبريت بفعل بكتيريا الكبريت **Thiobacillus** ذاتية التغذية الكيميائية. ويتفاعل هذا الغاز في الجو مع الماء مكونة حامض الكبريتيك H_2SO_4 .

والشكل الآخر للكبريت الغازي هو كبريتيد الهيدروجين H_2S الذي ينتج عن طريق التحلل اللاهوائي للمركبات العضوية المحتوية على الكبريت. إذ تقوم بعض أنواع البكتيريا مثل بكتيريا **Sporovibrio** باختزال الكبريت في المناطق التي يقل وجود الأكسجين فيها كالترب المشبعة بالمياه والمستنقعات. كما وقد يصل هذين الغازين إلى الغلاف الجوي عن طريق البراكين.



دورة الكبريت Sulfur Cycle

المحاضرة الثالثة

غاز اول اوكسيد الكربون

ينتج غاز اول اوكسيد الكربون (CO) من عمليات الاحتراق غير الكامل سواء في الصناعة ام في التسخين المنزلي كما ان الشخص يمكن أن يلوث نفسه اختياريًا بغاز (CO) بتدخين سيجارة واحدة. على أن من أهم مصادر التلوث بهذا الغاز هو مكائن الاحتراق الداخلي المستعملة في وسائل النقل مثل السيارات والشاحنات والطائرات المروحية (غير النفاثة).

يعطي التلوث بغاز اول اوكسيد الكربون اهتماما أساسيا في اكثر المدن الكبيرة في العالم التي تزدهم فيها وسائل النقل كثيرة وقد يظهر ذلك جليا اذا علمنا أن السيارة الواحدة تقذف ما معدله 0.16 باوند (حوالي 73 غرام) من غاز أول اوكسيد الكربون لكل ميل تقطعه عمد . سرعة 25 ميلا في الساعة وحوالي 0.34 باوند (حوالي 140 غرام) عند سرعة 10 أميال في الساعة أي تزداد كمية 0 كلما قلت السرعة بسبب عدم اكتمال الاحتراق.

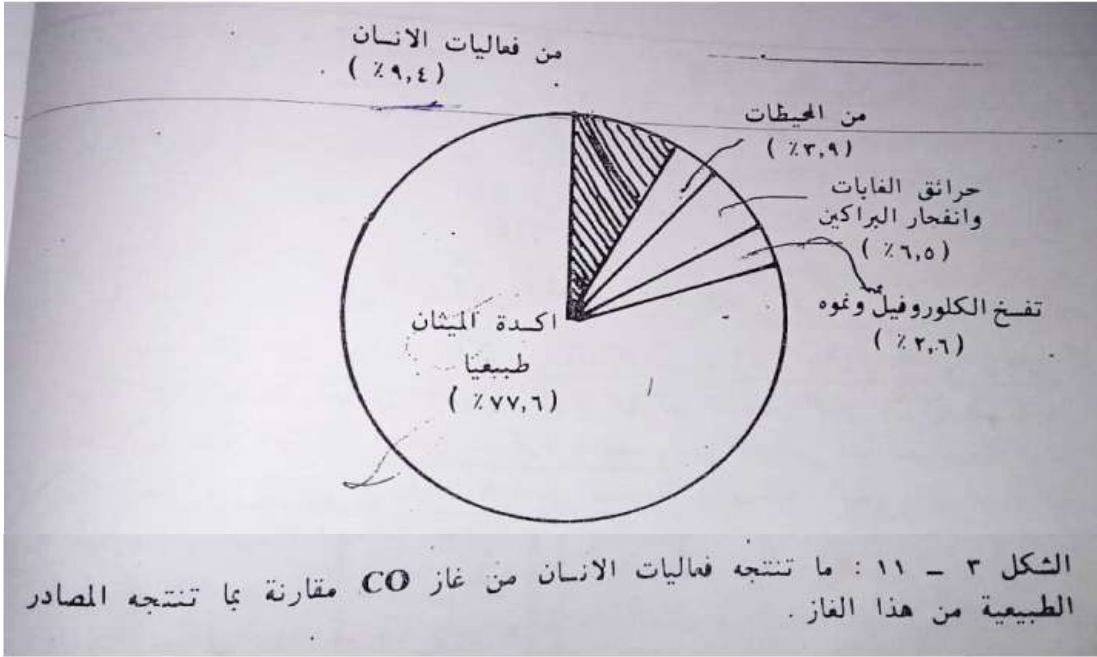
لا يمكن الاحساس بغاز CO لا بالشم ولا بالطعم وليس له لون، وهذا يضيف الى خطورته . يعد هذا الغاز في الوقت الحاضر اكثر انتشارا في طبقات الجو السفلى (اي منطقة الحياة ومعيشة الانسان) من اي من ملوثات الهواء الاخرى وفيما يأتي بعض صفاته الفيزيائية :

- درجة غليانه -192 م.
- كثافته 96.5% من كثافة الهواء.
- قابلية ذوبانه في الماء قليلة.
- قابل للاشتعال ويحترق بلهب ازرق ولكنه لا يساعد على الإشعال .

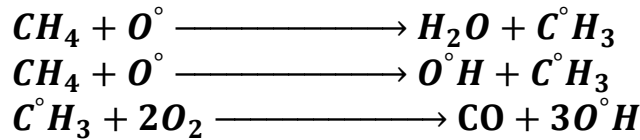
I. مصادر غاز أول أوكسيد الكربون (CO) :

تسهم العمليات الطبيعية وفعاليات الانسان في ضخ غاز اول اوكسيد الكربون الى الجو وزيادة نسبته في الهواء ولم تعط أهمية الى المصادر الطبيعية لغاز CO إلا حديثا وأول إثبات لوجوده طبيعية جاء عام 1949 ولم تجر بحوث جديده حول مصادره الطبيعية قبل عام 1972 وعدت هذه المصادر ثانوية جدا ولا تنتج إلا كميات ضئيلة من هذا الغاز مقارنة ما تنتجه فعاليات الانسان. وظهرت الدراسات التي أجرت بعد عام 1972 خطأ هذه الافتراضات وبينت أن المصادر الطبيعية لهذا الغاز تنتج أضعاف ما تنتجه فعاليات الانسان مجتمعة. يبين الشكل 3 - 11 المصادر الطبيعية المختلفة ونسبها المئوية مقارنة بما تمنحه فعاليات الانسان المختلفة

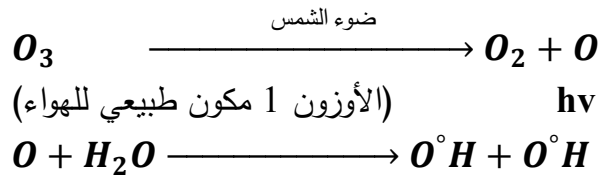
(Anthropogenic Sources).



ويظهر من الشكل 3 - 11 ان المصادر الطبيعية تنتج اكثر من عمره أضعاف ما تنتجه فعاليات الانسان ويقدر ما تنحه المصادر الطبيعية مجتمعة ب (3850) مليون طن سنويا منها (3300) مليون طن تأتي من عملية الاكسدة. الجوية لغاز الميثان (CH₄) الناتج من تفسخ المادة العضوية في المستنقعات وخاصة في المناطق الاستوائية وتنتج عمليات التفسخ هذه 11 بليون طن من غاز الميثان سويا . يتحول غاز الميثان الى غاز اول اوكسيد الكربون بتفاعله مع جذر الهيدروكسيل او مع الأوكسجين الذري وكما في المعادلات المقترحة الاتية :



تنتج جذور الهيدروكسيل والاكسجين الذري من التفاعل المقترحة الاتية:



وعليه يتضح ان الجزء الرئيس من غاز CO يتولد في الجو بعملية طبيعية ولا يقذف الى الجو جاهزاً هي اكسدة غاز الميثان.

II. خطورة المصادر البشرية المنتجة لغاز اول اوكسيد الكربون

مع ان فعاليات الانسان (المصادر البشرية) لا تنتج الا 9.4% من غاز CO ولكنها متركزة في المناطق المأهولة بالسكان وتقدر نسبة غاز CO الموجودة في المدن المزدهمة والمتسببة من فعاليات الانسان ب 95 - 98% وما تبقى يتسببها من المصادر الطبيعية. من الناحية الأخرى

فإن المصادر الطبيعية على ضخامتها متوزعة على كافة انحاء العالم ولا يتراوح تركيز CO المتسبب عنها الا في المجال المحصور بين 0.1 الى 0.5 جزء بالمليون (ppm) وعند مقارنة هذا الرقم مع ما يقابله في المناطق المأهولة المزدهمة نلاحظ أن تركيز هذا الغاز يتراوح بين 5 الى 50 جزء بالمليون. ومن المظاهر الخطرة المضافة فيما يتعلق بتلوث الهواء بغاز في المناطق المأهولة المزدهمة انه ينتج بسعة أعلى بكثير من قابلية ازالته بواسطة العمليات الطبيعية (سنأتي على ذكرها لاحقاً) مما يؤدي الى تراكمه وزيادة تراكيزه الى ما فوق تحمله (Non tolerable levels).

عند دراسة المصادر الاساسية المسؤولة عن تضح غاز CO في الجو في الولايات المتحدة والمتسببة من فعاليات الانسان والتي قامت بها الهيئات التابعة لوكالة نهاية البيئة (EPA) تبين أن وسائل النقل بما فيها السيارات والشاحنات والمطارات والقطارات والبواخر في المصدر الرئيس لغاز CO على أن اكثر من 10 % من الكمية الكلية من غاز CO الناتجة من وسائط النقل تنتج من السيارات المسيرة بالغازولين. يلاحظ من الجدول أن المصدر الرئيس الثاني هو المصادر المتنوعة وأشها في هذا الخصوص ترق الأدغال والاحراش والفضلات الزراعية من قبل المزارعين.

كانت النتائج كما في الجدول 3 - 5 المذكور في ادناه:

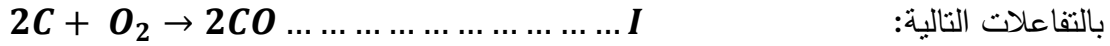
اسم المصدر	كمية غاز CO المقدوفة الى الجو (مليون طن في السنة)	النسبة المئوية من المجموع
وسائط نقل	111.0	75.4
حرق الوقود في المصانع	0.8	0.5
العمليات الصناعية المختلفة	11.4	7.7
حرق الفضلات الصلبة	7.2	4.9
مصادر أخرى متنوعة	16.8	11.4
المجموع	147.2	100

III. الكيمياء المتعلقة بتكوين غاز أول أكسيد الكربون:

يتكون غاز CO من جراء فعاليات الانسان بإحدى الطرق الكيميائية الآتية:

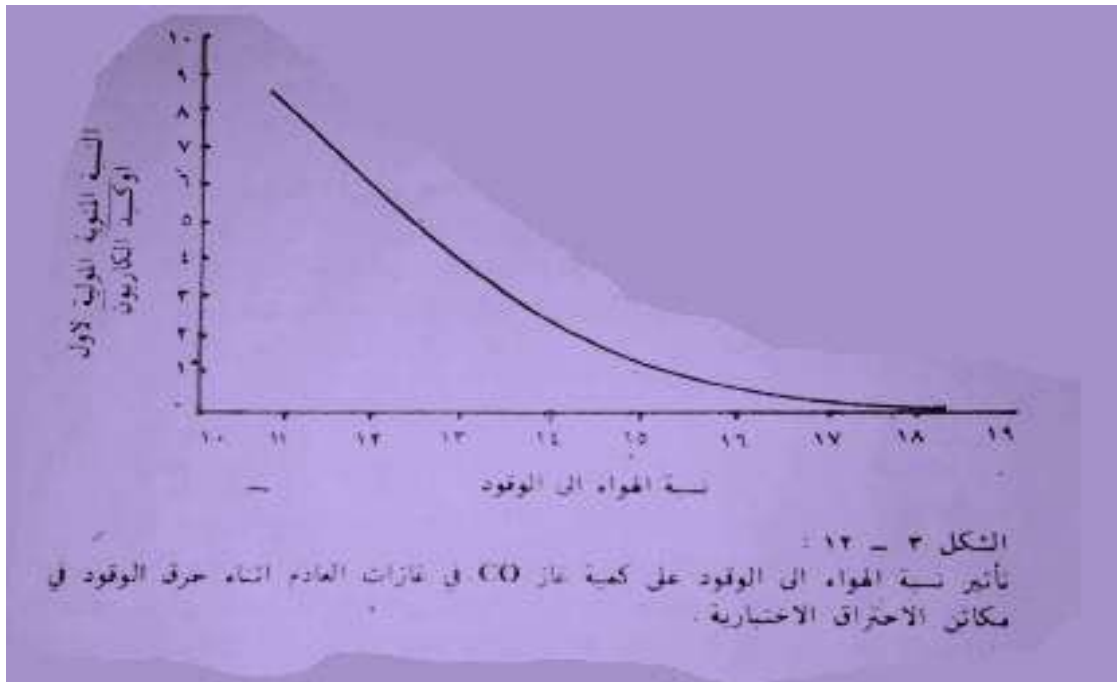
أ- الحرق غير الكامل للمواد العضوية الوقود العضوي

بسبب احتواء الوقود العضوي على مكونات أخرى إضافة إلى الكربون فإن احتراق هذا الوقود لا يؤدي إلى تكوين غاز ثاني أكسيد الكربون (CO) فقط ولكن تحدث تفاعلات عديدة جانبية مع الأوكسجين تعرقل الاحتراق التام والمباشر ولا يتحول جميع الكربون نتيجة لذلك إلى CO₂ وعلى الرغم من تعقيد بعض هذه التفاعلات يمكن تبسيط تفاعل الاحتراق (Combustion)



أن سرعة التفاعل (I) حوالي عشر مرات أكبر من سرعة التفاعل (II) وبكلمة أخرى فإن غاز CO هو مركب وسطي (Intermediate) في التفاعلات المذكورة في اعلاه ، ويمكن أن يظهر بعضه في الناتج إذا كانت كمية الأوكسجين (O₂) غير كافية لا تمام تفاعل الاحتراق ، أو في حالة عدم الامتزاج التام للأوكسجين (الهواء) مع الوقود بسبب خلل ما في تصميم الخارقة. تؤدي عدم كفاءة المزج هذه إلى حدوث عجز (deficiency) في توفر الأوكسجين الكافي في نقاط معينة في أثناء الاحتراق لمزيج الهواء والوقود (Air - fuel mixture) وتؤدي بذلك إلى تكوين غاز CO.

يبين الشكل 3-12 العلاقة الواضحة بين نسبة الهواء إلى الوقود من جهة ونسبة تكوين غاز CO من الجهة الأخرى وكما توضحه نتائج الحرق في مكائن الاحتراق الداخلي الاختبارية (Test engines).



ب - تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون والوقود العضوي في درجات الحرارة العالية:

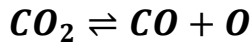
في هذه الطريقة يتفاعل ناتج الاحتراق النهائي (CO_2) مع جزء من الوقود غير المحترق في أثناء استمرار الاحتراق وعند الوصول الى درجات حرارية عالية وكما يأتي:



يحدث هذا التفاعل في العديد من العمليات الصناعية خاصة تلك المتعلقة خامات المعادن وتحرير هذه المعادن (Blast Furnace) تكون هناك فائدة كبيرة غاز CO في افران هذه العمليات بسبب قيام هذا الغاز بدور مفيد في اختزال اوكسيد الحديد مثلاً انتاج معدن الحديد ولكن في معظم الحالات لا يمكن أحكام السيطرة على غاز CO و تنتسرب نسبة منه الى الجو وتلوثه.

(أ). الحل الحراري لغاز ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العالية.

يتفكك ناتج الاحتراق النهائي (غاز CO_2) في درجات الحرارة العالية الى غاز CO والاكسجين الذري (O) وظهرت الدراسات ان كلا من غازي CO_2 و CO يوجدان بحالة توازن في درجات الحرارة العالية وكما يأتي:



وكما ارتفعت درجة الحرارة تتكون نسبة أعلى من غاز CO فمثلا عند درجة 1745 م° تتفكك نسبة 1% من غاز C في حين تتفكك نسبة 5% عند درجة حرارة 1920م°. اذا حدث تبريد مفاجئ لمزيج هذه الغازات ، فإن نسبة لا باس بها من غاز CO ستثبت بهذه الحالة لوقت طويل لأن حدوث توازن جديد يتطلب وقتا طويلا في درجات الحرارة الواطئة .

IV. تركيز وتوزيع غاز أول أكسيد الكربون في استواء المدن المزدحمة:

أظهرت جميع الدراسات وفي مختلف انحاء العالم أن المصدر الرئيسي لغاز اول اوكسيد الكربون في اجواء المدن المزدحمة بالسكان في وسائل النقل المميزة بواسطة مكائن الاحتراق الداخلي وهذا ما تثبته بوضوح الدراسة التي أجراها الباحثون في وزارة المائة والثقافة والشؤون الاجتماعية الامريكية وقد تبين أن هناك علاقة مباشرة لتركيز غاز له في الجو مع عدد السيارات في الشارع ومنتدب ساعات النهار وتظهر هذه العلاقة بوضوح في الشكل 3- 12 المذكور في أدناه.

يتوقف تركيز CO في أي موقع في المدينة على المسرع الاتية :

- سرعة تولده وقذفه الى الجو .

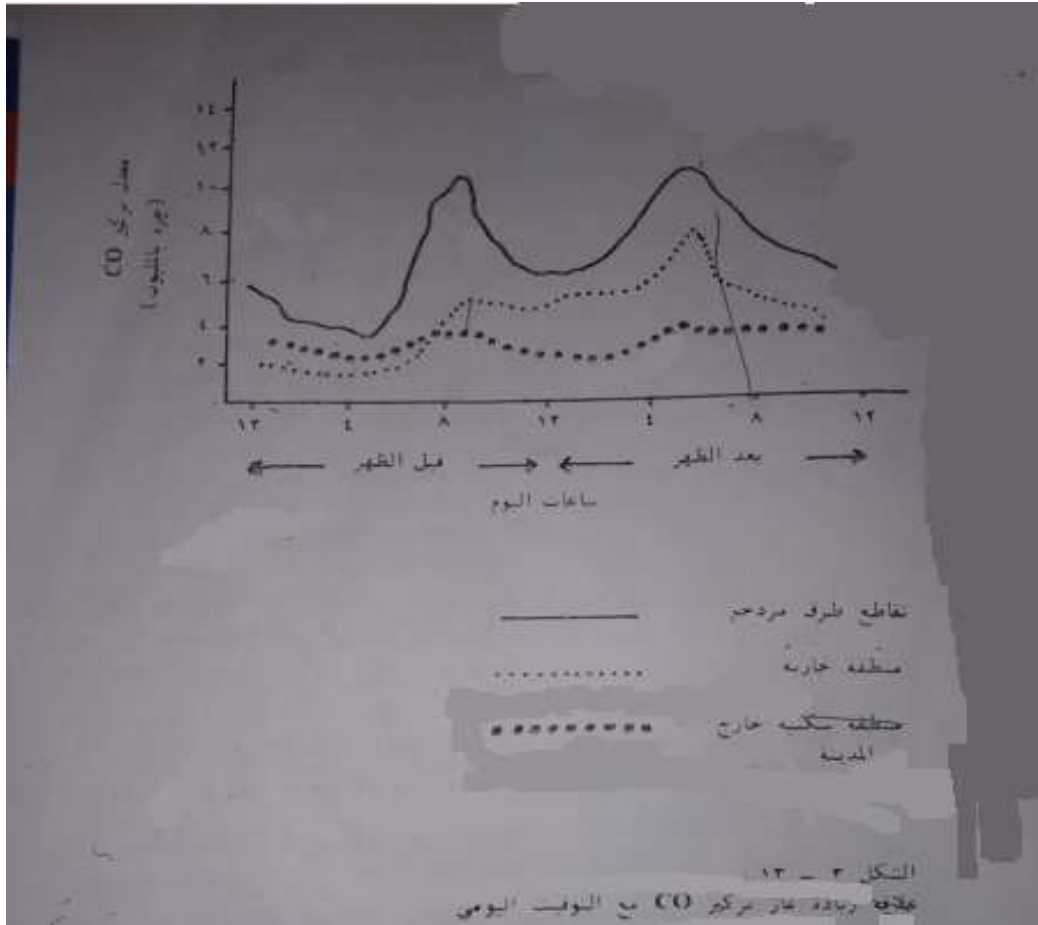
- سرعة انتشاره في اسمو

- سرعة ازالته من الجو .

تتم ازالة CO من الجو بإحدى الطرق الطبيعية التي ستناقش بعد قليل وعموما فان هذه الطرق

تحدث بسرع بطيئة وعليه فان السرعتين الأولى والثانية هي التي

الشكل ٣- ١٣ : علاقة زيادة غاز تركيز (CO) مع التوقيت اليومي



تحدد تركيز هذا الملوث في الجو. وتعتمد سرعة الانتشار على العوامل الجوية المتمثلة بسرعة الرياح واتجاهه والدوامات الهوائية والتعبير في الضغط الجوي وفي أسوأ الأوضاع حدوث ظاهرة المدرج الحراري المقلوب . عند قياس تراكيز حقيقية الغاز (CO) في مواقع مخملية في احدى المدن الأمريكية المزدحمة تم الحصول على النتائج المدونة في الجدول 3-1 في أدناه.

الجدول (٣ - ١) معدل تركيز غاز CO لمدة 8 ساعات في مواقع مختلفة في مدينة مزدحمة

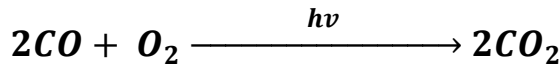
الموقع	التركيز (جزء بالمليون)
١ - داخل السيارة في شوارع مزدحمة بالسيارات في مركز المدينة	70
٢ - داخل السيارة في شوارع على أطراف المدينة	50
٣ - الاسواق التجارية	17
4- الاحياء السكنية	12
5- المتنزهات خارج المدينة والبعيدة عنها	1.0 - 0.025

قد لا يحس الشخص العادي بالتراكيز العالية في الموقعين الاول والثاني ولكن يتعرض لها وتكون مؤذية بالنسبة الى شرطة المرور وسواق سيارات الأجرة نظر لفترات تعرضهم الطويلة الى هذه التراكيز العالية.

I. مصير غاز اول اوكسيد الكربون في الجو :

تظهر الحسابات أن تركيز غاز CO في الجو كان يفترض انه تضاعف مرات عديدة منذ بداية القرن الحالي ولحد الآن لولا وجود طريق طبيعي لإزالته و تحريفه من الغلاف الجوي المحيط بالأرض . افترض البعض تسر به خارج المحال الجوي الارضي عن طريق القطب الجنوبي ولكن تبين في بعد خطأ هذا الافتراض.

يتفاعل غاز CO مع الاوكسجين بوجود ضوء الشمس (اي خلال النهار) وكم في المعادلة الاتية:



(ضوء الشمس)

ولكن هذا التفاعل لا يستهلك اكثر من 0.1 % (أي واحد في الألف) من تركيز CO الموجود في الجو لكل ساعة من ضوء الشمس.

بينت القياسات الدقيقة ان المحيطات تنتج غاز CO اكثر بكثير مما تمتصه منه كما بينت ايضا ان الاشجار والنباتات العالية ليس لها دور في ازالة هذه الغاز من الجو.

ظهرت بوادر الحل من خلال البحوث التي أجريت خلال السبعينات من هذا القرن وقد أظهرت نتائجها أن ازالة غاز CO تتم عن طريق انواع معينة من التربة الطبيعية الموجودة على سطح الارض كما توضحت مميزات هذه الطريقة الطبيعية والتي أهمها ما يأتي:

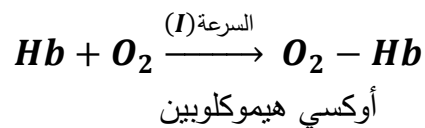
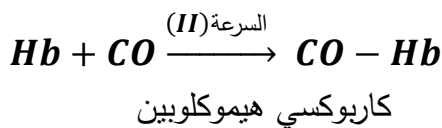
- 1- تتم الازالة بطريقة بايولوجية وقد تم تشخيص اربعة عشر نوعا فعالا من الخمائر (**fungi**) الموجودة في التربة والتي بإمكانها امتصاص CO من الجو.
- 2- ان ميكانيكية التفاعل تتم بتحويل غاز (CO) الى غاز (CO₂) والاستفادة من الغاز الأخير في عملية التركيب الضوئي او تحريره الى الجو خلال الليل . وتم التثبت من هذه الميكانيكية بواسطة الوشم الاشعاعي (**Radio Active Labling**) مثلاً:

$$CO^{18} \rightarrow CO_2^{18}$$
- 3- ان فعالية الترب الطبيعية في الأحراش في امتصاص CO من الجو اعلى بكثير من فعالية الترب المزروعة والمستعلة من قبل الانسان.
- 4- ان فعالية التربة في المناطق الاستوائية اعلى منها في المناطق الأخرى ا واطأها في المناطق الصحراوية والجافة.
- 5- تعتمد سرعة ازالة غاز CO من الجو على درجة الحرارة بالإضافة الى اعتمادها على نوع التربة.

II. تأثير غاز أول أكسيد الكربون على الانسان

يؤدي التعرض الى تراكيز عالية من اول اوكسيد الكربون وبما يزيد على ١٠٠ جزء بالمليون الى الموت الا ان تركيز هذا الغاز حتى في المدن المزدهمة بوسائط النقل لا زال يقل نوعا ما عن هذا التركيز. ومع ذلك فإن هذا المر تأثيرات خطيرة على الانسان حتى في تراكيزه الواطئة. يتفاعل غاز CO مع الهيموكلوبين (**Hb**) في الدم ويسبب عرقلة كبيرة (وقد تكون مميتة) للوظيفة الرئيسة للهيموكلوبين في نقل الاوكسجين من الرئة والي الدماغ وبقية أجزاء الجسم واعادة غار ثاني اوكسيد الكربون (CO) من الخلايا بواسطة الهيموكلوبين أيضاً الى الرئة ليتم التخلص منه. ويبين المخطط المذكور أدناه والتفاعلات الحاصلة كيفية تداخل غاز CO في هذه العملية الطبيعية

يتفاعل غاز CO مع الهيموكلوبين لتكوين بعقد الكربوكسي هيموكلوبين وإن :



ملاحظة/ السرعة (II) 200 مرة من السرعة (I)

وعليه فإن وجود كمية قليلة من غاز CO مع الهواء المستنشق يؤدي الى اتحاده بسرعة مع الهيموكلوبين مقارنة بالأوكسجين.

عند تعرض الشخص الى تركيز معين من غاز (CO) في الهواء يتكون المعقد CO - Hb في دمه الى ان يصل الى حد التوازن (أي ان تفاعل على تكوين هذا المعقد هو تفاعل عكسي) ويبقى تركيز CO-Hb في الدم ثابتاً ما لم يتغير تركيز غار (CO) في المحيط . وتؤدي الفعاليات الحيوية في الجسم الأعتيادي الى تكوين تركيز معين بقدر 0.5% من المعقد CO-Hb ولفرض حساب النسبة المئوية في حالة التوازن في دم شخص دائم التعرض الى تركيز من غاز CO يقل عن 100 جزء بالمليون يمكن تحقيق ذلك باستعمال المعادلة الآتية :

$$0.5 + [CO] \times 0.16 = \%CO - Hb$$

[CO] = تركيز غاز CO مقاسة بالجزء بالمليون

0.5 = النسبة المئوية الطبيعية المعقد CO-Hb في دم الانسان البالغ.

ويبين الجدول 3-7 تراكيز CO-Hb في الدم عند تغيير تركيز CO في الجو باستعمال المعادلة في اعلاه.

تركيز المعقد CO-Hb في الدم عند التوازن	تركيز CO في الجو (جزء بالمليون)
2.1	10
3.7	20
5.3	30
8.5	50
11.7	70

اما في الجدول 3 - 8 فتعطى العلاقة بين تركيز CO في الدم معبرا عنه بالنسبة المئوية لتركيز المعقد CO-Hb وتأثيرات ذلك على الإنسان .

الجدول 2 - 8 التأثيرات الصحية وعلاقتها بتركيز CO-Hb في الدم

تركيز CO-Hb (%)	التأثيرات
أقل من 1.0	لا توجد تأثيرات واضحة
1.0 - 2.0	تأثيرات على التصرفات و فقدان جزئي للتوازن
2.0 - 5.0	تأثيرات على الجدار العصبي المركزي وتشويش في وظائف العين (الرؤية) وبعض الحركات اللاإرادية.
5.0 - 10.0	عدم انتظام دقات القلب وعدم تنظيم في وظائف الرئة والتنفس
10.0 - 80.0	صداع ، تعب شديد ، دوخة ، أغماء ، توقف التنفس ثم الموت.

لا بد لنا ونحن نتكلم عن تأثيرات غاز CO على الانسان من المدخنين وتعرضهم الى هذا الغاز، وبهذا الخصوص فان تركيز المعقد CO-Hb دمهم هو اكثر من ضعفين الى اربعة اضعاف التركيز في دم الانسان الاعتيادي من غير المدخنين.

العوامل الرئيسية التي ترفع تركيز المعقد العوامل CO-Hb في الدم هي بالتدخين بالدرجة الرئيسية ثم وظيفة الشخص كان يكون شرطي مرور او سائق سيارة في مدينة مزدحمة بالسيارات، اضافة الى ذلك العوامل الجوية ، خاصة و الهواء و حدوث التدرج الحراري المقلوب. اما نحن في العراق وبسبب الاعتماد الكبير في التدفئة المنزلية على المدفآت الكيروسينية (حرق النفط الابيض) فقد تعرض الى تراكيز غير مقبولة من غاز CO ما لم تراعى بعض شروط التهوية و مراقبة عمل المدفأة والتأكد من احتراقها الجيد.

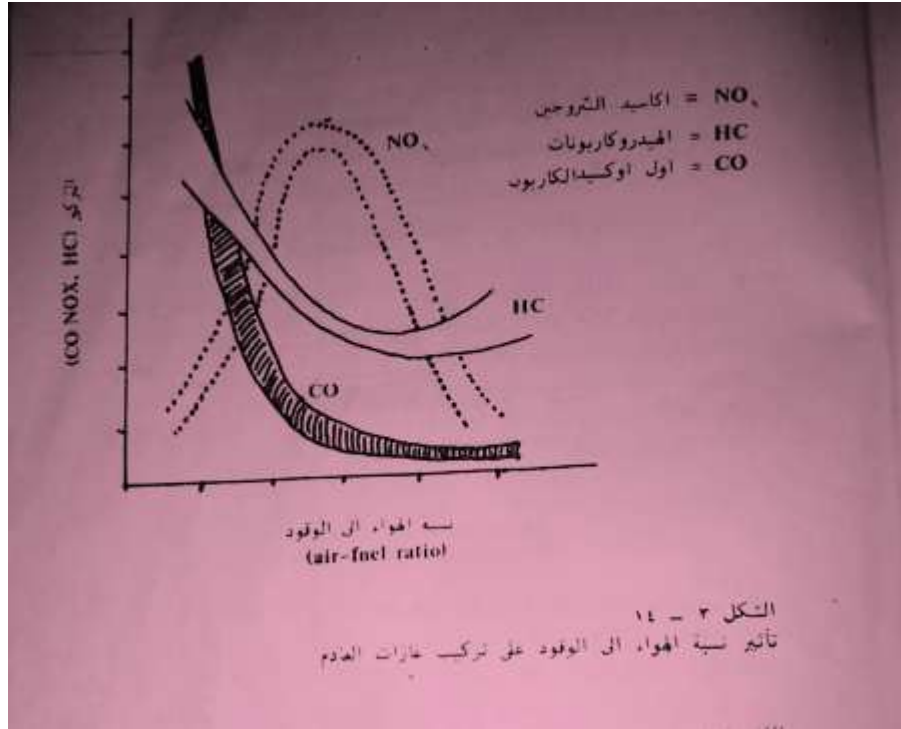
من الناحية الاخرى فان لون الشخص (أبيض ، أسود، أصفر ...) وجنسه CO - Hb (ذكر أم أنثى) والعمر والوزن لا يوجد تأثير لها في زيادة أو نقصان تركيز CO - Hb في الجسم.

III. السيطرة على التلوث بغاز اول اوكسيد الكربون:

سنأخذ في مناقشتنا لهذا الموضوع الاهتمامات الأمريكية فيه نظرا لان الدراسات قد قطعت شوطا جيدا هناك ، ولأن هذا البلد يمثل الحضارة الحالية خير تمثيل والتي من اهم سماتها الرخاء المادي وتحقيق رغبات الانسان المادية بدون اهتمام كاف بالطبيعة ومقومات الحياة الاخرى الا بعد فوات الأوان. ونحن إن لم نتعظ بما حدث ويحدث هناك فسيكون مصيرنا نفس مصيرهم او اتعس من ذلك نظرا لعدم نضوج القاعدة التكنولوجية لدينا مقارنة به.

اما ان تُلثي اول اوكسيد الكربون ينتج من السيارات في الولايات المتحدة فقد تركز الاهتمام على السيطرة على هذا المصدر الرئيس لهذا الغاز. وجاءت محاولات السيطرة على غاز CO الناتج من عوادم السيارات بعض المصاعب لا محاولة تقليل غاز CO بواسطة ضخ كفاية من الأوكسجين(الهواء) لإكمال الاحتراق و انتاج غاز CO قد عمل على زيادة تركيز ملوثات اخرى ناتجة من العادم مثل أكاسيد النتروجين (NO_x) وتنتج هذه العلاقة المتضادة من الشكل

3-14.



الشكل 3 - 14 تأثير نسبة الهواء إلى الوقود على تركيب غازات العادم

لابد ان نذكر بخصوص السيطرة على غاز CO انه لم يحدث اي اهتمام بالموضوع الا بعد صدور تشريعات حكومية صارمة الي مصنع السيارات لأجراء التحويلات اللازمة للحد من قذف هذا الغاز الى الجو من عوادم السيارات وهناك اربعة اتجاهات لتحقيق هذا الهدف وكما يأتي :

1- تطوير ماكنة السيارة. وقد حدثت فعلا بعض التطورات في حيز الاحتراق في الماكنة وتحويلات في الكاربوريتر . واهم التطويرات في هذا المجال يؤمل أن تحدث في اليابان وليس في الولايات المتحدة. ولكن بصورة عامة لازالت النجاحات محدودة في هذا المجال.

2- تطوير مفاعلات صغيرة تربط مع العادم لإكمال الاحتراق وتحويل غاز CO الي غاز CO₂ لقد تم فعلاً بتطوير مفاعلات حرارية (Thermal) وأخرى حفازية (Catalytic) وقد طورت هذه المفاعلات منذ عام 1975 واستعمل في الحفازية منها حفاز يترتب من احد المعادن النبيلة (غير الفعالة) ويبين المخطط عمل هذه المفاعلات (الشكل 3-15).



الشكل 2 - 15 مفاعلات ما بعد الحرق (After Burners)

يجب الانتباه في حالة المفاعل الحفازي الى استعمال كازولين غير مرصص (لا يحوي على رصاص الذي يضاف عادة كرايع اثيلات الرصاص لتقليل الفرقة) لان الرصاص يتفاعل مع المعدن النبيل ويتلفه. كما أن اضافة رابع اثيلات الرصاص تطلب اضافة ثنائي بروميد الأيثيلين ($C_2H_4Br_2$) للتفاعل مع الرصاص. وهذا البروميد يكون له تأثير على المعدن السبيل دي اكثر من الرصاص . ان اهم المعادن النبيلة في هذا النوع من الاستعمال هو البلاتين (Pt) والبلاديوم (Pd) هناك تخوف من تسرب هذين المعدنين الى البيئة. ولا يعد هذان المعدنان ملوثين في حالتها المعدنية . ولكن املاح البلاتين سامة وملوثة ولا تتوفر معلومات كافية عكس سمية املاح البلاديوم.

تسمى هذه المفاعلات أحياناً مفاعلات وبعد الأحتراق (After Burners) ومن الفوائد الإضافية لها (عدا التخلص من غاز CO) أنها تؤدي الى احتراق جميع المواد في غازات العادم والتي لم يكمل أحتراقها في مكابس الماكنة (Engine Pistons) و من اهم هذه المواد المركبات الاروماتية متعددة الحلقة (Polynuclear aromatics) مثل البانزين والبنزوبايرن المسببة للسرطان.

3 - تطوير وقود جديد للسيارات لا يسبب تلوثاً للجو: هناك تجارب على استعمال العديد من المواد الوقودية مثل غاز الهيدروجين وعاز الميثان والكحول المثيلي او مزيج من الكازولين والكحول الإيثيلي، وقد تم فعلاً تصميم سيارات تعمل على هذه الأنواع من الوقود والتي تؤدي فعلاً

الى تقليل التلوث من غازات العادم بنسبة كبيرة . من الأمثلة العديدة في هذا المجال تسجيل براءة اختراع في مزيج وقودي غير مرصرص لا يؤدي الى تلويث كبير للجو هو:

كازولين عادي (72 %) + كحول (25%) من نوع البيوتيل الثالثي + ماء (3 %)

4 - تطوير مكائن جديدة لتسيير السيارات لا تعتمد على حرق الوقود الهيدروكربوني (الكازولين) مثل السيارات الكهربائية ، وماكنة توربينية بخارية ، وماكنة توربينية (غازية) وقد تم فعلا انتاج مثل هذه السيارات ولكنها لا زالت لا تلقى رواجاً كبيراً لدى الناس ، وسوف يكون لتطوير السيارة الكهربائية التي يمكن شحن بطارياتها بالطاقة الشمسية صدى . كبير ومردود ايجابي هائل على بقاء الهواء نظيفة والبيئة بأمان من السموم المدمرة التي تنقلها عوادم السيارات

المحاضرة الرابعة

غاز ثاني أوكسيد SO_2

إن غاز ثاني أوكسيد الكبريت مخدش قوي لعموم الأغشية المخاطية في الجسم والتي تتعرض الى التلامس ماله وعند زيادة تركيزه في الهواء سكن حد معين يشكل خطرا كبيرا على الصحة خاصة بالنسبة للأشخاص الذين لدي مس كل في جهاز التنفس يتكون هذا الغاز من حرق الوقود الحاوي على كبريت خاصه النعم الحجري أو مشتقات النفط مثل النفط الابيض (الكيروسين) المستعمل في التدفئة المنزلية والوقود المستعمل في محطات توليد الطاقة الكهربائية تساهم الصناعات المتعلقة بالنفط والتعدين بدرجة ملحوظة في التلوث بغاز ثاني أوكسيد الكبريت، وتقدر كمية هذا الغاز التي تطرح الى الهواء في السنة في الولايات النجدة وحدها بثلاثة وثلاثين (33) مليون طن في السنة (حسب تقديرات عام 1970) و في عدد من البلدان الاوربية، مثل النرويج وفرنسا والمملكة المتحدة فهي تنتج 0.16 ، 2.2 و 6.4 مليون طن في السنة من غاز SO_2 على التوالي. ان مساحات هذه الدول اصغر بكثير من مساحة الولايات المتحدة ، ولذا فان درجة التلوث بغاز SO_2 تكون أعلى مما هي عليه في الولايات المتحدة. تقدر الكمية الكلية (حسب تقديرات عام 1970) من غاز SO_2 التي تقذف الى الهواء في كافة انحاء العالم بـ 146 مليون طن في السنة وقد قدر أن 70% من هذا الرقم يأتي من حرق الفحم الحجري. و 11% منه يأتي من حرق الوقود البترولي . وما تبقى يتسبب من عمليات التعدين وعمليات تكرير النفط.

يسبب غاز ثاني اوكسيد الكبريت تخديشا قويا للجهاز التنفسي عند استنشاق الهواء الملوث به. ويؤدي الى تخريبات في الانسجة الرئوية ، ويزيد من احتمالات امراض الجهاز التنفسي الاخرى. يمكن للإنسان أن يتذوق الطعم الحامض لهذا الغاز عند زيادة تركيز عن 0.3 جزء بالمليون وله رائحة كربية يمكن الاحساس بها عند زيادة التركيز عن 0.5 جزء بالمليون.

يلاحظ في بعض الدول المتقدمة التي لديها تلوث هوائي ملحوظ أنها لجأت أخيرا الى ايجاد معامل معين يطلق عليه معامل التلوث الهوائي (**Air pollution Index1**) ويعطي هذا المعامل فكرة عن تركيز الملوثات الهوائية الاساسية التي لها علاقة مباشرة بالتأثيرات الصينية على الانسان ، خاصة أن عددا من الملوثات يساعد بعضها بعضاً من خلال تأثيراتها التراكمية - أي أن تأثير احد الملوثات يتضاعف عدة مرات عند وجود ملوث اخر معه - من أشم الملونات

التي تدخل في هذا العامل هز غاز ثاني أكسيد الكبريت ، وإن معامل التلوث الهوائي يذاع يوميا مع النشرة الجوية لتحذير الناس المتوقع توجههم الى المناطق الملوثة.

تنتج الصناعات التعدينية كميات كبيرة س غاز SO_2 ؛ لأن عددا كبيرا من المعادن توجد في الطبيعة متحدة مع الكبريت بشكل كبريتيدات وان عمليات استعمال المعدن تؤدي الى تسرب كميات ملحوظة من غاز SO_2 .

تزداد شدة الأذى بهذا الغاز في المناطق التي توجد فيها كميات كبيرة من الغبار ، خاصة الصناعي منه.

لقد درست تأثيرات التعرض الى تراكيز مختلفة من غاز ثاني أكسيد الكبريت من قبل عدة جهات صحية عالمية ، ويلخص الشكل 3-9 النتائج المختلفة المستحصلة من التعرض الى التركيز وزمن التعرض لها . ويظهر هذا الشكل العلاقة المباشرة بين ترددي الحالة الصحية للإنسان وزمن التعرض الى هذا الملوث الغازي الخطير.



الشكل 3-1 المخاطر الصحية من جراء التعرض إلى التلوث بغاز SO_2 .

يقدر بقاء غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء بفترة زمنية تتراوح بين 2 الى 4 أيام ويمكن من الغاز خلال هذه المدة الانتقال الى مسافة 1000 كيلو متر تقريباً قبل نزوله بطريقة أو بأخرى الى سطح الأرض، وعليه فان تأثيرات هذا الغاز وما يمكن أن تنتجه من حوامض (H_2SO_3) وحتى (H_2SO_4) من خلال تأكسده في الجو يمكن أن تنتقل الى مسافات بعيدة جدا عن مصدر

تكونها ، وبكلمة أخرى فقد نشأت في عصرنا الحالي مشكلة تصدير التلوث من بلد إلى آخر ، وهذا السبب دعا منظمة الأمم المتحدة للتدخل ، وكان ذلك في مؤتمر ستوكهولم عام 1972 كما بينا ذلك سابقا .

يرمز الى أكاسيد الكبريت من وجهة نظر كيمياء تلوث البيئة بـ SO_2 ويشمل هذا الرمز العام في الحقيقة 98-99% غاز SO_2 و 1-2% غاز SO_2 وفيما يأتي بعض الصفات الأساسية لهذين الغازين.

غاز SO_2 :

عديم اللون ، غير قابل للاشتعال ، درجة غليانه -10م، درجة انصهاره -75.5 م وله رائحة مخدشة عند تركيز 0.3 جزء بالمليون.

غاز SO_3 :

عديم اللون ، يتكثف عند درجة 448 م، فعال جدا ويتحد مع الماء مباشرة التكوين حامض الكبريتيك ولهذا السبب لا يوجد بتراكيز عالية في الجو.

I. مصادر أكاسيد الكبريت

ذكرنا في بداية الكلام عن غاز ثاني أكسيد الكبريت ان تقديرات تكونه من فعاليات الانسان وعلى مستوى العالم اجمع هي 141 مليون طن في السنة ، ولكن هناك مصدرا آخر غير مباشر لتكون هذا الغاز تسهم الطبيعة نفسها به ولا دخل للإنسان الا بجزء يسير فيه وهذا المصدر هو تأكسد غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) في الجو الي غاز SO_2 وكما سنوضحه في ادناه ولكن قبل ذلك نبين أهم المصادر الطبيعية والصناعية لغاز H_2S وتقدير كمياتها ملايين الأطنان:

- 1- من تفسخ المواد العضوية في المحيطات وعلى اليابسة وتقدر الكمية ما يقرب من 18 مليون طن في السنة.

- 2- من انفجار البراكين على اليابسة وفي المحيطات وما تؤديه من تسرب لهذا الغاز من المكامن النفطية والغازية والمصادر الجيولوجية الاخرى مثل المياه الكبريتية وتقدر الكمية بحوالي مليوني طن في السنة.

- 3- من فعاليات الانسان والعمليات الصناعية المختلفة وتقدر الكمية بثلاثة ملايين طن في السنة . وعند اكسدة 103 مليون طن في السنة من غاز H_2S ينتج 193 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكبريت . وفي هذا الخصوص لم يكن يعرف شيء عن مصير غاز H_2S في الطبيعة حتى عام 1960 ما عدا أن قسما منه يتحول الى كبريتات . اما في الوقت الحاضر

فقد أثبتت الدراسات حدوث تفاعل نشط بين غاز H_2S وغاز الأوزون، خاصة بعد زيادة تراكيز الغاز الأخير من جراء فعاليات الانسان بالإضافة الى كونه من المكونات الطبيعية للغلاف الجوي وهذا التفاعل كما هو متوقع يؤدي الى أكسدة غاز H_2S الى SO_2 وكما في



(أو حامض الكبريتوز)

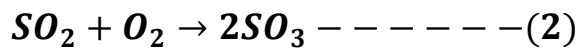
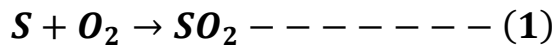
وعليه فان 44.8% من غاز SO_2 يتكون من جراء فعاليات الانسان و 55.2% من هذا الغاز تسهم الطبيعة بإضافته الى الجو. عند اجراء حسابات دقيقة من قبل الهيئات العالمية 3-4 وان أهم ملاحظة من هذا الجدول ان وسائط النقل التي تعد المصدر الأول لمعظم ملوثات الهواء لا تسهم الا بجزء يسير من العملية ضخ غاز SO_2 الى الجو.

الجدول 3 - 4 مصادر أكاسيد الكبريت في الولايات المتحدة عام 1970

المصدر	مليون طن في السنة	النسبة المئوية
وسائط النقل	1.0	2.9
حرق الوقود في المصانع	26.5	78.2
- الفحم الحجري	22.2	
- زيت الوقود	4.2	
- الخشب	0.1	
الطرق الصناعية	6.0	17.7
تسخن الفضلات الصلبة	0.1	0.3
مصادر اخرى	0.3	0.9
المجموع	33.9	100

II. كيمياء تكوين أكاسيد الكبريت :

تتكون أكاسيد الكبريت من حرق الوقود الذي يحوي على كبريت في تركيبه الكيمياوي وتؤدي عملية الحرق الى تكوين غاز SO_2 بالدرجة - الرئيسية ولا يتكون غاز SO_3 الا بنسب تتراوح بين 1% الى 10% فقط اعتمادا على ظروف الحرق وطبيعة الوقود وتبين المعادلتان في ادناه تكون اوكسيدي الكبريت :



لا يحدث التفاعل (II) الا بنسبة منخفضة للأسباب الاتية :

1. الثبوتية الضعيفة لغاز SO_3 في درجات الحرارة العالية والتي تحدث عادة عند حرق الوقود ، ولذا يتفكك SO_3 الى SO_2 بسرعة عند درجة حرارة | 1200 م.
2. تكون سرعة التفاعل بطيئة جدا في درجات الحرارة المنخفضة.
3. يعمل وجود بعض المعادن وأكاسيدها في رماد الاحتراق كحفاز (Catalyst) لتفكك SO_3 الى SO_2 .

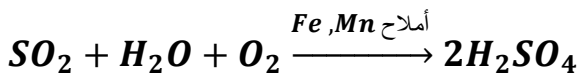
III. مصير أكاسيد الكبريت في الجو :

أظهرت الدراسات الحديثة أن جزءاً كبيراً من غاز SO_2 يتحول الى SO_3 وهذا الأخير يمتص بسرعة من قبل بخار الماء في الجو مكون حامض الكبريتيك الذي ينزل مع المطر (حامضي) أو بتفاعل مع غاز الأمونيا في الجو مكونا كبريتات الأمونيوم التي تنزل مع المطر ايضاً ويؤدي كل من حامض الكبريتيك وكبريتات الأمونيوم الي تخريبات بيئية وتأثيرات صحية عديدة بعد نزولها مع الامطار .

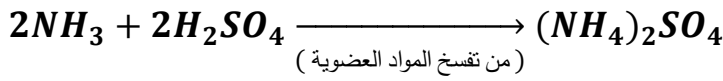
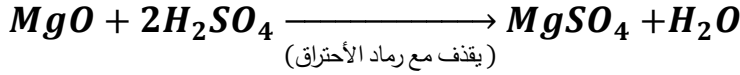
ان تحويل SO_2 يتحول الى SO_3 يتطلب أياماً عديدة للحصول على نسبة ملحوظة من التحويل من وجهة النظر الكيمياءوية الكلاسيكية العادية ولكن الدراسات الحديثة أظهرت أن تحويل ملحوظا يتم في ساعات قليلة وذلك عن طريق تفاعلات حفرة (CatalySed) وعن طريق تفاعلات ضوئية وكما موضح في ادناه .

أ. الأكسدة المحفزة (Catalytic Oxidation):-

العوامل الرئيسية لحدوث هذه الأكسدة هي وجود املاح الحديد والمنغنيز في الرماد الناتج من حرق الوقود الثقيل (وخاصة عند حرق الفحم الحجري) وتتطاير دقائق هذه الاملاح مع غازات الاحتراق الحارة. وتعمل هذه الدقائق على أن تكون مركزا لتجمع قطرات المطر عليه وعند نمو هذه القطرات يذوب فيها معظم غاز SO_2 الناتج من الاحتراق (1-2% عادة) ويتكون نتيجة لذلك حامض الكبريتيك المحمول على قطرات المطر، وهذه الخطوة الاخيرة تؤدي الى اذابة كميات كبيرة من غاز SO_2 (الناتج الرئيس من اكاسيد الكبريت في غازات الاحتراق) اضافة الى ان المحيط الحامض المتكون يذيب كميات عالية من غاز الاوكسجين الجوي ، وبوجود الحفاز المذكور في أعلاه يحدث تفاعل نشط بين SO_2 و O_2 لتكوين SO_3 وزيادة من الحامض وحسب المعادلة الاجمالية المذكورة في ادناه:

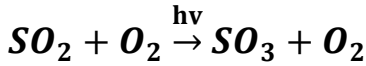


وقد بينت بعض القياسات الدقيقة في المناطق الصناعية الملوثة بدرجة عالية احتواء قطرات المطر على تركيز من حامض الكبريتيك يقرب من 1 مولاري وعمد الوصول الى هذا التركيز يتوقف التفاعل تقريبا بسبب قلة ذوبان SO_2 في المحاليل الحامضية القوية الا ان وجود مواد اخري مستعدة للتفاعل مع الحامض الناتج تجعل عملية التأكسد المحفزة تستمر ومن التفاعلات المعروفة في هذا المجال. ما يأتي:



ب - الأكسدة الضوئية (Photochemical Oxidation) :

اثبتت الدراسات انخفاض تراكيز SO_2 في أجواء المدن المزدهمة ، خاصة خلال ساعات النهار مع زيادة مقابلة في تكون حامض الكبريتيك وكبريتات الأمونيوم ، وهذا يدل على دور المؤكسدات الضوئية (Photochemical oxidants) التي سيتم شرحها لاحقا في تنشيط عملية تحول SO_2 الى SO_3 بواسطة التفاعل المقترح الآتي :



وان صح هذا التفاعل فذلك يضيف الى المخاطر المحتملة التي تؤدي الى تسريع اختفاء طبقة الأوزون في منطقة الستراتوسفير من الغلاف الجوي والتي تحمي سط الارض من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس (سيتم شرح ذلك لاحقا).

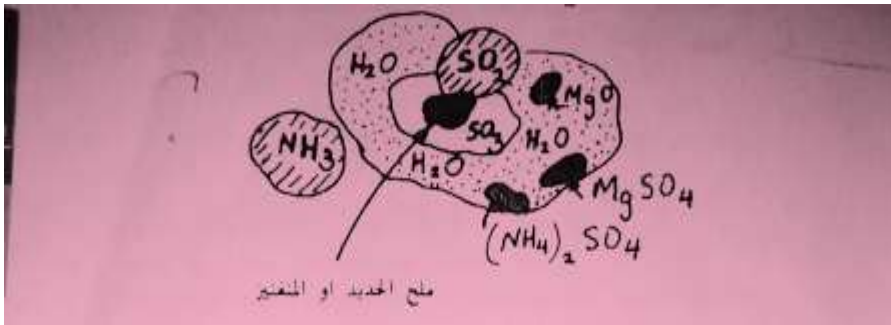
المحاضرة الخامسة

III. تأثير اكاسيد الكبريت على النباتات:

عند دراسة تعرض النباتات الى تراكيز مختلفة من أكاسيد الكبريت (SO_x) لوحظ أن التعرض الى التراكيز العالية ولفترة قصيرة يؤدي الى موت أجزاء من سطوح الأوراق وتحولها الى اللون البني الغامق. أما التعرض الى التراكيز الخفيفة ولكن لفترة طويلة فذلك يؤدي الى اصفرار وسقوط الاوراق وبمعنى آخر أن هذه الاكاسيد تسبب تخريبا لعملية التركيب الضوئي، وقد وجدت تراكيز عالية من الكبريتات على سطوح الاوراق المصابة في جميع حالات مرض النباتات في الأجواء الملوثة مثل أجواء المدن المزدهمة وبالقرب من المعامل ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وبالقرب من المناجم.

IV. التأثير على الانسان:

كنا قد بينا سابقاً آثار التعرض لفترات متباينة الى تراكيز مختلفة من ثاني اوكسيد الكبريت (راجع الشكل ٣ - ٩) وكنا قد ذكرنا أن الدراسات أظهرت أن اشد الناس تأثراً عند احتواء الهواء على غاز ثاني اوكسيد الكبريت هم اولئك الذين يشكون من متاعب في اجهزتهم التنفسية ، وبإمكان التجويف الأنفي في الانسان امتصاص 95 % من SO_2 عند احتواء الهواء على تراكيز عالية من هذا الغاز ، ولكن قابلية الامتصاص هذه تنخفض الى اقل من 50% في حالة التراكيز القليلة كما ان اضطراراً الى التنفس من خلال الفم (كما هي الحالة عادة عند المصابين بمشاكل في الجهاز التنفسي) يؤدي الى اقبال كميات كبيرة نسبيا من غاز SO_2 الى الرئة وكما هو متوقع. تزداد الآثار التخريبية لغاز SO_2 حين ترافقه مع دقائق الغيار الصناعي وفي هذا النوع من الترافق (Synergism) يتكون ما يعرف بأيروسول الكبريتات - وهي مادة خطيرة جدا ، آثارها التخريبية أكثر من أربعة أضعاف تأثيرات SO_2 لوحده. يبين الشكل 3 - 10 تمثيلاً لأحدى دقائق هذا الأيروسول.



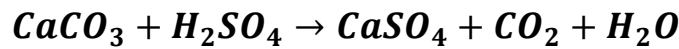
الشكل ٣ - ١٠ المكونات المحتمل تواجدها في ايروسول الكبريتات

لهذا الأيروسول القابلية على اختراق اعماق رئة الانسان ، والبقاء هناك لفترات طويلة ، وله القابلية على شل حركة الشعيرات الرئوية ، وبهذا تزداد فترة بقاء هذا الأيروسول في الرئة واحداث مزيد من التخريبات المميتة فيها. يعتقد معظم الباحثين الصحيين في الوقت الحاضر أن ايروسول الكبريتات هو اخطر الملوثات الهوائية على صحة كبار السن والمرضى من الناس. كان الاعتقاد السائد والي حد عام 1973 أن الكبريتات تتكون في الطبقات العالية من الجو بعد وصول غاز SO_2 لها عن طريق المداخن العالية ، ولكن حدث في العام نفسه أن قدمت براهين على ان تكون الكبريتات يحدث أيضا في طبقات الجو السفلى وبصورة أدق حتى في الشوارع داخل المدن نتيجة الانبعاث نسبة معينة من غاز SO_2 من احتراق الكازولين في السيارات والذي يحتوي في المادة بين 0.04% الى 0.08% كبريت وتقدر كمية الحامض المتسببة من السيارة العادية بـ 0.05% غرام لكل ميل تقطعه السيارة.

VI- تأثير أكاسيد الكبريت على المواد والممتلكات:

تتكون حوامض قوية عند ذوبان اكاسيد الكبريت في الماء (اما H_2SO_4 ومن معرفتنا لأسس الكيمياء فان هذه الحوامض تقوم بتخريبات كبيرة للمواد والممتلكات وتؤدي تأثيرات سلبية جمة أهمها:

1. التأثير على الاصباغ بصورة عامة اما بإزالتها أو تبقعها أو تغيير لونها.
2. احداث التآكل للمعادن خاصة الحديدية منها.
3. التأثير على المواد البنائية حيث أن معظمها يدخل في تكوينها مان اللايمستون (كربونات الكالسيوم $CaCO_3$) التي تتفاعل بسرعة حامض الكبريتيك.



وبذلك تحدث تخرجات وتشققات في الأبنية والهياكل.

4. التأثير على الجلود وعلى مواصفاتها وموادها الدبغية .
5. التأثير على الورق والمنتجات الورقية ، وما أكثرها في حياتنا اليومية.

VII - طرق السيطرة على مصادر التلوث بأكاسيد الكبريت:

يعد حرق الفحم الحجري المصدر الاول لأكاسيد الكبريت من بين جميع المصادر الأخرى في الولايات المتحدة الأمريكية ودول اوربا ومعظم دول العالم المتقدم . إن الحاجة ماسة في هذه البلدان الى استعمال الفحم الحجري كوقود ، ولهذا يتوجب عليهم اجراء بعض التحسينات على

مواصفات الفحم وعليهم أيضا تطوير طرق للتعامل الكلاسيكي مع الفحم الحجري أي عدم حرقه مباشرة بل تحويله الى وقود غازي ووقود سائل وقد تحققت بالفعل نجاحات ملموسة باتجاه انتاج الغازات الوقودية من الفحم (**Gassification of Coal**). اضافة الى هذه النجاحات فقد تطورت عدة طرق للسيطرة على أكاسيد الكبريت الناتجة من حرق الفحم الحجري والوقود النفطي الثقيل وقد تم اقتراح اكثر من خمسين طريقة لتحقيق ذلك ، وتطورت بعض هذه الطرق الى مرحلة التطبيق الصناعي ، ومن أهم هذه الطرق ما يأتي:

1- طريقة حقن كاربونات الكالسيوم (اللايمستون):

تعدُّ هذه الطريقة اكثر الطرق تقدما لإزالة غاز SO_2 من غازات الاحتراق (**flue gases**) وتتضمن ضخ (حقن) مطحون مادة كاربونات الكالسيوم في حارقة (**Fire Box**) تتلاقى مع غازات الاحتراق كما تضخ كمية من الهواء لإكمال التفاعل. قد لا يشترط أن تكون هناك حارقة مستقلة لهذه العملية، ومن الممكن ضخ مطحون اللايمستون في الحارقة الرئيسية نفسها في المعمل وتتم التفاعلات المبينة و ادناه والتي تؤدي الى ازالة غاز SO_2 من غازات الاحتراق:

I. تفكك اللايمستون الى اللايم وثاني اوكسيد الكاربون بالحرارة.



II. تفاعل اللايم مع SO_2 وبوجود كفاية من الاوكسجين (الهواء)



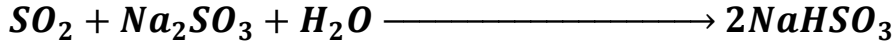
(مادة الجبسوم)

تسحب جميع الفضلات ونواتج التفاعل من الحارقة وتغمر في الماء حيث يستمر تفاعل اللايم مع SO_2 في الماء وتنتج كمية اضافية من الجبسوم (كبريتات الكالسيوم).
تعدُّ هذه الطريقة جذابة جدا بسبب قلة تكاليفها، وسهولة تطبيقها، اضافة الى ان مادة الجبسوم لا تعدُّ ملوثة ، ويمكن تصريفها بأمان الى الطبيعة . وبالإمكان بيعها الى وحدات انتاج المواد الانشائية (السمنت والحص).

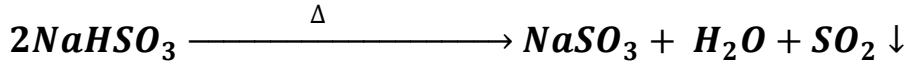
2- طريقة ويلمان - لورد (Wellman - Lord Process)

تتضمن هذه الطريقة خطوة خاصة لتركيز عازل، SO الذي يكون مخففا مع غازات الاحتراق ، ويتم ذلك من خلال امرار غازات الاحتراق في محلول مائي لمادة كبريت الصوديوم وبعد تشبع الحلول المائي وامتصاصه اكبر كمية ممكنة من غاز SO_2 يزاح الى خطوة النزح (التجريد) بالحرارة حيث يتم تفكيك مادة كبريتيت الصوديوم وتحرير غاز SO_2 بصورة شبة نقية ، ويمكن

التعامل مع هذا الغاز حسب المطلوب . فأما يتم تحويله الى حامض الكبريتيك (بطريقة التماس مثلا) أو الى كبريت عنصري بطريقة كلاوس أو تسيله وشحنه الى جهة مستعدة لثرائه .
تبيين المعادلات الكيمياوية الاتية أساس هذه الطريقة :



(محلول مائي لكبريتيت الصوديوم - وسط الامتصاص)



(غاز مركز شبه نقي)

2- طريقة ملح الصوديوم لحامض الستريك (The Sodium Citrate Process)

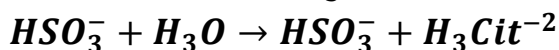
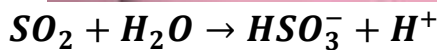
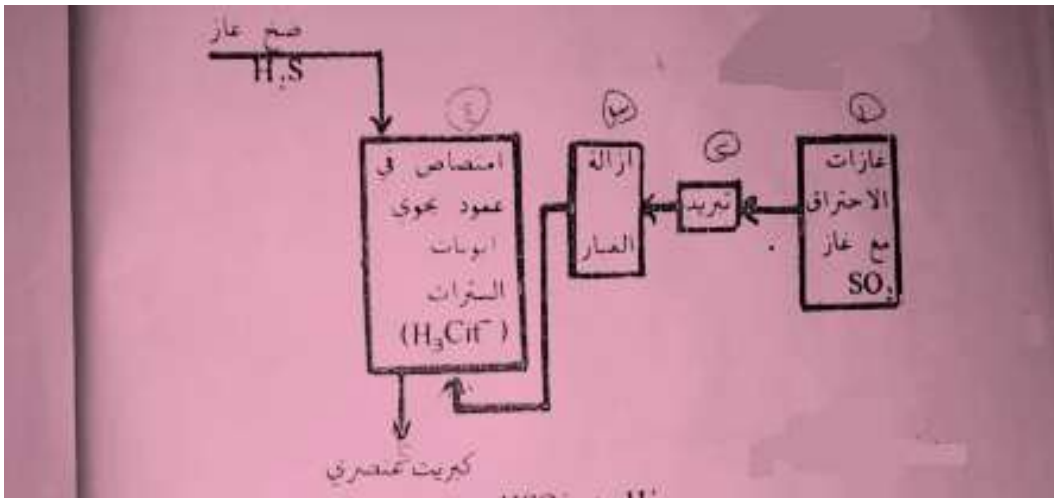
تتلخص هذه الطريقة ازالة غاز SO_2 من خلال تفاعله مع غاز H_2S لتكون كبريتاً عنصرياً .
وتتم تهيأة الظروف لهذا التفاعل بالخطوات الاتية:

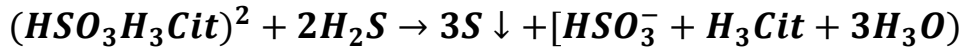
IV . تبريد غازات الاحتراق .

V . ازالة دقائق الغبار .

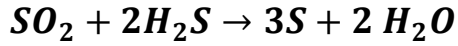
VI . من امتصاص غاز SO_2 محلول مائي لملاح الصوديوم لحامض الستريك الذي برود ابون السترات والذي يرمز له به (H_3Cit^-) والذي يكون معقداً مع ناتج اذابة SO_2 في الماء (اي ايون البيكبريتيت HSO_3^-)

VII . تفكيك المقد بصخ غاز H, S الذي يحضر بعد استمرار الطريقة (راجع المعادلات أدناه)
أو أن يستحصل من مصدر مستقل او معمل مجاور يرغب في التخلص من غاز H_2S
يوضح المخطط المبسط في أدناه الطريقة والتفاعلات الكيمياوية تضيف ايضاحاً أكثر



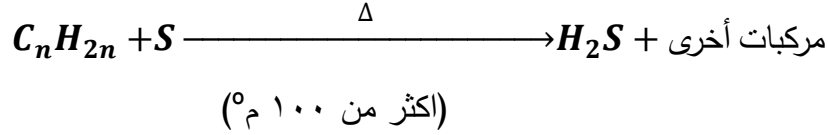


نفس محلول الأمتصاص الأصلي راسب



ملخص التفاعل

يزال معظم الكبريت عادة وإن تطلب الأمر تستعمل نسبة قليلة منه لتحضير غاز H_2S في التفاعل المذكور في ادناه :



المحاضرة السادسة

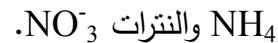
دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle

يعتبر الهواء الجوي المصدر الرئيسي للنيتروجين الغازي والذي يكون أكثر العناصر شيوعاً ضمن الغلاف الجوي حيث يشكل حوالي 78% بالحجم من الهواء المحيط بالكرة الأرضية وبذلك فإن الهواء الجوي يمثل مصدر لا ينضب من النيتروجين ولكن بصورة غير جاهزة لامتصاص من قبل النبات. وترجع أهمية النيتروجين الى أن هذا العنصر يصاحب جميع التفاعلات التي تحدث في الكائنات الحية كما ان دوره مهم للعناصر الأخرى وبالذات الفسفور والكبريت التي تكون مصاحبة للتحويلات البيوكيميائية للنيتروجين.

أن النيتروجين هو أحد المكونات الهامة لأغلفة الكرة الأرضية وهي الغلاف الصلب Lithosphere والغلاف الجوي Atmosphere والغلاف المائي Hydrosphere والغلاف الحيوي Biosphere، والشئ الملفت للنظر في نظام توزيع النيتروجين هو الاحتياطي الضخم للنيتروجين الخامل في الغلاف الصلب فكمية النيتروجين الموجودة في الصخور النارية للقشرة الأرضية تعادل خمسون ضعفاً للنيتروجين الموجود في الغلاف الجوي بينما توجد كميات صغيرة منه في الغلاف الجوي والغلاف المائي ويعتقد ان المصدر الأساسي للنيتروجين هو صخور القشرة الأرضية وباطن الأرض.

ويقسم النيتروجين الى قسمين رئيسيين هما:-

1. النيتروجين المعدني: حيث يشكل 1% من النيتروجين الكلي ويشمل أيونات الأمونيوم



2. النيتروجين العضوي: حيث يشكل 99% من النيتروجين الكلي حيث يتم معدنة 1 - 4%

منه سنوياً ليصبح صالحاً للامتصاص من قبل النبات.

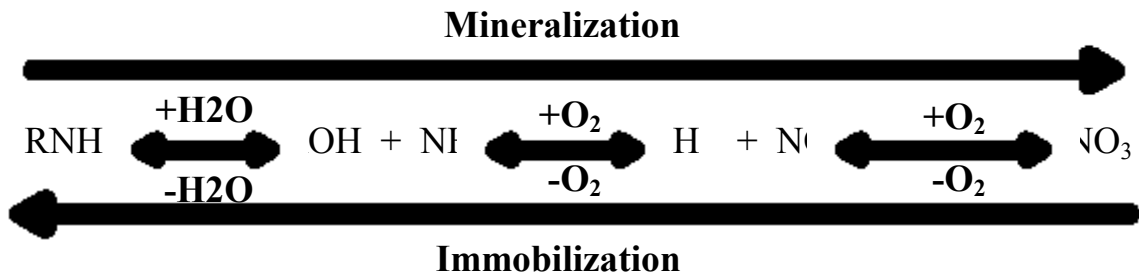
ويوجد النيتروجين في النظم المائية على صور N_2 و NH_4 و NO_2^- و NO_3^- ويمثل النيتروجين العضوي الغالبية العظمى وتعتبر صورة N_2 هي السائدة أما صور النيتروجين النشطة في الغلاف الجوي هي NH_3^+ و NO_2^- و NO_3^- ، أكثر النيتروجين العضوي N_2 لا يتأثر بالنشاط الكيميائي والبيولوجي في الماء، تمثل دورة النيتروجين التفاعلات التي تحدث بين الصور المختلفة للنيتروجين في الأرض والنبات والحيوان والهواء.

أن محتوى التربة من النتروجين ينتج أساساً من بقايا المحصول والأسمدة المعدنية والعضوية وما تحتويه الأمطار من امونيوم NH_4^+ و نترات NO_3^- بالإضافة الى تثبيت النتروجين بواسطة احياء التربة الدقيقة وتحويله الى مركبات نتروجينية عضوية في أجسامها ثم تحول هذه المركبات العضوية الى معدنية خلال عملية معدنة النتروجين **Mineralization** والنتروجين المعدني قد يمتص بواسطة النباتات أو يفقد بالتطاير أو بالغسيل أو يتحول الى مركبات عضوية في أجسام أنواع معينة من احياء التربة الدقيقة من خلال عملية **Immobilization** (الاستهلاك من قبل الاحياء المختلفة في التربة او تسمى احيانا التثبيت).

عمليات تحول **Immobilization and Mineralization**

أ- عملية **Immobilization**: هي تحول أيونات النتروجين غير العضوية (المعدنية) (NO_3^- و NH_4^+) الى صورة عضوية وهذه العملية تحدث أساساً عند اضافة بقايا النباتات والحيوانات ذات المحتوى المنخفض من النتروجين عند مهاجمة ميكروبات التربة لهذا البقايا تمتص أيونات النتروجين غير العضوية وتحوله الى أنسجة عضوية وعند موت هذه الكائنات الدقيقة يتحول بعض النتروجين العضوي الى صور تدخل في تركيب الدبال والبعض الاخر يتحول الى أيونات النترات NO_3^- و الأمونيوم NH_4^+ اما عملية تحول الصور العضوية للنتروجين الى صور معدنية (NO_3^- و NH_4^+) يطلق عليها معدنة **Mineralization**.

ويمكن تصور عمليتي **Immobilization** و **Mineralization** بالشكل المبسط التالي:

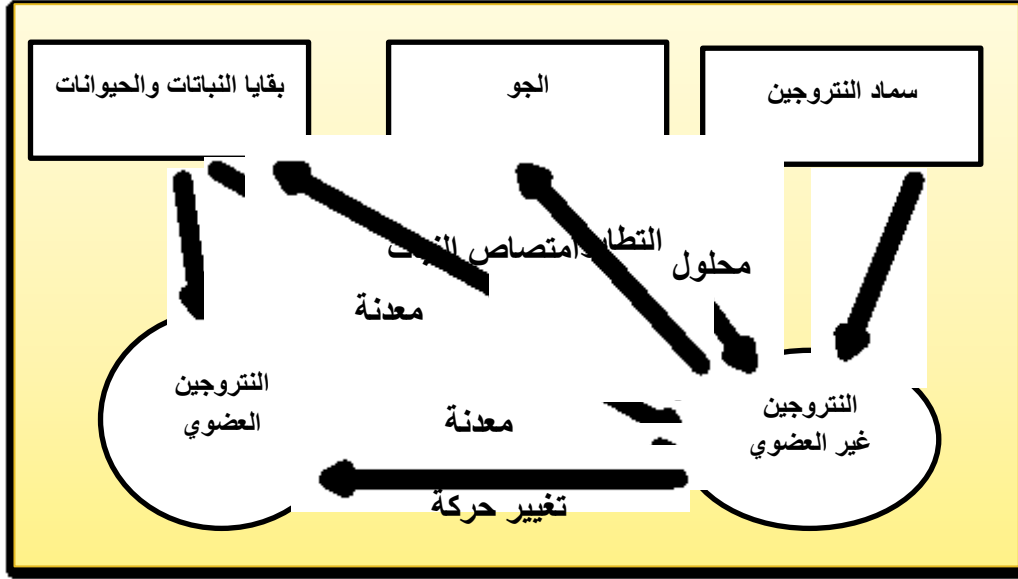


ب- مصير مركبات الامونيوم: NH_4^+ Fate Of Ammonium Compounds

1. يستخدم بواسطة ميكروبات التربة ويحول الى صورة عضوية في اجسامها.
2. يتم امتصاصه بواسطة النبات.
3. يتم تثبيته في معادن الطين والمادة العضوية
4. يفقد جزء منه على صورة غاز الأمونيا (NH_3) الى الجو.

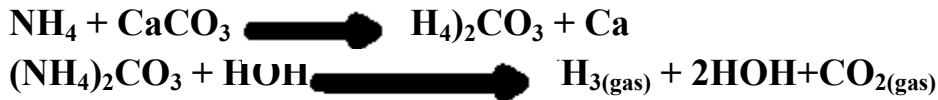
5. يتحول بواسطة أنواع معينة من البكتريا الى NO_2 و NO_3 .

وفيما يلي شكل يوضح مصادر وعمليات تحول النتروجين العضوي والمعدني:-



تطاير الأمونيا: Ammonia volatilization

الأمونيوم الموجود في الأرض والنتيجة من إضافة الأسمدة الامونيومية او اليوريا أو الناتجة من معدنة النتروجين العضوي (أسمدة عضوية) يمكن ان تفقد بكميات كبيرة عن طريق تطاير الامونيا (NH_3) وتطاير الامونيا يحدث في المحاليل القاعدية ولذلك تتطاير الامونيا بكميات كبيرة عند إضافة الأسمدة الامونيومية الى اليوريا على سطح الأرض الجيرية او القاعدية وقد يصل الى حوالي 30% من إضافة أيون الامونيوم الى الأراضي الجيرية يحدث التفاعلين التاليين:-

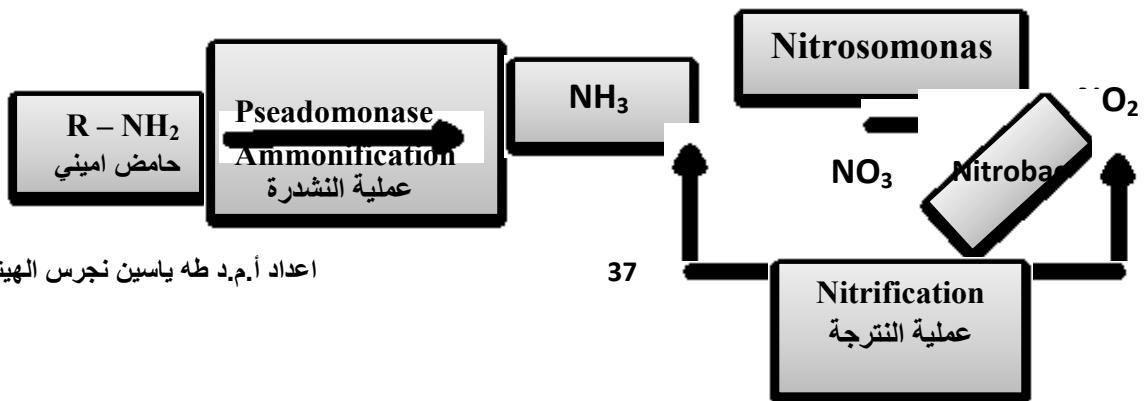


التأزت (النترجة) Nitrification

وهي عملية تأكسد الامونيوم الى نترات بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وتتم بخطوتين:-

أ- أكسدة الامونيوم الى نترت (NO_2) بواسطة بكتريا Nitrosomonas

ب- أكسدة النترت الى نترات (NO_3) بواسطة بكتريا Nitrobacter



المحاضرة السابعة

Fate Of Nitrate مصير النترات

1. يستخدم بواسطة النباتات والكائنات الحية في التربة في عمليات التمثيل الغذائي

Assimilate

2. يفقد في مياه الصرف

3. يفقد في صورة غاز عن طريق عملية عكس التآزت Denitification

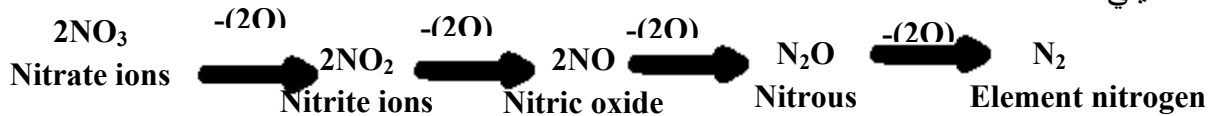
الفقد بالغسيل

لكون نتيجة أيون النترات NO_3^- يحمل شحنة سالبة فإنه لا يمدص على غرويات التربة المحملة بالشحنة السالبة أيضاً وبذلك يكون عرضة للفقد بالغسيل بواسطة الماء المستخدم في الري أو عند سقوط الامطار وتتوقف كمية النترات المفقودة في مياه الصرف على المناخ والعمليات الزراعية.

أن فقد النترات بالغسيل في مياه الصرف قد يؤدي الى ارتفاع تركيز النترات في المياه الجوفية الى درجة تكون ضارة للإنسان والحيوان ولذلك يجب الحد من فقد النترات بالغسيل للحفاظ على البيئة في التلوث.

عكس النتجة Denitification

يحدث فقد النترات في التربة على صورة غازية نتيجة لعملية عكس التآزت Denitification حيث يتم أختزال النترات الى مركبات غازية بواسطة انواع من البكتريا اللاهوائية اجبارياً وهي عملية عكس التآزت حيث يختزل النتروجين خماسي التكافؤ الى نتروجين أقل من التكافؤ وكما يلي:



Impact Of N on Health And Environment تأثير النتروجين على الصحة والبيئة

القلق من خلال دورة النتروجين يرتكز على حقائق عدة:-

1. الأخطار البيئية والصحية المصاحبة لوجود النترات في المياه العذبة

2. زيادة تركيز NO_2 و NO_3 في غذاء الانسان والحيوان

3. التأثير الضار للنتروجين التربة والأسمدة النتروجينية من ناحية زيادة N_2O في الهواء الجوي وبالتالي يؤثر على طبقة الأوزون (O_3)

4. التأثير الضار المحتمل للنتروجين على البيئة من ناحية زيادة نمو الفطريات والنبات غير المرغوب فيها في البحيرات والمجاري المائية.

النترات في الماء والغذاء

تكمّن مشكلة النترات في الماء والغذاء في أن أستهلاك الماء والغذاء المحتوي على تركيزات عالية من النترات بواسطة الانسان والحيوان يسبب مشكلة صحية أهمها:

- إصابة الأطفال بمرض (Methomoglobinemia) نتيجة وجود NO_2 و NO_3 في مياه الشرب أو الطعام حيث تختزل النترات الى نتريت NO_2 في القناة الهضمية وتفاعل النتريت مع هيموكلوبين الدم مكونة مركب (Methomoglobin) حيث يعمل على انتقال O_2 خلال الدم وهذا المرض قاتل للأطفال الرضع.
- أيضاً يسبب وجود النترات بتركيزات عالية في مياه وغذاء الحيوانات الى تسمم الحيوانات نتيجة تحول NO_3 في معدة الحيوان الى NO_2 ، لذلك فان وزارة الصحة الأمريكية وضعت حدود للنترات مياه الشرب بحيث لا تزيد عن (10 mg/l) كما وضعت حدود لتركيز النترات في الأغذية.
- تعتبر الأراضي الزراعية وخاصة الأراضي التي يتم تسميدها بمعدلات عالية من الأسمدة النتروجينية مصدراً من مصادر تلوث المياه الطبيعية بالإضافة الى المصادر الأخرى مثل:

أ- مياه الصرف الصحي والصناعي.

ب- مخلفات الصناعات الغذائية وغيرها.

ويتوقف مدى مساهمة كل مصدر من هذه المصادر على الظروف البيئية، فمساهمة الصرف الصحي في التلوث يمكن ان يكون كبيراً اذا ما تم التخلص من مياه الصرف الصحي ومخلفات الصناعة مباشرة الى البحيرات أو المجاري المائية.

النترات في المياه السطحية Nitrates in Surface Water

أدى النشاط الإنساني الى زيادة تركيز NO_3 في المياه السطحية عن طريق إزالة النبات الطبيعي وزيادة عدد المواشي والتسميد النتروجيني المكثف للأراضي الزراعية.

يتوقف تركيز النترات في المياه السطحية في اي مجرى مائي على مصادر النترات التي تصل إليها مثل الأمطار وأيضا على مدى امتصاص النبات للنترات والفقد الغازي للنتروجين خلال عملية عكس النتجة Denitification ويتغير مستوى النترات في المياه السطحية تبعاً لحالة المناخ فيميل الى الارتفاع في الربيع ويقل في الصيف ويكون متوسط في الخريف والشتاء. أظهرت الدراسات زيادة تركيز النترات في الأنهار بزيادة استخدام الأسمدة النتروجينية لذلك يجب مراقبة تركيز النترات في الأنهار وذلك للحفاظ على البيئة وتوجد علاقة طردية بين المحصول ومعدل إضافة السماد النتروجيني وتركيز النترات في مياه الصرف.

النترات في مياه الآبار Nitrates in wells

يوجد اهتمام كبير في الأوساط العلمية بمستوى تركيز النترات في الآبار غير العميقة حيث أكدت كثير من التقارير في الآونة الأخيرة ارتفاع تركيز النترات الى أكثر من عشرة أضعاف للتركيز المسموح به في مياه الشرب.

وبوجه عام فإن تركيز النترات يكون عالي في الآبار غير العميقة، ولقد وجد أن الآبار غير العميقة التي تحتوي على تركيزات عالية من النترات تقع بالقرب من مصادر تحتوي نسب عالية من النترات مثل أماكن تربية الحيوان و انشاءات تجمع مخلفات الصرف الصحي. وتعتبر مياه الصرف الصحي المتسربة من جميع مخلفات الصرف الصحي أهم المصادر الرئيسية لتلوث مياه الآبار غير العميقة بالنترات.

الولاية	نوع البئر	عدد العينات	العينات في حدود تركيز			
			10-0	20 -11	50-21	50 >
كاليفورنيا	للشرب	168	69	13	12	6
	للشرب والزراعة	67	55	13	16	16
	للزراعة	306	75	16	11	4
أيوا	غير عميقة	454	66	14	14	9
	عميقة	647	93	16	16	0.4
نبراسكا	آبار في أراضي مزروعة	275	80	-----	20	-----

المحاضرة الثامنة

النترات في المحاصيل الزراعية

تحتوي بعض محاصيل الخضر مثل الخس والسبانغ واللفت والقرنابيط والبنجر على تركيزات عالية من النترات ويختلف محتوى الخضراوات من النترات باختلاف الصنف ومرحلة النمو والظروف البيئية.

والعوامل التي تؤدي الى تجمع النترات في بعض أصناف الخضر وتشمل:

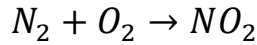
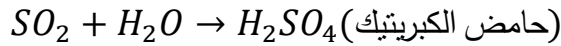
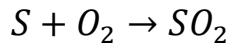
1. ارتفاع تركيز النترات في الأراضي نتيجة للتسميد بمعدلات عالية من الأسمدة النتروجينية.
2. انخفاض شدة الضوء خلال مرحلة النضج.
3. انخفاض رطوبة التربة.
4. نقص العناصر في النبات.

التأثير الضار لتلوث التربة بالنترجين عن البيئة

1. تلوث التربة بالنترجين يمكن أن يكون له تأثير ضار على البيئة مثل:
2. زيادة تركيز النترجين في البحيرات
3. نقص الأوزون (O_3) في طبقة الستراتوسفير Stratosphere
4. تسمم النبات بالـ NO_2
5. التدهور البيئي نتيجة للأمطار الحامضية.

المطر الحامضي: Acid Rain

المطر الحامضي هو ناتج من أكسدة الغازات المحملة بالنترجين والكبريت وذوبان نواتج الأكسدة في بخار الماء ليتكون حامض النتريك والكبريتيك ويصبح pH للمطر أقل من 5.7



وسقوط هذه الأمطار على التربة يؤدي الى خفض حموضة التربة وزيادة تركيز عنصر الألمنيوم السام للنبات وتعاني دول أوروبا وشرق كندا وشمال شرق الولايات المتحدة من هذه المشكلة.

ويمكن للمطر الحامضي أن يخفض pH البحيرات كما حدث في شرق أمريكا الشمالية ودول أسكندنافيا وادى ذلك الى ارتفاع تركيز الألمنيوم الذائب في هذه البحيرات مما تسبب في موت النباتات والأسماك وأصبحت البحيرات خالية من ظاهرة الحياة.

ومخاطر المطر الحامضي عديدة وتشمل خلل في الدورة البيوجيوكيميائية⁽¹⁾ للعناصر وتحلل المادة العضوية والتأثير الضار على النباتات وخفض خصوبة التربة والتأثير الضار على الأسماك والأحياء الأخرى في البحيرات.

فقد النتروجين في التربة

ان التسميد النتروجيني لتجهيز النبات بالكميات التي يحتاجها من النتروجين في نمو لا يعاني من أية مشكلة في حالة عدم وجود أي فقد لهذا النتروجين المضاف الى التربة خلال دورة النتروجين في الطبيعة ولكن الحقيقة هي ان هذا النتروجين المضاف يتعرض الى عدة عمليات فقد.

ومن اهم العمليات التي يفقد بها النتروجين في التربة هي:-

1. الاستهلاك النباتي للنتروجين: تعد عملية امتصاص النبات للنتروجين من العمليات المهمة التي تؤدي الى خفض محتوى التربة من النتروجين وتختلف النباتات باختلاف انواعها من حيث كميات النتروجين التي تمتصها خلال مراحل نموها.

أن محتوى النبات من النتروجين يختلف باختلاف حالة التربة الخصوبية بالإضافة الى تأثير عوامل أخرى منها نوعية النبات وصفه ومرحلة نمو النبات وكذلك الظروف المناخية وعوامل التربة من التهوية وحرارة والرطوبة.

أن كمية قليلة جدا من هذا النتروجين المستنفذ من التربة بواسطة النبات يعود الى التربة عن طريق تحلل بقايا النباتات الى التربة.

2. الفقد بعملية التعرية:- أن انجراف التربة بواسطة التعرية المائية أو بواسطة التعرية الريحية من الحقل يؤدي الى حصول خسارة أو فقدان للنتروجين محمولاً مع التربة المنجرفة.

(1) سميت هذه الدورات بهذه التسمية أي الدورات البيوجيوكيميائية بسبب ان هذه العناصر اغلبها ذات منشأ ارضي وتتحول بعمليات كيميائية ثم تدخل أجسام الكائنات الحية مكونة جسم الكائن الحي .

3. **الفقد بعمليات الغسيل:-** أن النتروجين على صورة نترات يكون سهل الفقد بعمليات الغسيل من التربة ذات النفاذية الجيدة. وقد وجد ان كمية مطر قليلة تؤدي الى غسل النترات في التربة السطحية الى عمق 60 سم من مقد التربة خلال فترة زمنية قدرها 24 ساعة فقط.
أن عملية الغسل التربة بمياه الأمطار تزيل معظم النتروجين (نترات) من مقد التربة ذات النفاذية العالية بالمناطق الرطبة.

أما في المناطق الجافة وشبه الجافة تقلل من هذا الفقد للنتروجين في هذه المناطق ويمكن التقليل من فقدان النتروجين بعملية الغسل عن طريق صيانة الغطاء النباتي للتربة والمحافظة عليه وتحديد الموعد المحدد لإضافة الأسمدة النتروجينية.

4. **فقدان النتروجين على شكل غازات:-** بالإضافة الى فقد النتروجين عن طريق أمتصاص النبات له، وعمليات التعرية، والغسل فإنه يمكن أن يفقد على شكل غاز من التربة بأحدى الصور الآتية:

(ب) عملية عكس النترجة Denitrification

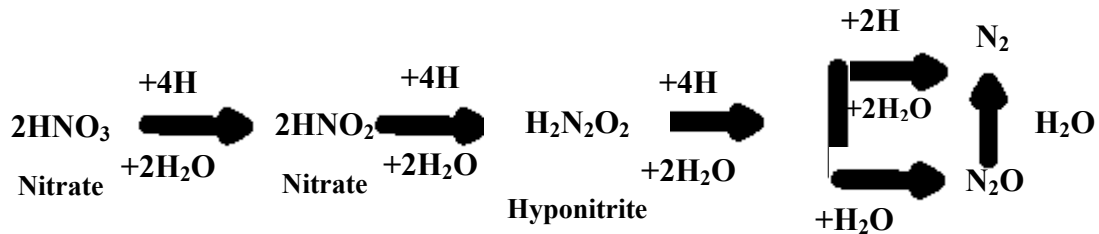
هذه العملية عبارة عن عملية اختزال بايولوجي للنترات والنتريت الى غازات متطايرة، وتقوم هذه العملية للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة تحت الظروف الهوائية وتستعمل هذه الكائنات النترات والنتريت مصدراً للأوكسجين وتحوله الى أكاسيد النتروز أو غاز النتروجين.
ومن الكائنات الحية الدقيقة المسؤولة عن هذه العملية أنواع من الكائنات تتبع الفصائل الآتية:-

Pseudomonas ، Micrococcus ، Bacillus

وهناك انواع من بكتريا ذاتية التغذية لها القدرة على القيام بهذه العملية منها:

Thiobacillus thobaris

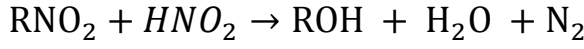
وتوضح المعادلة الآتية فقدان النتروجين على شكل غازات عن طريق Denitrification



أما العوامل التي تساعد على فقدان النتروجين على شكل غازات بهذه العملية فهي:-

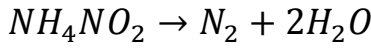
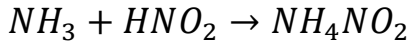
1. **محتوى التربة الرطوبي:-** في الأتربة ذات المحتوى العالي من الرطوبة غير الجيدة الصرف والأتربة الغدقة يكون معدل فقدان النيتروجين على شكل غازات عالية أما في الأتربة جيدة الصرف فيكون معدل فقدان النيتروجين لهذه الطريقة واطناً وفي التربة الغدقة يقل تركيز النيتروجين مما ينشط فعالية الكائنات الحية الدقيقة ثم استهلاك أوكسجين النترات والنترت.
 2. **المادة العضوية:** أن زيادة محتوى التربة في المادة العضوية يؤدي الى زيادة معدل عملية الـ Denitrification وذلك لكون المادة العضوية تقوم بتجهيز الطاقة لنمو البكتريا وتجهيز أيونات الـ H لعملية الاختزال هذه.
أن زيادة محتوى التربة من مكونات المادة العضوية السهلة التحلل مثل الكلوكوز والسكروز وسترات الصوديوم يحفز عملية الـ Denitrification ويزداد معدل حصولها بالترية ولكن هذا المعدل يقل بزيادة محتوى التربة من اللكين الصعبة التحلل.
 3. **درجة التفاعل التربة:** تتأثر عملية الـ Denitrification بدرجة تفاعل التربة اذا يزداد معدل هذه العملية في التربة ذات التفاعل المرتفعة ولكن معدلها واطناً من الأتربة الحامضية أن النيتروجين يفقد على شكل N_2O بين درجة تفاعل 4.9 الى ما يقارب من 5.6 بينما يفقد على شكل N_2 عند درجة تفاعل ما بين 7.3 – 7.9
 4. **درجة الحرارة:** أعلى معدل لعملية الـ Denitrification يكون عند درجة حرارة هي 60 – 65 م° ويقل فقدان النيتروجين على غاز N_2O في الدرجات الواطئة و n_2 في الدرجات العالية.
- (ج). يمكن ان يفقد النيتروجين في التربة على شكل غازات عن طريق تفاعلات كيميائية ويحصل هذا خاصة في الترب الحامضية الجيدة التهوية، ومن هذه التفاعلات:-
- $$3HNO_2 \rightarrow 2NO + 2HNO_2 + H_2O$$
- هذا التفاعل يحصل في الأتربة التي درجة تفاعلها 5، ويزداد حصول هذا التفاعل عند انخفاض درجة تفاعل التربة الى أقل من 5، وبما ان NO تتطاير لهذا تفقد من التربة الى الجو على شكل غازات وتقل بذلك من محتوى التربة من النيتروجين. وفي الأتربة المتعادلة أو القاعدية يكون تكون N_2O قليلاً.

أما التفاعل الآخر الذي يمكن عن طريقه أن يفقد النيتروجين على شكل غازات تحت الظروف الملائمة فهو تفاعل HNO_2 مع الاحماض الأمينية ليكون N_2 كما في المعادلة الآتية:-

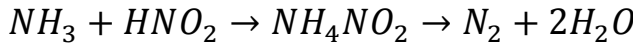
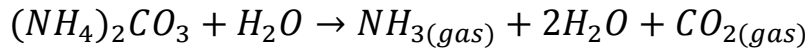
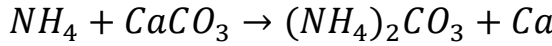


هذا التفاعل يعرف بتفاعل **Van Alike** ويحصل عند درجة تفاعل للتربة مقداره 5 أو أقل.

التفاعل الآخر هو تفاعل الأمونيا أو الأمونيا الناتجة من اليوريا مع الـ HNO_2 وينتج عن هذا التفاعل غاز النيتروجين الذي يفقد من التربة كما في المعادلات الآتية:-

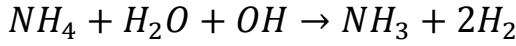


أو



(د). غاز الأمونيا:- يمكن أن يفقد النيتروجين من التربة على شكل أمونيا وذلك عندما تضاف

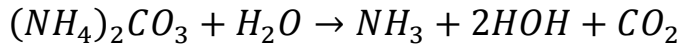
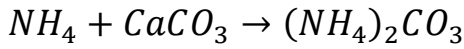
الأسمدة النيتروجينية الحاوية على الأمونيوم على سطح الأتربة القاعدية كما في المعادلة الآتية:-



لقد تبين من الدراسات والبحوث ان معدل فقد النيتروجين على شكل غاز الأمونيا يكون واطناً تحت الظروف الأمنة للتربة عندما يضاف النيتروجين على شكل أمونيوم.

مصير الأمونيا

تفقد الامونيا على هيئة غاز كما في المعادلة الآتية:-



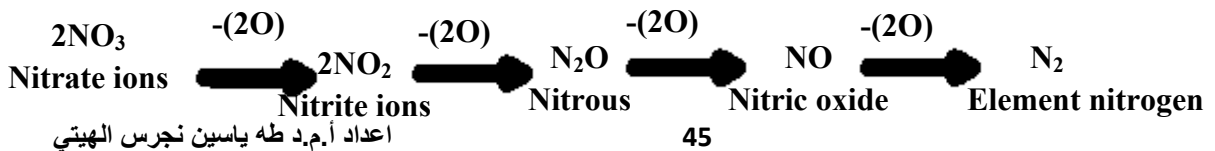
مصير النترات

أن النترات المتكونة نتيجة لعملية التآزت قد يحدث له ما يلي:-

1. يستخدم بواسطة النباتات والكائنات الحية الدقيقة.

2. يفقد في مياه الصرف.

3. يفقد في صورة غاز عن طريق عملية عكس التآزت Denitrification



المحاضرة التاسعة

تأثير النتروجين على الصحة والبيئة

القلق من خلال دورة النتروجين يتركز على خصائص عدة منها:

1. الأخطار البيئية والصحية المصاحبة لوجود النترات في المياه العذبة
 2. زيادة تركيز NO_2 و NO_3 في غذاء الانسان والحيوان
 3. التأثير الضار لنيتروجين التربة والأسمدة النيتروجينية من ناحية زيادة N_2O في الهواء الجوي وبالتالي يؤثر على طبقة الأوزون (O_3).
 4. التأثير الضار المحتمل للنتروجين على البيئة من ناحية زيادة نمو الفطريات والنباتات غير المرغوب فيها في البحيرات والمجاري المائية.
- وفيما يلي جدول يبين التأثير الضار المحتمل للنتروجين على صحة النسان والبيئة:-

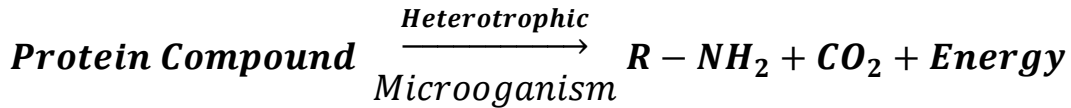
التأثير	الأسباب
صحة الانسان/ من خلال مرض Methomoglobinemia في الرضع ، السرطان ، أمراض الجهاز التنفسي	زيادة NO_2 ، NO_3 في الماء والغذاء Nitrosamines من NO_2 والمينات الثانوية نترات بيروكسي أسيل، NO_2 ، NO_3 ، أبخرة HNO_3 في المناطق الصناعية.
صحة الحيوان/ من خلال تسمم الحيوانات	زيادة NO_3 في الغذاء والماء
نمو النباتات/ نمو مقزم نمو خضري زائد	زيادة مستويات NO_2 في التربة
خواص البيئة / Eutrophication نقص طبقة الاوزن	زيادة النتروجين الصالح للأمتصاص للنبات في التربة زيادة أكاسيد النتروز نتيجة للنترجة وعكس النترجة

تمثيل النتروجين Nitrogen Assimilation

يتواجد النتروجين في التربة أما بصورة معدنية (لا عضوية) أو بصورة عضوية فالصورة اللاعضوية يكون النتروجين على شكل أيوني مثل NH_4 ، NO_3 ، NO_2 او على شكل غاز NH_3 ، N_2O ، N_2 وأحياناً لفترة قصيرة على شكل NH_2OH (Hydro - Amine) كمكرب وسط عند تأكسد NH_4 الى NO_2 أما صور النتروجين العضوي فأولها البروتين غير المتحلل والذي عند تحلله يعطي احماضاً مندمجة أو حرة وامينات سكرية، أو في مادة عضوية قابلة للتحلل كما في بقايا النباتات والحيوانات والاحياء الدقيقة وقد يكون النتروجين موجود في مادة عضوية غير قابلة للتحلل مثل الدبال، ويشكل النتروجين العضوي ما نسبته 99% من نتروجين التربة لكنه غير قابل للأمتصاص ولكي يصبح قابل للأمتصاص يجب ان يتمعدن النتروجين **Nitrogen Mineralization** بعملية تتجزأ الاحياء الدقيقة المتخصصة على ثلاث مراحل وكما يلي:

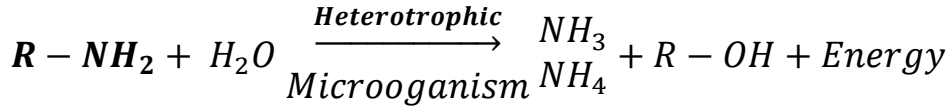
1. Aminization المراحل الامينية

وهي الخطوة الأولى التي يتم خلالها تفكك المركبات البروتينية الى الأحماض الأمينية المكونة لها والتي تتجزأ من قبل أحياء دقيقة غير ذاتية التغذية Heterotrophic Microorganisms تحصل من خلال هذه العملية على الطاقة اللازمة لبناء اجسامها.



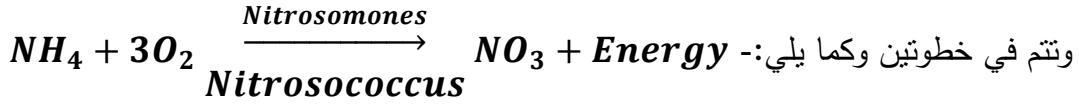
2. Ammonification مرحلة النشطرة (عملية تكون أيون الأمونيوم)

تقوم بهذه العملية أحياء دقيقة متعددة مصادر التغذية (غير ذاتية التغذية) Heterotrophic Microorganisms لكنها تختلف عن الأحياء العاملة في عملية الأمينية كونها تقوم بتحويل النتروجين الأميني الى امونيا وفي هذه المرحلة لا بد من وجود الماء لأتمام هذا التفاعل. فالامونيا التي تنتج في الخطوة الأولى من هذه العملية أما تستهلك من قبل النبات أو الأحياء الدقيقة أو يتم تثبيتها على غرويات الطين وإلا فأنها تتحول الى أيون الأمونيوم والذي أيضا اما يمتص من قبل النبات او يستهلك من قبل الأحياء الدقيقة أو يمدص Adsorption على أسطح غرويات الطين سالبة الشحنة.



3. Nitrification مرحلة النتجة

هي عملية يتم فيها أكسدة أيون الامونيوم الى أيون النترات تحت الظروف الهوائية وتقوم بها كائنات حية دقيقة متخصصة ذاتية التغذية Autotrophic اذ انها تستمد طاقتها من مصدر غير عضوي أي من ثاني أكسيد الكربون الحيوي ومن أكسدة الاملاح اللاعضوية في التربة



وتتم في خطوتين وكما يلي: - Nitrosomonas
وعلينا أن ندرك ان عملية النتجة تزيد من حامضية الوسط من خلال انتاجها أربع أيونات من الهيدروجين لكل أيونين من الامونيوم، اضافة الى أنتاج بعض الحمض الوسطية مثل HNO₃، وفي حالة الحاجة لرفع تفاعل الوسط يتم اضافة كربونات الكالسيوم CaCO₃ في مرحلة أكسدة النترات الى نتريت، ان معدل استفادة النبات من النتروجين الموجود في التربة ترتبط بالدرجة الأولى بالنشاط الأحيائي بالإضافة الى نسبة الكربون الى النتروجين حيث يرتبط نشاط الكائنات المسؤولة عن تحويل النتروجين من شكله العضوي الى الشكل المعدني (الاحياء الدقيقة المكونة للأمونيوم) بشروط التهوية والرطوبة والحرارة بالإضافة الى pH التربة.

المحاضرة العاشرة

النترات وصحة الانسان

1- مقدمة وتعريف:

ان هذا الموضوع واسع نسبيا، ولكن سوف احاول ايجازه بوضع حلقات لأهميته في حياتنا ، ولتكرار استخدام هذه المركبات في منتجاتنا الزراعية. ان النترات وكما هو معلوم لكثير من الناس، حتى من غير الزراعيين انها مصدر اساس للنايتروجين، والذي هو أساس لنمو كافة النباتات بما فيها البقوليات، ولكن معدل احتياجها يختلف باختلاف جنسها. اذن، لما كانت النترات تحتاجها النباتات بهذا القدر، وانها هامة لزيادة الحاصل فان المختصين يضيفونها لحقول مزروعاتهم باستمرار، الامر الذي يؤكد انها موجودة في التربة وانها احدى مصادر تلوث التربة والماء والهواء، وبالتالي النبات والحيوان والانسان لما تدخل القناة الهضمية. كذلك فان الاطعمة المعلبة هي مصدر اخر من مصادر تلوث طعامنا بالنترات، بما فيها المواد النباتية والحيوانية، اذ ان بعض مركبات النايتروجين تستخدم مواد حافظة. اذن، يمكن ان نقول ان محيطنا الحيوي مشبع بالنترات او المركبات النايتروجينية. لقد كان شائعا منذ سنوات خلت ان النترات هي احد اسباب التسرطن عند الانسان وانها تسبب بعض الامراض التي تصيب الدم مثل Methemoglobinemia، وهو مرض يصيب الدم وفيه يحدث تأكسد للهيموكلوبين ، ولا يستطيع ان يتحد مع الاوكسجين مرة أخرى قد تكون الحالة الاخيرة صحيحة وقد تساعد النترات على تشكل السرطان ، ولكن ليست هي السبب في ذلك كما كان يعتقد، ولاسيما اذا علمنا ان السرطان سببه الرئيس جينات التسرطن الموجودة في خلايا جسم الانسان، وهناك اعداد كبيرة من العوامل والمركبات قد تساعد في تشكل السرطان، من بينها جرع معينة من النترات وسوف نحاول إيضاح دورها في حياة الانسان خصوصا في الحلقات المقبلة. ان الذي غير وجهات نظر المختصين حول التهاون بشأن المعتقد السابق حولها، هو اكتشاف ما يقوم به جسم الانسان من تصنيع اوكسيد النتريك، NO والذي هو Nitric Oxide، اذ ان هذا المركب يتخلق داخل جسم الانسان لضرورته لحياته اذ اصبح عقارا يباع في الصيدليات لعلاج مرضى القلب، والاعوية الدموية تشير احصاءات الاسمدة انها قد تضاعفت خلال السنوات الستين الاخيرة بمعدل خمسة اضعاف ما كانت عليه وكذلك تضاعف استهلاك اللحوم من قبل الانسان مرتين خلال ذات المدة. يقول احد الباحثين : ان نصف سكان العالم سبب عيشهم ووجودهم هو بسبب الاسمدة

النايتروجينية ذلك ان النايتروجين قد زاد من حاصل الاغذية المختلفة التي يأكلها الانسان من خضر وفاكهة، وزاد من علف الحيوان، فتوفرت اللحوم ومنتجات الالبان، فازداد انتاج واستهلاك الاسمدة النايتروجينية تبعا لذلك .يقدر معدل البروتين المستهلك من قبل الانسان اليوم انه يعدل ضعف توصيات منظمة WHO و FAO على الاقل في الدول الغنية ، فأصبحت فيها نسبة عالية من مرضى السمنة الذي اصبح مع السرطان مرض العصر ان تناول اللحوم والخضر والفاكهة ، ولاسيما الخضار الورقية، تسبب زيادة دخول النترات الى جسم الانسان. يقدر ان 80% من النترات الداخلة جسم الانسان ، مصدرها الخضر المختلفة ، فيما يصنع جسم الانسان بعض مركبات النايتروجين المماثلة والمفيدة بل الضرورية لحياته. تقدر كميات النترات الداخلة جسم الانسان من شرب الماء من دول اسيا وافريقيا بين 30% الى 40% من مجموعها في اجسامهم، وذلك ممن يعيشون في المدن، اما الذين يعيشون في مناطق نائية عن بعض معالم الحضارة، مثل اي منطقة من مناطق خارج المدن، او مناطق قروية ، فان نسبة النترات اعلى مما ذكرنا، لانهم يشربون من ابار سطحية غير خاضعة لمقاييس علمية. ان هذه الاسمدة النايتروجينية المستخدمة للمحاصيل، وكذلك الاسمدة الحيوانية والنايتروجين الموجود في الجو، وما تثبته بكتريا الرايزوبيا وغيرها، كلها مجتمعة ترفع من محتوى التربة والمياه من النترات، وبالتالي جسم الإنسان ان اهم مرضين مرتبطين بأضرار النترات هما Methemoglobinemia وبعض الاورام المتسببة عن مركبات N-Nitrosoamines المتجمعة في المعدة والتي تم التحقق منها في اكثر من 40 جنسا من الحيوانات ، مع انه اصبح من المعلوم حديثا ان النترات بكميات محدودة جدا لها دور ايجابي في حياة الانسان والحيوان.

النترات وصحة الانسان 2-معدلاتها الضارة وتمثيلها

ذكرنا في منشورنا الاول عن هذا الموضوع خطورة النترات والنايتريت اذا تناولها الانسان اعلى من جرعة تحمل الجسم لها، علما ان الجرعة الواطئة منها هامة لجسم الانسان وكذلك الحيوان. ان منظمة حماية البيئة الامريكية EPA ، لا تسمح بماء الشرب الذي يحوي اكثر من 10 ملغم من نايتروجين النترات/ لتر، وهي تقابل معدل 45 ملغم من النترات، فيما اجازت منظمة WHO ومجلس الاتحاد الاوربي معدل 50 ملغم نترات للتر، ونلاحظ ان الفرق بينهما محدود جدا. على ان الاتحاد الأوربي يعتقد ان هذه الجرعة المذكورة غير خطيرة، بل وحتى على الاطفال الرضع الذين هم الأكثر تعرضا للإصابة بمرض Methemoglobinemia ، او كما

يسمونه أيضا blue baby syndrome ، ذلك ان هؤلاء الاطفال الرضع هم الاكثر تحسسا لزيادة النترات في ماء الشرب وكذلك الطعام الذي تحضره أمهاتهم في البيت من دون دراسة المكونات بشكل علمي سليم، ثم ان EPA الامريكية قد عدلت قانونها على المبدأ الاوربي، فسمحت باستخدام اكثر من 10 ملغم نايتروجين نترات للتر من الماء، او ما يعادل ملغم واحد فقط من نايتروجين النايترات غير ان العمل المشترك بين WHO و FAO اقر استخدام معدل 3.7 ملغم نترات لكل كغم من جسم الإنسان او ما يعادل 0.06 ملغم من ابون النايترات لكل كغم واحد من الجسم، وذلك لغاية عام 2008. عليه، فان الشخص الذي يزن 60 كغم يمكن ان يتناول يوميا معدل 222 ملغم نترات او 3.6 ملغم نايترات ، وتعد هذه مقبولة في مياه الشرب المحلية او المعبأة التي تباع في الاسواق او التي تقدم في المطاعم والفنادق والمحلات العامة. كما اكدت التعليمات انه من الضروري تثقيف المواطن وتعريفه بالخطر المحدق بحياته واطفاله وكيفية حساب المعدلات المذكورة اذا ذكرت بصور اخرى. ان التقديرات في الاتحاد الاوربي تشير الى احتمال تجاوز 2% الى 3% من السكان المعدل اليومي الموصى به، ولاسيما الذين يعيشون خارج المدن ، ويشربون من ابار في محل سكنهم ومن دون فحص او رقابة صحية، اذ ان معظمهم يعتمد طعم الماء لتحديد صلاحيته. ان خطر النترات يكمن في عملية نترجة Nitrosation للمركبات الامينية من ذات الوزن الجزيئي الواطئ. اذا تعرض الانسان للنترات من خلال استهلاكه للحوم والخضر والفاكهة والمياه العالية المحتوى من النترات، فان كميات كبيرة نتوقع ان تتجمع في جسمه، وما يرتبط ذلك بانتاج جسمه من NO الذي يتحول الى مركبات اخرى. يقدر ان نسبة 25% من نترات الجسم هي من نترات الغدد اللعابية ، وان ما موجود من نترات في اللعاب يعادل عشرة اضعاف نترات بلازما الدم كذلك يقدر ان 20% من نترات اللعاب يختزل الى نايترات بواسطة بكتريا لاهوائية موجودة على سطح اللسان، وبشكل ذلك اختزال معدل 5% من نترات الجسم الى نايترات، وقد وجد حديثا ان انزيم رديكتيز النترات Nitrate Reductase موجود في الثدييات. عندما يتناول الانسان النترات تصل الى اقصى تركيز في الدم بعد ساعة واحدة فقط وان نصف عمر half-life للنترات البلازما هو 5 ساعات، وربما يعاد امتصاصها من قبل الانابيب البولية لتطرح مع الادرار بعد تحولها الى يوريا.

المحاضرة الحادية عشر

النترات وصحة الانسان 3-اليتها في الجسم:

حيث ان النترات ايونات ذات شحنات سالبة ، وهي ليست مرتبطة ببروتين، فانها من الناحية الصيدلانية يمكن ان يعاد امتصاصها من قبل الانابيب البولية. تطرح النترات من الجسم الى الجهاز البولي لتطرح معه خارجا، او بعد ان تتحول الى يوريا . ان انتقال النترات من الدم الى الجهاز البولي يكون عادة بمعدل 20 مل لكل دقيقة عند البالغين. لقد قدر ان نسبة 96% من النايترات يمكن ان يعاد امتصاصها من قبل الانابيب البولية. ان التركيز العالي للنترات في اللعاب، مع استمرار انتاج NO وإعادة امتصاص النترات من قبل الانابيب البولية ، كلها لها دور معين في جسم الانسان ، وهي ليست مجرد توكسينات غير مرغوب فيها ، وكما كان يعتقد قبل سنوات. ان النترات بجرع واطئة غير مضره ، بل ضرورية ، غير ان النايترات لها قابلية على الاتحاد ، فهي اخطر من النترات ، ولاسيما في الوسط الحامضي. ان النترات في لعاب الانسان تتحول الى نايترات بفعل بكتريا معينة. اما عن مخاطر النترات والنايترات من أنها تساعد على تشكل السرطان في الانسان لدى تناولها بجرع عالية ، اذ ان ذلك يرتبط بمعدلات تكون N-nitrosamines في معدة الشخص من خلال تناول الاطعمة والاشربة. ان امينات النايتروز مركبات كيميائية معروفة لدى الكيمائيين منذ اكثر من مائة عام، غير انها نالت اهتماما اكبر لما اكتشف احد الباحثين الانكليزي ان Dimethyl Nitrosamine قد سبب سرطان الكبد في الجرذان، ولما نشر هذا البحث اولى الباحثون اهتماما اكثر بدراسة كافة الامينات من هذه المجموعة، وقد شملت دراسة على مدى عدة سنوات حوالي 300 مركب من هذه المجموعة ، ووجد ان حوالي 90% منها سببت انواع السرطان في عدة اجناس حيوانية وجد مثلا ان مركب Dimethylamine يسبب سرطان الكبد في عدة حيوانات، غير ان مثل هذه المركبات الموجودة في التبغ مثلا وجد أنها ذات علاقة بتشكل سرطان الرئة عند الانسان وبذا فقد اتسعت دائرة البحث حول هذه المركبات ، وتأكد انه اذا استمر الانسان بإدخالها الى جوفه بالطعام او الشراب، فأنها خطيرة جدا على حياته ، اما بالتسمم او بالإصابة بأحد الامراض السرطانية، علما ان هذه المركبات تمر بنفس عمليات التمثيل في نظامها الغذائي داخل الجسم سواء للإنسان او الحيوان. ان من بين المخاطر لبعض هذه المركبات والتي اكتشفت حديثا ، ان بعض nitrosamines مثل Nitrosamine Dimethyl و N-nitrosopyrrolidine وجد

انهما يتحدان مع نيوكليتايدات حية في الانسان والحيوان، وذلك مثل جزيئات DNA او الانزيمات، وهذه اشكال كيموحيوية خطيرة جدا لما تصل الى حالة الارتباط مع DNA والفعل الانزيمي ، وما يترتب على ذلك من عمليات الاستنساخ اللاحقة والتسمم الوراثي Genotoxic فان حدث مثل هذا والتفاعلات المرتبطة بها، فان احتمال ظهور السرطان يصبح كبيرا او ان خلايا معينة مرتبطة بهذه المركبات سوف تموت ان التشخيص الاولي لمثل هذه الحالات يمكن علاجها بحامض الاسكوريك ascorbic acid، وكذلك فيتامين اي (Alph-Tocopherol)، وكلاهما يعمل antioxidant فيمنعان تكون nitrosamine.

س/ لكن ماهي الاطعمة والاشربة التي تزيد فيها هذه المواد

ج/ الاطعمة هي الفواكه والخضر والاشربة الحليب ومعظم عصائر الفاكهة وبذا يرى الإنسان نفسه في حيرة من امره

النترات وصحة الانسان 3-النترات وواعية القلب

ان معظم الجوانب العلمية التي تظهر فوائد النترات اللاعضوية هي المرتبطة بمركبات NO ذات التأثيرات المتعددة في حياة الثدييات. تعد جزيئة NO اهم جزيئة تنظيمية في ضغط دم الانسان والمحافظة على تنظيم ثبات الاوعية الدموية vascular homeostasis. تتفاعل هذه الجزيئة مع oxyhemoprotein مثل oxyhemoglobin و methemoglobin، عليه فان النترات تتكون في جسم الانسان نتيجة انتاج NO. لقد اثبت المختصون ان المحيط الحامضي في معدة الانسان يتكون فيه NO، وذلك من اختزال النايترات اللاعضوي، وهذا يعطي احتمال ان تعود النترات الى الاختزال مرة اخرى الى NO. ان المسار الحيوي والتاثير البيولوجي لاختزال النترات الى نايترات ، ثم مؤخرا الى NO في الامعاء قد اصبحت معلومة للمختصين. هنالك بكتريا اختيارية تعيش على سطح اللسان تقوم باختزال نترات اللعاب الى نايترات بمساعدة انزيم nitrate reductase . ان هذا الاختزال للنترات في اللعاب يقدر انه حوالي 1000 مرة اعلى مما في بلازما الدم وبذا فانه اذا تمت ازالة هذه البكتريا من الفم باستخدام مطهرات مناسبة، فان معدل NO في المعدة سوف ينخفض بدرجة كبيرة. ان لكل من NO مع prostaglandin لها اليات مفيدة في جسم الانسان، ولاسيما في تنظيم سريان الدم في الاوعية في اعضاء الجسم، وكذلك سريان الدم في اجزاء الجهاز الهضمي. عليه، فانه قد وجد ان لهذه الالية علاقة ايجابية في منع التقرح في الجهاز الهضمي. إنه من المعلوم ان الغذاء الذي يتناوله الانسان والذي يتكون

غالبه من الفواكه والخضر له تاثير ايجابي جيد في تنظيم ضغط الدم ، وبذا فان الذين يعانون من اضطرابات القلب والاعوية الدموية ينصحون بالتركيز في تغذيتهم على الفواكه والخضر مع التقليل من الدهون واللحوم عموما، مع تناول عقاقير تحوي بعض مركبات النترات. لقد وجد مؤخرا ان برنامجا غذائيا Diet لهؤلاء المرضى لخفض التوتر الزائد عندهم احتوى اكثر من 500% من النترات الموصى بها يوميا للشخص البالغ وبذا بدأت ملاحظات خفض ضغط الدم ، للمصابين بارتفاعه باستخدام نترات الصوديوم. كذلك اظهرت دراسات حديثة ان NO المتكون من قبل انزيم nitric oxide داخل انسجة الاعوية الدموية ، يلعب دورا هاما في ثبات الاعوية الدموية، اي يجعلها بحالة الراحة relaxed، على ان هذه المركبات لها ادوار ايجابية اخرى ضد الدهون في الدم والسكري والشدة، وضد اضرار التدخين، ومنع تصلب الشرايين atherosclerosis. اوضحت بعض الابحاث دور النترات ضد التصاق الصفائح الدموية platelets وهي حالة سيئة للانسان، وكذلك للحفاظ على جدران الاعوية الدموية ، ومنع تخثر الدم thrombosis، ان منع التخثر ، وتثخن جدران الاعوية ، اما يعطى له مع الغذاء كمية محدودة من نترات البوتاسيوم او بتناول كمية من عصير الشوندر، اذ وجد ان له فعالية عالية في ذلك، وان المصاب بهذا المرض يمكن ان يشفى منه بعد شهر فقط من بدء تناول عصير الشوندر الذي يحوي النترات والنايترايت.

س/البحوث الحديثه توصي باعطاء الارجنين لما له من دور في توفير NO للجسم

ج/ ذلك يؤيد ما توصلت اليه نتائج الابحاث الاخيرة بشأن فائدة مركبات NO

النترات وصحة الانسان 4- تاثيرات اخرى

من المعلوم ان التمارين الرياضية لجسم الانسان، تشجع اندفاع الدم في الاعوية الدموية لعمل العضلات وانقباضها وانبساطها، وان ذلك يساعد على انتاج NO الذي تحتاجه الاعوية الدموية في توسعها عند الحركات الرياضية. لما يقوم الشخص بالتمارين الرياضية، يرتفع مستوى نترات البلازما حال نشاط الدورة الدموية، طالما الشخص سليم الجسم، بينما لدى مرضى كبار السن، عندما يقومون بالتمارين الرياضية، ولديهم خلل في اوعية الدم endothelial dysfunction، فان النترات لا ترتفع في دمهم مع التمارين الرياضية كذلك وجد ان النايترائيت يمكن بها التنبؤ بمقدرة الشخص على تحمل التمارين الرياضية ، اذ وجد مثلا ان اعطاء جرعة معينة من نترات الصوديوم لمدة ثلاثة ايام للشخص ، تعطى مع الطعام، فانها قد حسنت من اداء عضلاته،

وقالت من استهلاك الاوكسجين، وزادت من طاقة تحمل الشخص لجهد تلك التمارين. لقد كانت كمية النترات المستخدمة في مثل هذا البحث بمعدل 6.5 الى 8.5 ملغم /كغم من وزن الجسم يوميا، وفي دراستين مستقلتين. ان من بين الامور ذات الاهمية الكبيرة في حياتنا الاجتماعية، هو ما وجد في حليب الامهات المرضعات، اذ وجد ان هذا الحليب الاساسي جدا لنمو الطفل، لا يوجد حليب اخر من اي حيوان لبون يشبهه ابدا اذ ان محتواه من البروتين والدهون والفيتامينات والمعادن وبهذه النسب، يصعب ان نجد مثله فضلا عن عنصر اخر هام جدا للطفل، الا وهو تقوية جهازه المناعي الذي لا يمكن لاي حليب صناعي ان يوفره. استنادا لذلك، نجد ان المؤسسات العلمية العالمية المعنية برعاية الطفل اوصت بضرورة الرضاعة الطبيعية، ما امكن ذلك، وأنه لا يمكن ان يعوض ذلك تماما باي بديل، ذلك ان حليب الام هو من نوع فريد unique في الوجود اظهرت عدة اختبارات ان حليب الامهات خلال الاسبوع الاول مثلا، كان يحوي معدل نترات ونايترات لغاية 70 ملغم /لتر وكان هذا الاختبار قد القى بظلاله على الباحثين سؤالا صعبا لم يجدوا له جوابا، وهو من اين ياتي هذا المعدل العالي من النترات في حليب هؤلاء المرضعات؟. طبقت دراسة اخرى على مرضعات يتناولن كميات من ماء الشرب يحوي معدل نترات لغاية 100 ملغم /لتر، ولم يجد الباحثون ارتفاعا معنويا في نسبة النترات في حليبهن من الغريب جدا ان حليب الام يتغير فسلجياً مع تقدم عمر ولدها الرضيع وبحسب ما يحتاجه لنموه وكانت هذه حالة اخرى فريدة في حليب الام، اذ تزداد حاجته الى النترات والنايترات مع تقدمه في العمر، وهي حالة اساسية للطفل كي تحمي احشائه من الاصابات المرضية. ان اهم استنتاج قد تم التوصل اليه من مثل هذه الابحاث، انه طالما ان الطفل الرضيع يستهلك هذه المعدلات العالية من النترات والنايترات في الحليب، فانه اذا كبر مع الايام، فلن تضره معدلات طبيعية من النترات ربما قد تكون في الحليب او غيره، وذلك لتطبعه على المعدلات العالية من هذه المركبات سابقا، وربما هذا لأجل حاجات اخرى لجسمه لم يتمكن الباحثون من معرفتها الى اليوم

س/ لماذا النباتات الي تعيش في تربه فيه ماء ري زائد عن حاجه تتعفن في حين تستطيع نفس النبات يعيش في قنينة تحتوي على ماء .

ج/ ماء الزجاجة نظيف عموما، فلا يؤذي النبات اما التربة فان كل سم مكعب منها يحوي ملايين الجراثيم من البكتريا والفطريات، فتهاجم جذر النبات لتعيش عليه.

المحاضرة الثانية عشر

النترات وصحة الانسان 5- تاثيراتها الدفاعية:

ان الاغذية والاشربة التي تحوي النترات لها دور فعال وايجابي هام في النظام الدفاعي في اجسام الثدييات، ومن بينها الانسان، وذلك من خلال تحويل النايترات و NO الى مواد وسيطة لمضادات البكتيريا. ان اختزال النترات الى نايترات في لعاب الفم يعد الخطوة الاولى في ذلك الاتجاه. ان النايترات المتكونة على سطح اللسان بالاختزال البكتيري، تختزل مرة اخرى الى NO في المحيط الحامضي في المعدة، مما ينتج عنه تدمير الاحياء الدقيقة المنتجة للحوامض. ان NO الناتج من الاختزال الحامضي للنايترات، مع مركبات نايتروجينية اخرى تتكون في المعدة من خلال تناول وجبة غنية بالنترات اكثر مما يحتاجها الجسم في سير الدم في اجزاء الجهاز الهضمي. هناك عدة اجناس من البكتيريا في معدة الانسان تقاوم حموضة المعدة مثل Candida و Escherichia و Salmonella و Shigella، يمكنها ان تبقى في المعدة من دون تضرر، وبذا فان النايترات الناتج في لعاب الفم والنازل الى المعدة، سوف يقضي على نسبة عالية من هذه البكتيريا، بما في ذلك بكتريا القرحة H. Pylori المستوطنة في جو المعدة ، يموت قسم منها كذلك، لكنها تبقى باعدادها الكافية لاحداث الضرر الذي يكون بتقرح المعدة. ان دور الحموضة الناتجة من النايترات والقادمة من نترات الطعام ، تلعب دورا مركزيا ضد الممرضات الداخلة الى الجسم. كذلك هنالك تأكيد اخر لهذا الموضوع، وهو ان المستويات المنخفضة من نايترات اللعاب قد لوحظ انها انخفضت لما عوملت بمضاد الاحياء المعروف Amoxicillin، وذلك خلال مدة قصيرة من تناول وجبة خفيفة ، عليه، فان المرضى الذين يتناولون مثل هذا المضاد الحيوي ممنوع يتناولون Wide-Spectrum Antibiotic سيعانون من احتمال هجمات بكتيرية من جنس Clostridium و Candida مسببة التهابا في امعاء المريض، وربما يكون سبب خفض نسبة نايترات اللعاب استخدام الجرعة الزائدة من مثل هذا المضاد الحيوي. من جهة اخرى، فان طبيعة خلقة الانسان تمتلك خاصية هامة في المساعدة على التئام الجروح، ومن ملاحظات المختصين ان الحيوانات المصابة بجروح، تلعق جروحها بلسانها، فيمسها اللعاب، فيساعد هذا في التئام الجروح ويصح هذا على الانسان كذلك اذا هو قام بلعق جروحه بلسانه وقد تم تعليل ذلك لوجود

مضادات الجراثيم الطبيعية في اللعاب، بل وحتى حموضة اللعاب تكفي لقتل بعض الجراثيم بسبب تأثير النايترات الحامضي، والذي يعزى الى تناول اطعمة تحوي النترات .

النترات وصحة الانسان 6- متلازمة blue baby

لا يزال موضوع تعاطي النترات في الطعام والشراب تحفه الكثير من التساؤلات والمخاطر او الشبهات. ان سقي الاطفال الرضع ماء من ابار غير مخصصة قد تسبب زيادة النترات في اجسامهم عن الحد الموصى به ، فضلا عن احتمال تلوث ماء البئر ببعض البكتيريا التي تختزل النترات الى نايترات. ان معظم الاطفال الرضع من العمر المذكور (عمر الرضاعة) ويتعرضون الى شرب مشروبات ملوثة بتلك البكتيريا ، وهي غير مرضية، لكنها سوف تختزل النترات الى نايترات داخل جسم الطفل (في الدم) فتظهر عليه اعراض زرقة اللون على جلده،

والذي يطلق عليه blue baby، وهذا المرض له علاقة او ارتباط بأمر سيئة اخرى ترتبط به لتشكل ما يسمى متلازمة syndrome ، ان من بين ما يحدث لهذا الطفل هو اكسدة الحديد في هيموكلوبين دم الطفل، والذي يطلق عليه Oxyhemoglobin الذي يسبب حالة التسمم بنوعيه cyanosis و hypoxia، وكلاهما يسبب ظهور اللون الازرق على جلد اعضاء الطفل والذي قد يؤدي الى الاختناق او التسمم. ان النترات بحد ذاتها غير متفاعلة، لكنها من خلال العمليات الحية داخل الجسم يتم اختزال Methemoglobin عن طريق الكريات الحمراء وعلاقتها بأنزيم NAD=Nicotinamide Adenine Dinucleotide . ان الرضع في هذا العمر ، وعادة اقل من ستة اشهر يكونون بطبيعتهم متحسين لمرض Methemoglobinemia المتسبب عن النترات، بسبب قلة انتاج الاحماض في معدة هؤلاء الاطفال، مع وجود عدد كبير من بكتيريا اختزال النايترات فيتم اختزال هيموكلوبين الدم ويقلل من نشاط الجهاز المناعي للطفل. لما ظهرت عدة حالات من هذا المرض في الولايات المتحدة ، اصدرت هيئة اطباء الاطفال الرضع بضرورة استجواب اهل الطفل عن طبيعة الماء الذي تناولوه في البيت، فان ظهر مصدر الماء من بئر خاص بالعائلة ، فانه لابد من توجيهه بفحص ماء ذلك البئر للتأكد من محتوى الماء من النترات، وكذلك التأكيد على الاطعمة المنزلية المحضرة منزليا للطفل من مثل السبانخ والشوندر والقرع والجزر ، او تعرض هذه المنتجات للبخار ليصبح هرسها اسهل للأطفال، وهذه كما اسلفنا تحوي كميات عالية من النترات، وبذا لا ينصح اعطاؤها للاطفال لالرضع بالعمر المذكور ، والحد الادنى لاعطائها لهم ان يكونوا قد تجاوزوا ثلاثة اشهر في الالع تقنين الكمية. من جهة

أخرى، فإن رضاعة الطفل من أمه لا تشكل أية خطوة من حيث محتوى النترات، إذ وجد أن تناول الأم ماء بمحتوى نترات لغاية 100 جزء بالمليون ولم يظهر أي تحليل موثوق أن حليب الأم يمكن أن يحتوي نترات أو نايترات أكثر من الجرعة الآمنة المتعارف عليها. إن أهم استنتاج حول دور النترات في أمراض الأطفال الرضع، هو أن هذه المادة وحدها لا تسبب المرض المذكور، وإنما هناك تداخل يحدث داخل الجهاز الهضمي والدم للطفل فتظهر أعراض المرض.

التعليقات

ملاحظة: على الرغم من أهمية النترات NO_3 كأيون ضروري لتغذية النبات إلا أنه يعتبر من الملوثات البيئية، بسبب إصابة الأطفال بمرض Methemoglobinemia الذي يحصل نتيجة استهلاك النترات الموجود في الماء والخضروات الغنية بالنترات حيث تختزل إلى نترات في القناة الهضمية وبوصول النترات إلى الدم سيتفاعل مع الهيموكلوبين مكون مركب Methemoglobin الذي يؤدي إلى العجز في نقل الدم في الجسم. كذلك تكوين مركب Nitrosamines الذي قد يسبب بعض الأمراض السرطانية لتكوينها مركبات خاصة

النترات وصحة الإنسان 7- السرطان وأمور أخرى

من المعلوم اليوم أن جرعة معينة من مركبات NO و NOS تدخل في تشكل السرطان وأورام أخرى مثل apoptosis ودورة حياة الخلية، ومرحلة metastasis للسرطان وهي ضارة جدا بالمصاب إذ أنها تنقله من مرحلة قد يمكن الشفاء، إلى مرحلة أخرى قد لا يشفى وكذلك تسبب اجتهادات التأكسد وضررا على DNA الكائن الحي، وأمورا أخرى. إذن فهي مجموعة مركبات نايتروجينية ذات خطورة واضحة لحياة الإنسان والحيوان تحت جرعة معينة وظروف مؤاتية. كذلك من المعلوم صحيا أن أنواعا معينة من الأغذية إذا استمر الإنسان على تناولها فإن ذلك يرتبط بظهور عدة أنواع سرطانية. يقدر بعض المختصين أن نسبة 35% من وفيات مرضى السرطان أسبابها تغذوية إن الأغذية التي تحوي مركبات N-nitrosamines ترتبط سلبا بعدة أنواع سرطانية في الإنسان. أوضح مختصون في كل من ألمانيا وأميركا أنه من المحتمل أن النترات قد تتحول إلى N-nitrosamines من خلال تفاعلاتها مع نايترات الغدة اللعابية، مع احتمال وجود مركبات أمينية ثانوية في الطعام. لقد أصبح استخدام النترات والنايترات في حفظ الأغذية في الدول المتقدمة أمرا له رقابة صارمة من أجل صحة الإنسان بضرورة تقنين الكميات التي أوطأ النسب أو محاولة استبدالها بغيرها من المركبات. إن من بين المخاطر التي عرفت كذلك

عن النترات ومركباتها هي انها قد تسرع في تشكل السرطان في الحيوانات المختبرية نتيجة تفاعلها مع الاحماض النووية ولما نشرت هذه المعلومات توجه الباحثون في عدة مختبرات عالمية لاجراء مزيد من الابحاث حول الموضوع نظرا لشدة اهميته في حياة الانسان. بعد سنوات، اثبتت معظم الابحاث ان هذه المركبات هي فعلا مرتبطة بتشكيل بعض انواع السرطان عرف كذلك، ان المركبات المذكورة N-nitrosamines تنتج من تفاعل امينات ذات وزن جزيئي واطى مع النايترات وانها ذات دور سلبي ولاسيما في سرطانات المرئ والامعاء من جهة اخرى، فان التقارير الصحية الصادرة تشير الى انه ليس من الضروري ان يحدث مثل

هذا في الانسان ، غير ان نتائج اخرى في عدة دول اوربية اظهرت عكس ذلك مع ذلك كان الراى الاخير ان هذه المركبات قد لا تسبب السرطان في الانسان. توجه باحثون اخرون الى دراسة تاثير هذه المركبات في تشكل سرطان الدماغ والقولون، ولم تكن النتائج قاطعة علما ان انواع السرطان ذات خصوصيات غير امنة في التشخيص، مع ذلك سمحت منظمة WHO للانسان الذي هو بوزن 60 كغم مثلا ان يتناول يوميا ما لا يزيد عن 222 ملغم نترات ويديهى هذه الكمية هي خمس غرام يمكن ان تدخل جسم الإنسان من تناول كمية قليلة من الخضر كان يأكل مثلا راس خس او راس جزر او شوندر او حتى تفاحة الاولى الانتباه لذلك، والموضوع كما راينا حرج جدا ولا ارى سهولة لتصرف الانسان من تلقاء نفسه بمثل هذه الامور، لأنها مرتبطة بكم من النترات في جسم الانسان، وهل هو مرشح للإصابة بالسرطان بحسب تحليل جيناته، او انه مصاب في مرحلة مبكرة او انه في مرحلة metastasis. حفظكم الله واينا من كل سوء ، وهذا لخير الاخرة والدنيا، انه هو الهادي، ولا حول ولا قوة الا به.

س/ حول نظام التسميد الحالي للخضر والمحاصيل الأخرى المعتمد حاليا سواءاً في العراق او غيره وخاصة الأسمدة النتروجينية كما ونوعا تأثير على % للإصابة بالسرطان وهل الذهاب إلى استخدام الأسمدة العضوية يقلل من خطورة هذه الأسمدة

ج/ من الضروري التقليل من الاسمدة النايتروجينية ، ولكن ليس للحد الذي لا نحصل عليه على حاصل عال، والاسمدة العضوية لا يزيد فيها N عن 5% بأعلى حال.

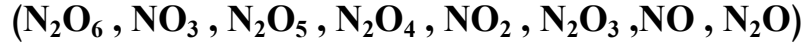
س/ هل توجد علاقة بين النترات والنترت في المياه الجوفية

ج/ اذا لم تكن هناك بكتيريا معينة او نشاط اكسدة لا ارى علاقة.

المحاضرة الثالثة عشر

III - أكاسيد النتروجين (NO)

يرمز الى هذه المجموعة من الأكاسيد الغازية بالرمز NO ويمكن الكشف على ثلاثة منها في الجو علما بان مجموع أكاسيد النتروجين المعروفة هو ثمانية أكاسيد:



هذه الأكاسيد الثلاثة هي:

1- أكسيد النتروز (N_2O):

غاز عديم اللون، لا يساعد على الاشتعال، وغير سام وله طعم حلو خفيف .

2- أكسيد النتريك (NO):

غاز عديم اللون، لا يساعد على الاشتعال، وعديم الرائحة ولكنه سام.

3- ثاني أكسيد النتريك (NO_2):

غاز قهوائي محمر، لا يساعد على الاشتعال، وسام له رائحة قوية خانقة وندون فيما يأتي معلومات مهمة من الناحية البيئية متعلقة بهذه الغازات.

I. مصادر أكاسيد النتروجين:-

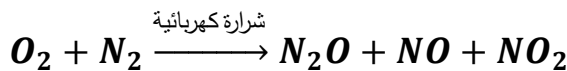
مرة اخرى تسهم المصادر الطبيعية أكثر مما تسهم به فعاليات الانسان في هذه الأكاسيد الى الجو ويلاحظ بهذا الخصوص ما يأتي:-

(أ). أن جميع غاز أكسيد النتروز (N_2O) يتكون تقريبا من عمليات طبيعية ولا دخل للإنسان فيها.

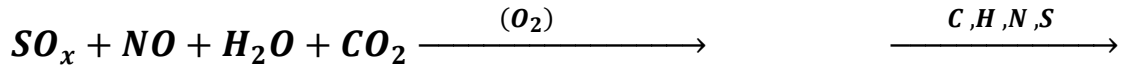
(ب). فيما يخص غاز أكسيد النتريك (NO) فإن ما يقرب من 80% يتولد نتيجة العمليات طبيعية و 20% منه من فعاليات الانسان (Anthropogenic).

(ج). أن جميع غاز ثاني أكسيد النتريك تقريبا يتولد من فعاليات الانسان.

ان من اهم العمليات الطبيعية التي تسهم بضح كميات كبيرة من أكاسيد النتروجين الى الجو هي عمليات التفسخ البكتيري للمركبات الحاوي على نتروجين في تركيبها وتقدر كميات NO المتولدة عن هذه العملية ب 392 مليون طن في السنة واما كمية غاز NO المتولدة بهذه الطريقة نفسها فنقدر به 430 مليون طن في السنة الواحدة. وتتولد كمية اضافية (قليلة نسبيا) من الأكاسيد الثلاثة (N_2O, NO, NO_2) نتيجة لاتحاد الأوكسجين والنتروجين بفعل الصواعق.

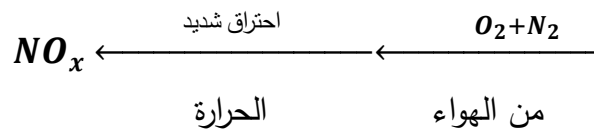


يعد حرق الوقود العضوي الحاوي على نيتروجين في تركيبه من الطرق التي تسهم في توليد أكاسيد النيتروجين ضمن الفعاليات الانسانية:



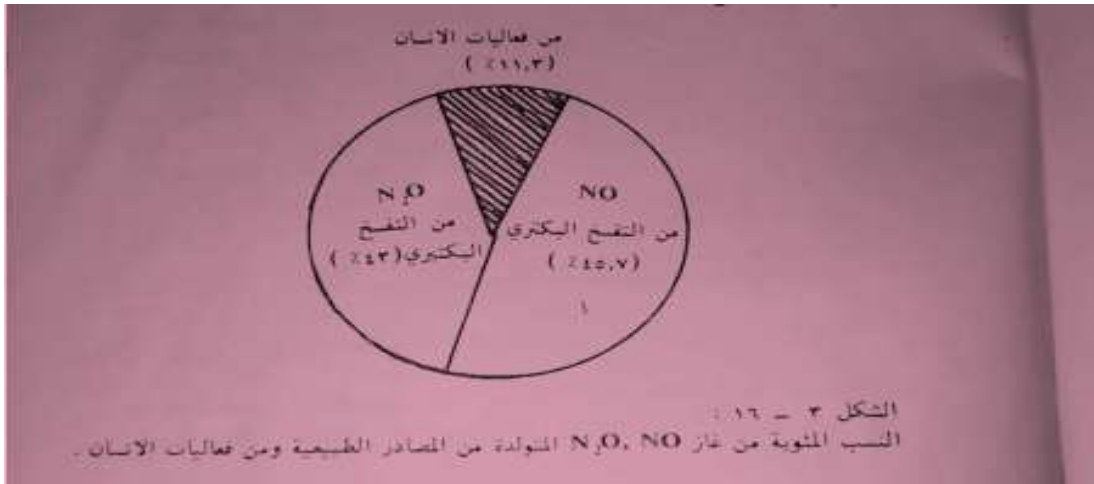
وقود عنصري يحتوي على هذه العناصر احتراق الهواء

وتتولد في اثناء الاحتراق كميات اضافية من NO_x تعادل اضعاف الكمية المتسببة من وجود النيتروجين في الوقود العضوي نفسه وذلك بسبب اتحاد اوكسجين ونيتروجين الهواء في درجات الحرارة العالية في اثناء الاحتراق:



نظرا لكون غاز N_2O غير ملوث البيئة فإن المقصود بالرمز NO ها الغازان NO ، NO_2 فقط من الان ولاحقاً في مناقشتنا هذه وان نواتج الاحتراق تحوي عادة من 10 الى 10% غاز NO واما غاز NO_2 فيقل عادة عن 10%.

تقدر الكمية الناتجة بالأطنان من حرق الوقود في كافة انحاء العالم بـ 109 مليون طن في السنة (أو ما يعادل 163 مليون طن من NO ، فيما لو تحول جميع غاز NO الى NO_2) ويبين الشكل 3-16 توزيع مصادر NO الطبيعية ومن الفعاليات الانسانية .



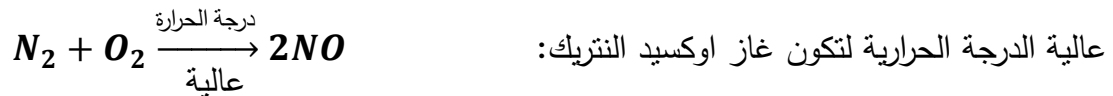
يجب أن لا نستهيبن بالنسبة المئوية المنخفضة نوعاً ما لكمية غاز NO المتولدة من فعاليات الانسان عند مواردها مع كمية هذا الغاز المتكونة من المصادر الطبيعية ، وتنطبق هنا المناقشة نفسها التي عرضناها في موضوع غاز اول اوكسيد الكربون (CO) وهي أن فعاليات الانسان تكون في نقاط محددة تتمثل بأماكن مزدحمة بالناس واشكال الحياة الاخرى ويلعب سوء الأحوال

الجوية دورا هاما في تعقيد المشكلة ، وقد تتركز هذه الأكاسيد (NO) الى حدود غير مقبولة تؤدي الى كوارث بيئية . من الناحية الأخرى فإن العمليات الطبيعية تتوزع على كافة انحاء العالم وهي ضمن التوازنات الطبيعية التي نشأت فيها الحياة على الارض كما نعرفها الان . وبخصوص توليد غازات (NO) من فعاليات الانسان تبين النتائج في الجدول 3 - 8 المذكور في ادناه انتاج هذه الغازات بواسطة المصادر الفرعية ضمن هذه الفعاليات محسوبة من قبل وكالة حماية البيئة (EPA) في الولايات المتحدة.

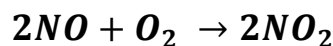
الجدول 3 - 8 المصادر المسؤولة عن انتاج NO₂ في الولايات المتحدة محسوبة على شكل

أسم المصدر	مليون طن في السنة	النسبة المئوية من المجموع
- وسائل النقل	11.7	51.5
- حرق الوقود في المصانع الصناعية	10.0	44.0
- التسرب من الطرق الصناعية	0.2	0.9
حرق الفضلات الصلبة	0.4	1.8
مصادر متنوعة أخرى:	0.4	1.8
• حرق الفضلات الزراعية	0.3	
• حرائق الغابات	0.1	
المجموع	22.7	100

كنا قد ذكرنا ان اوكسجين الهواء (31%) يتحد مع نتروجين الهواء (78%) في الاحتراقات



من الناحية الثرموديناميكية فإن هذا التفاعل ماص شديد للحرارة (Highly Endothermic) وان اول ابتداء تكون NO يحدث في درجة حرارة 1200 م ويحدث بصورة اكفاً في المجال القريب من 2000 م ومع انه لا يكون الا كمية قليلة نسبيا من غاز NO الا ان هذه الكمية ذات اعتبار من النامية البيئية. عند تكون NO يتفاعل مع كمية أخرى من الأوكسجين لتكون غاز

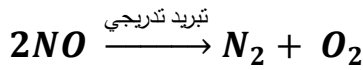


تبين النتائج المدونة في الجدول 3 - 9 المذكور في ادناه العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة عند تكون غاز NO أثناء احتراق الوقود.

جدول 3 - 9 العلاقة بين سرعة التفاعل ودرجة الحرارة عند تكون غاز NO

درجة الحرارة (م°)	تركيز NO عند حالة التوازن (جزء بالمليون PPM)	الوقت اللازم لتكوين 500 جزء بالمليون (PPM) بالثواني
27	$10^{10} \times 7.1$	-
527	0.77	-
1316	55.0	1370
1538	1380	162
1760	2600	1.100
1980	4150	0.117

يتضح من النتائج في الجدول 3 - 9 ان سرعة تكوين 500 جزء بالمليون تكون بطيئة جداً في الدرجات الحرارية أقل من 1300 م° ولكنها تزداد بسرعة كبيرة عندما ترتفع عن ذلك. يجب أن نذكر بخصوص تكوين غاز NO أن من اهم عوامل تثبيته بهذا الشكل هو التبريد السريع وبدون ذلك يتفك هذا الغاز في اثناء التبريد الى النتروجين والوكسجين مرة اخرى.



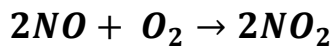
ويجب أن ننوه أن في معظم الأجهزة التي تعتمد في عملها على حرق الوقود نسبة مهمة من الطاقة الحرارية للنواتج الغازية للأحترق تنجز عملاً مفيداً مثل (تحريك مكبس او ما شابه ذلك) وبكلمة اخرى ان هذه الغازات تبرد بسرعة مؤدية الى تثبيت نسبة كبيرة من غاز NO المتكون في أثناء الأحتراق.

ندون الملاحظات الآتية فيما يخص الكيمياء المتعلقة بتكوين غاز ثاني اوكسيد النتروجين (NO₂)

1- يكون غاز NO₂ غير مستقر عند درجات الحرارة العالية ، ويبدأ بالتفكك فعلياً عند درجة حرارة 150م° ويكون التفكك كاملاً في درجة 600 م° وعليه فإن كمية قليلة جدا يمكن ملاحظتها من هذا الغاز في الاحترقات العادية.

2- عندما تغادر الغازات الناتجة من الاحترق المنطقة الاحترق تبرد بسرعة الى درجات

حرارية أقل من 100 م ويبدأ قسم من غاز NO بالتحول الى غاز NO₂



ولكن سرعة هذا التفاعل بطيئة وتصبح أكثر بلعا عند انخفاض درجة الحرارة الى اقل من 100م° بدرجة ملحوظة ، وعليه وكما ذكرنا سابقا فإن كمية NO₂ الناتجة من الاحترقات العادية لا

تتعدى (في أحسن احوالها) العشرة بالمئة في مجمل تركيز غازات NO وكما يلاحظ عمليا في الغازات الناتجة من حرق الوقود الثقيل في محطات توليد الطاقة الكهربائية في حين لا تتعدى نسبة ٢ الى ٣ ٪ من غازات عوادم السيارات.

من الأمور المهمة من الناحية البيئية مسألة تحول الكميات الكبيرة من غاز NO في الجو الي غاز NO₂ في الظروف الجوية العادية وقد أظهرت الدراسات ان هذا التحول يعتمد على تركيز NO بالدرجة الأولى وكما مبين في الجدول 3-10.

الجدول 3 - 10 سرعة تأكسد NO إلى NO₂ في الهواء عند درجة 20 م°

تركيز غاز NO (جزء بالمليون)	الوقت اللازم لتحقيق درجة التحويل (conversion) المبينة		
10000	8.4 ثانية	24 ثانية	3.6 ثانية
1000	1.4 دقيقة	4 دقيقة	36 دقيقة
100	14 دقيقة	40 دقيقة	6 ساعات
10	2.3 ساعة	7 ساعة	63 ساعة
1	24 ساعة	72 ساعة	648 ساعة

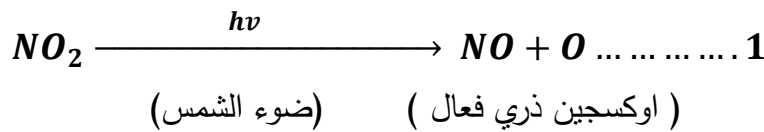
يكون تركيز NO في منطقة الاحتراق قريب من 3000 جزء بالمليون ولكن هذا التركيز يخفف الى ما يقرب من 1 جزء بالمليون في الهواء العادي ولذا فإن الحقل الاخير في الجدول 3- 10 المذكور في اعلاه مثل الحالة الطبيعية وقد أثبتت الدراسات أنها قريبة جدا من الواقع الفعلي.

III. الدورة الكيمياوية الضوئية الثاني اوكسيد النتروجين:

(Photochemical Cycle -NO)

بعد زيادة تركيز NO₂ من جراء فعاليات الإنسان فقد أثبتت الدراسات الحديثة وجود تفاعل ضوئي يحدث في اثناء النهار ، ويعرف هذا التفاعل بالدورة الكيمياوية - الضوئية لثاني اوكسيد النتروجين ، ويحدث هذا التفاعل بالتسلسل الاتي:

1- تفكك غاز NO₂ بتأثير ضوء الشمس الى غاز NO والاكسجين الذري:

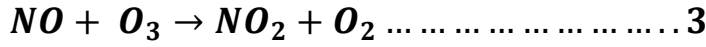


٢ - التفاعل بين الأوكسجين الذري والاكسجين الجزيئي (العادي) في الهواء لتكوين غاز الأوزون:

$$O + O_2 \rightarrow O_3 \dots\dots\dots 2$$

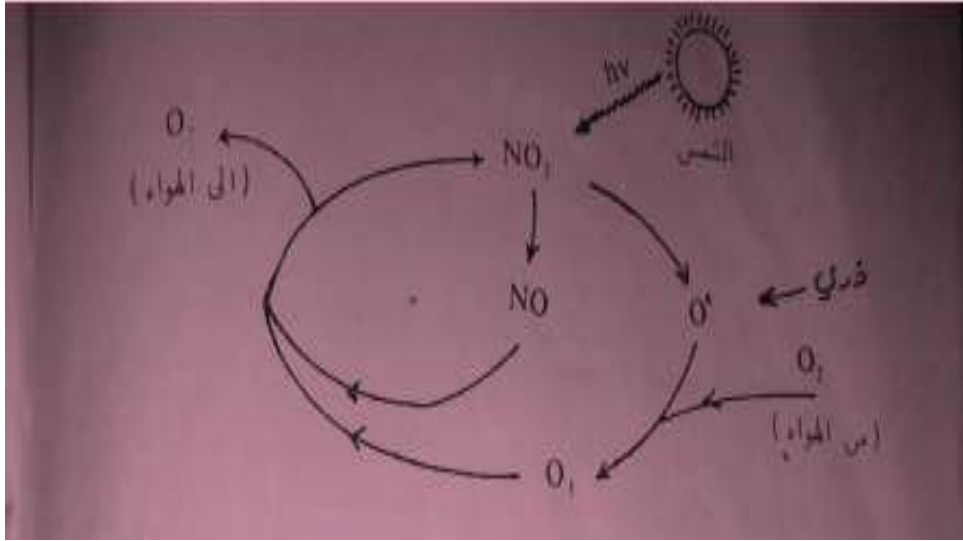
2- تفاعل غاز NO الناتج من الخطوة الأولى مع الأوزون الناتج من الخطوة الثانية وإعادة

انتاج غاز NO₂ الأصلي وتحرير الأوكسجين المستهلك في الخطوة الثانية:

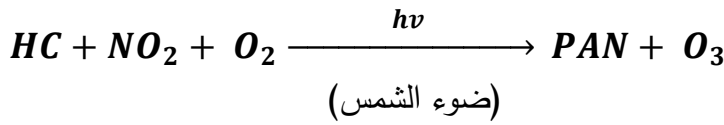


يعطي المخطط المذكور في أدناه إيضاحا إضافيا لهذه الدورة الضوئية.

من المفروض أن هذه الدورة تبدأ وتنتهي بدون أي إضافة أو نقصان في مكونات الهواء ولكن الذي يحدث فعلا هو غير ذلك بسبب تدخل ملوثات أخرى موجودة في الهواء متأنية من فعاليات الانسان ومن أهمها الهيدروكربونات الغازية التي ينشا معظمها من نفس منشأ غاز ثاني أوكسيد النتروجين. وتؤدي النتيجة النهائية لتدخل الهيدروكربونات في هذه الدورة الى زيادة تركيز غاز NO₂ أي أنها تسرع عملية تحول NO الى NO₂ بسبب تفاعلها مع الغاز الأخير NO₂.

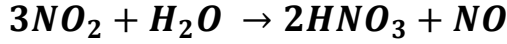


مكونة ملوثات قوية جدا تعرف بالمؤكسدات الكيمياوية - الضوئية (Photochemical oxidants) ومن الأمثلة عليها نترات البيروكسي أسيل (Peroxy acy nitrates) التي يرمز لها بالرمز (PAN) وتتكون هذه المواد كما مبين باختصار في المعادلة الاتية علما بأن الموضوع ستنم مناقشته بتفصيل ملائم لاحقا .

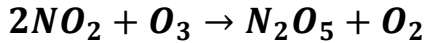


IV - مصير NO_x في الجو:-

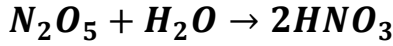
يتحول معظم NO_2 المتبقي في الجو الي حامض النتريك و ينزل مع ماء المطر أو مع الغبار وبذلك تبدأ مرحلة جديدة من التخريب البيئي بسبب تأثير هذه المياه الحامضية على النباتات والحيوانات والممتلكات ، إضافة الى الانسان نفسه . ولا زالت ميكانيكية إذابة وإزالة NO_2 في ماء المطر غير معروفة بالضبط حيث أن التفاعل:



سرعته بطيئة في الظروف العادية، ولا تكفي هذه السرعة لإزالة جزء من NO_2 وقد تم اقتراح التفاعلات الآتية لتسريع عملية الذوبان والإزالة:



الأوزون



وان حدث ذلك فعلا خاصة في طبقات الجو العليا فسيضيف ذلك خطورة اخرى على طبقة الأوزون تهدد باختفائها علما بان هذه الطبقة تقوم بترشيح الإشعاع الشمسي من الأشعة فوق البنفسجية وتمنع وصولها الى سطح الارض (سنأتي على شرح ذلك بتفصيل ملائم لاحقا في هذا الفصل).

وقبل اختتام هذه الملاحظات عن مصير NO_x في الجو فقد اثبتت بعض الدراسات الحديثة أن هناك دورة لبعض انواع التربة في ازالة اكاسيد النتروجين (Soil sink)

V- تأثيرات أكاسيد النتروجين (NO)

أ- التأثير على النبات

من الصعوبة تحديد هل أن NO_x تؤثر مباشرة على النبات أم أن نتائج تفاعلات هذه الأكاسيد مع الهيدروكربونات في الدورة الكيماوية الضوئية لثاني اوكسيد النتروجين (NO_2) هي التي تسبب التأثيرات التي تمت ملاحظتها على بعض انواع النباتات.

لقد تم ملاحظة تأثيرات كبيرة على النباتات القريبة من معامل حامض النتريك بسبب تسرب NO_2 الى الجو وعند تعريض العديد من النباتات في المختبر الي تراكيز مختلفة من غاز NO_2 ولفترات قصيرة واخرى طويلة ظهرت تأثيرات متباينة على نبات القطن والفاصوليا والطماطة وبعض اشجار الحمضيات . ولم تظهر الدراسات أي تأثير الغاز NO على النباتات في التراكيز الموجودة حاليا في الجو .

ب - التأثير على الإنسان :

فيما يخص الانسان فإن كلا من غازي NO و NO_2 يشكلان خطورة عليه ويعد NO_2 أكثر سمية من NO بدرجة ملحوظة ولم تسجل لحد الان حالة وفاة بسبب تراكيز غاز NO الحالية في الجو وبالمقابل تعزى معظم الاصابات والحالات الخطرة الى غاز NO_2 . يؤثر غاز NO_2 على جهاز التنفس ولا زالت تراكيز هذا الغاز في الهواء أقل من حدود الخطورة أما الأعراض المختلفة المعروفة طبية عن تأثيرات هذا الغاز فقد انتم تشخيصها من خلال تعريض متطوعين الى تراكيز متنوعة (قليلة عادة) من هذا الغاز ولدد مختلفة ، وكذلك من تعريض بعض الحيوانات الى تراكيز عالية. ان الأعراض التي تظهر (أو يتوقع أن تظهر) على الإنسان عند تعرضه الى تراكيز مختلفة من غاز NO_2 هي كما في الجدول 3 - 11 المذكور في ادناه.

الاعراض او الانفعال	تركيز غاز NO_2 (جزء بالمليون)
الأحساس بالرائحة	3 - 1
تخديش الانف	10 - 5
ضيق التنفس	15 - 10
ضيق شديد في التنفس	أكثر من 20
احتقان السوائل في الرئة	أكثر من 30
الموت	حوالي 100

ج - التأثير على الممتلكات

أظهرت الدراسات أن اهم المواد التي تتأثر بأكاسيد النتروجين الاصبغ النسيجية والألياف النسيجية وسبائك النيكل - البراس .
الاصباغ التي لوحظ أنها تتأثر اكثر من غيرها هي من النوع المستعمل مع الرايون (**rayon**) ومع القطن ومع فسكوز الرايون (**viscose rayon**) . وقد تم الكشف عن تأثير NO على سبيكة النيكل - البراس من خلال التأثيرات التي سببها الغبار المتراكم على اسلاك التلفونات المتأكلة حيث ظهر أن هذا الغبار كان محملا بأكاسيد النتروجين.

V1- السيطرة على التلوث بأكاسيد النتروجين :

لا زالت الطرق المتبعة في السيطرة على التلوث بأكاسيد النتروجين اقل تطورا من طرق السيطرة على الملوثات الغازية الأخرى للأسباب المبينة في ادناه والتي تعزي جميعا الى كون NO_2 تنتج من حرق الوقود :

1- استعمال انواع متعددة من الوقود قد تختلف في طبعها أو الطور الذي لا تستعمل فيه (غاز ، سائل ، صلب).

2- استعمال تصاميم مختلفة من الحارقات.

3- الوصول الى درجات حرارية مختلفة في اثناء الاحتراق اعتمادا على طبيعة وطور الوقود وكذلك اعتمادا على تصميم الحارقة.

4- وجود ملوثات اخرى مع اكاسيد النتروجين (NO) في غازات الاحتراق التي تسبب عرقلة وتعقيدا في عمليات السيطرة على).

وبسبب تداخل هذه الأسباب مع بعضها فليس من السهولة الوصول الى طريقه موحدة للسيطرة على غازات NO_x . تعتمد معظم طرق السيطرة الحديثة على الاساسين الآتيين :

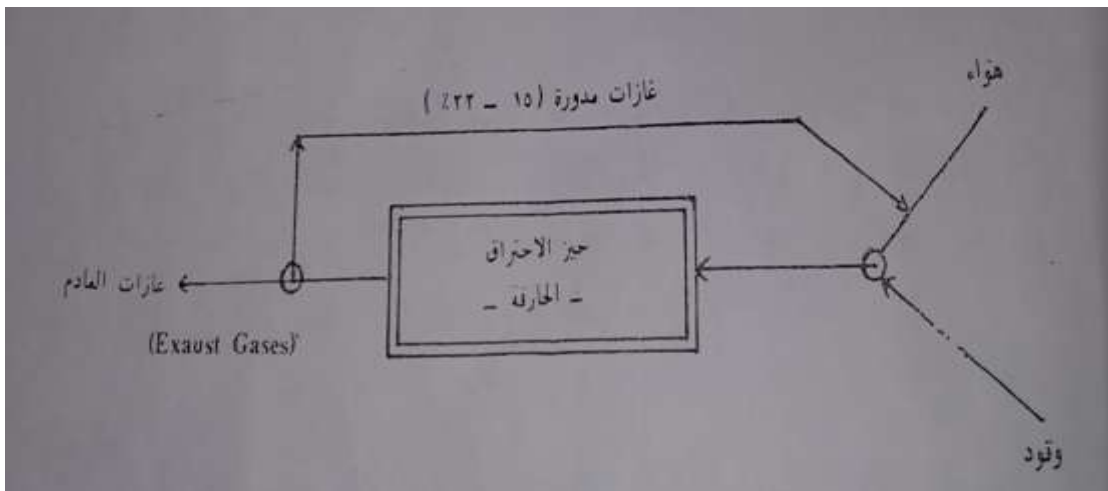
ا- اما تحويل الحارقة وضبط ظروف الاحتراق ، او

ب - ازالة NO من غازات الاحتراق .

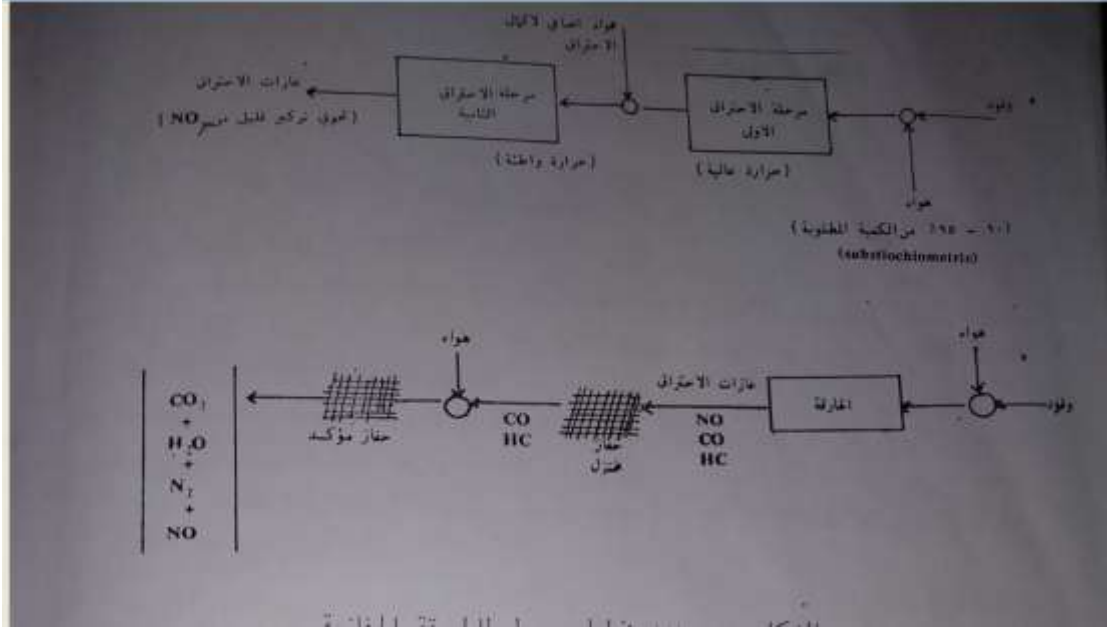
بالنسبة لتحرير الحارقة فإن اساس هذا التطوير يتركز على خفض درجة الاحتراق العليا (**Peak Combustion temperature**) وتقليل وجود غاز الاوكسجين ومن هذا الأساس

تطورت طريقة تدوير غاز العادم **Exhaust Gas Recirculation (EGR)**.

وبسبب كون غازات العادم خاملة وغير قابلة للاحتراق فإن تدوير قسم منها (اعادته الى الحارقة) سيؤدي الى تخفيف الوقود وبذا تنخفض درجة الحرارة العليا وتقل كذلك نسبة الاوكسجين بسبب عدم احتواء الغازات المدورة عليه . تستعمل هذه الطريقة في السيارات بصورة رئيسة ويمكن توضيحها بالمخطط الآتي:



وهناك تطوير اخر في هذا المجال مبني على الاساس نفسه . أي خفض درجة الاحتراق العليا وتقليل كمية الأوكسجين في مزيج الوقود والهواء وهذه الطر بنه تسمى « طريقة الاحتراق على مرحلتين» (Two Stage Combustion) ويقترح استعمالها في محطات توليد الطاقة الكهربائية (Power Stations) ويوضح المخطط المذكور في أدناه هذه الطريقة:



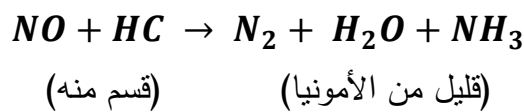
الشكل 3- 17 مخطط مبسط للطريقة الحفازية

وأخيراً نذكر في مجال السيطرة على NO_x ان الدراسات لا زالت مستمرة بخصوص تطوير طريقة حفازية (Catalytic Control) تستعمل في السيارات ولا زالت لحد الان لم تصل مرحلة التطبيق. وتعتمد هذه الطريقة على التحولات الكيميائية الاتية التي تجرى على غازات العادم

- اختزال NO الى $O_2 + N_2$

- أكسدة CO والهيدروكربونات (HC) الى CO_2 و H_2O وعليه فإن المطلوب استعمال حفاز ثنائي الوظيفة (Dual function Catalyst) ويعطي المخطط في الشكل 3 - 17 تبسيطاً لهذه الطريقة.

تحدث التفاعلات الاتية في مرحلة الاختزال :



وفي مرحلة التأكسد تتأكسد الأمونيا مرة أخرى الى قليل من NO (اي قليل و NO) أما الجزء الأكبر من NO فيكون قد أزيل المزايا الرئيسية لهذه الطريقة انها تزيل CO والهيدروكربونات (HC) ومعظم NO .

III. الهيدروكربونات والمؤكسدات الكيماوية الضوئية

تتكون الهيدروكربونات وكما يدل اسمها من الكاربون والهيدروجين وتعد الانواع المعروفة منها بالمئات وتوجد في جميع الاطوار - الغازية والسائلة و الصلبة - ولا تعد الهيدروكربونات بحد ذاتها، مواداً ملوثة خطيرة - عدا القليل منها خاصة الأروماتية - ولكن تكمن خطورتها في تفاعلاتها اللاحقة مع الملوثات الاخرى وبوجود ضوء الشمس والاكسجين ومواد اخرى في الجو. تصنيف المواد الهيدروكربونية عادة الى مركبات أليفاتية (Aliphatics) وقد تكون هذه المركبات مشبعة (Saturated) أو غير مشبعة (unsaturated) والى مركبات أروماتية (Aromatics) وقد تكون أحادية ، ثنائية ، أو متعددة الحلقة الأروماتية.



يبين الجدول 3-12 أهم المركبات التي توجد في أجواء المدن الكبيرة مع تراكيبها الكيماوية وان تراكيز بعضها اخذ في الازدياد وعند التحليل الدقيق لهواء بعض المدن الكبيرة، وكما حصل عند تحليل هواء مدينة لوس أنجلوس الأمريكية ، تم الكشف عن 59 مركباً هيدروكربونياً فيه ومنها تلك المذكورة في الجدول 2 - 12.

الجدول 3-12 امثلة على مركبات هيدروكربونية توجد في اجواء المدن الكبيرة ومصادرها

الرئيسية

الجدول 3 - 12

أمثلة على مركبات هيدروكربونية توجد في اجواء المدن الكبيرة ومصادرها الرئيسية

اسم المركب	صيغته الكيماوية	مصادره الرئيسية
غاز الميثان	CH ₄	مصافي النفط ومصادر طبيعية من التفسخ البكتيري
غاز الاثيلين	CH ₂ = CH ₂	مصافي النفط
الايزوبرين	CH ₂ = C-CH = CH ₂	الصناعات البتروكيماوية
α - باينين	CH ₃ CH ₃	والاشجار الكبيرة الاشجار الكبيرة
البزين		مصافي النفط ، العمليات الصناعية ، المختبرات الكيماوية
التلوين		

1- مصادر الهيدروكربونات:

أن المصادر الرئيسية للهيدروكربونات وكما هي الحال مع غازي CO و NO هي مصادر طبيعية لا دخل للإنسان فيها تنتجها عمليات التفسخ البكتيري الأشكال الحياة الميتة والمركبات العضوية وأهم ما تنتج هذه العمليات من المواد الهيدروكربونية هو غاز - الميثان الذي تقدر كميته في جميع أنحاء العالم بـ 310 مليون طن في السنة نتيجة عملية التفسخ البكتيري في المستنقعات والأحراش الغابات . تنفث الأشجار الكبيرة مركبات هيدروكربونية كبيرة الجزيئة مثل التربينات والهيمي تربينات (α - باينين والايزوبرين) وتقدر كمية هذه المواد على مستوى العالم بـ 170 مليون طن في السنة. ولا بد أن نذكر أن هناك نسبة ولو قليلة من الهيدروكربونات تنتج طبيعياً من بعض الفعاليات الجيولوجية الحرارية (Geothermal activities). تنتج فعاليات الإنسان المختلفة على مستوى العالمي ما يقدر بـ 88 مليون طن في السنة من المواد الهيدروكربونية ، نتج معظمها من العمليات المتعلقة بالصناعات النفطية والغاز الطبيعي والفحم الحجري. يبين الشكل 3 - 18 توزيع مصادر الهيدروكربونات الطبيعية وتلك من فعاليات الإنسان.



شكل (3-18) مصادر الهيدروكربونات

المصادر:

- 1- علي: لطيف حميد ؛ التلوث الصناعي المصادر - كيمياء التلوث - طرق السيطرة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة الموصل؛ كلية العلوم - قسم الكيمياء؛ 1987

تم بفضل الله

والحمد لله رب العالمين

وأفضل الصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم