التلوث العالمي للأمطار الحامضية وتأثيرها على البيئة

م. ابتسام عدنان رحمن
جامعة الكوفة- كلية التربية للبنات - قسم الجغرافية

المستخلص :-

إن المطر الحامضي هو عبارة عن الهطول الملوث بأحماض سواء اكان مطراً أو برداً وهو مصطلح يطلق على المطر الذي يكون معدل الأس الهيدروجيني فيه أو مايسمى درجة الحموضة أقل من (٥،٦) إذ أن درجة الحموضة في الماء الطبيعي هي(٧).

تتكون الأمطار الحامضية بسبب مركبات النيتروجين والكبريت الناتجة عن الأنشطة البشرية كالمصانع ووسائط النقل والتي تتفاعل في الجو لتكون الأحماض.أن المصادر الرئيسية في تكوين الأمطار الحامضية هي ثنائي أوكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين،وأن هذه الغازات هي منتجات ثانوية لعمليات أحتراق بدرجات حرارة عالية وأن مقياس درجة الحامضية هو مقياس لوغاريتمي مكون من (١٤)درجة فأذا كان هذا الرقم الهيدروجيني يتراوح بين (٦.٥)فيكون نوع المطر هنا مطر طبيعي وليس له اية تأثيرات بيئية سلبية،أما إذا كان الرقم الهيدروحيني للأمطار (٥.٤) فهي أمطار متوسطة الحامضية وتكون أثارها قليلة وغير ملحوظة ولكنها مع الأمد الطويل تصبح أثارها كارثية لبعض الحيوانات المائية،أما أذ كان الرقم الهيدروجيني يتراوح(٤.٣)فتصبح الأمطار عالية الحامضية وهي تترك أثار بارزة في العالم الحيوي من نبات وأحياء مائية مدمرة أياها.أما إذا تدنى الرقم الهيدروجيني دون (٣)يجعل المطر شديد الحامضية وهو مطر قاتل للأحياء المائية والغطاء النباتي ولايصلح للاستعمال البشري.

وللأمطار الحامضية تأثيرات كبيرة على البيئة فهي تؤثر على التربة إذ تؤدي إلى تدميرها كما تؤدي إلى الأضرار بالغابات والأشجار كما لها تأثير على البحيرات إذ تؤدي إلى زيادة حموضة هذه البحيرات كما تؤدي إلى الأضرار بالكائنات الحية وكذلك تؤدي إلى الأضرار بالمباني والمنشئات العمرانية والآثار.وللتخفيض من حدة وأثار هذا المطر الحامضي لابد من أتباع عدد من الخطوات منها الحد من

حرق الوقود داخل المصانع ومحطات توليد الطاقة ووسائل المواصلات واستخدام أفران ومواقد جديدة تقلل من انطلاق كل من أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين واستخدام محطات التكرير الحديثة التي تنتج نفطاً يحتوي على نسبة منخفضة من الكبريت وكذلك طلاء المنشئات والمباني والأثار بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها من الأثار الضارة لسقوط الأمطار الحامضية عليها وكذلك أضافة كاربونات الكالسيوم إلى التربة المتضررة من الأمطار الحامضية.

المقدمة

لا يمكن أن يشك أحد اليوم بأهمية القضايا البيئية للأرض،وذلك نتيجة لخطورة الوضع ،ووصوله إلى درجة خطيرة مثل مشكلة "الأمطار الحامضية"التي يصفها علماء البيئة بأنها كارثة تسير ببطء وتدمر النباتات وتفسد الأنهار والبحيرات وما تحتويه من خيرات كما تسبب تأكل المنشئات الحجرية والمعدنية وأثرت سلباً على صحة الإنسان.

تعد الأمطار الحامضية واحدة من مظاهر التلوث لاسيما تلوث الهواء،إذ ينتج عن الاستعمال المتزايد لجميع أنواع الوقود المختلفة،وما ينتج عنها من ملوثات كما في (مركبات أكسيد الكبريت،و كبريتيد الهيدروجين،وأكسيد النتروجين،وأكسيد الكربون)التي تتصاعد إلى الجو وبفعل الأشعة فوق البنفسجية يحدث تفاعل بين غاز ثنائي أكسيد الكبريت و أوكسجين الهواء الجوي، إذ ينتج غاز ثلاثي أكسيد الكبريت الذي بدوه يتحد مع بخار الماء الموجود في الجو منتجاً حامض الكبريتيك،إذ يبقى هذا الحامض بصورة رذاذ دقيق معلقاً في الجو وتنقله الرياح من مكان لأخر. وعندما يكون الجو صافياً فأن هذا الرذاذ الدقيق من الحامض يبقى معلقاً في الجو بصورة ضباب،وعندما يصبح الجو ممطراً والبرودة شديدة فأن رذاذ الحامض يذوب في ماء المطر ويختلط مع الجليد ويسقط على سطح الأرض على هيئة ما يعرف بالأمطار الحامضية.

إن الصناعة هي المصدر الرئيسي لما يعرف بظاهرة الأمطار الحامضية (Acid rain)وهي تلك الأمطار التي تكون قيمة الأس الهيدروجيني لها يتراوح غالبا بين (٥,٤)وقد يعزى هطولها الى التلوث الصناعي وانطلاق كميات هائلة من اكاسيد الكبريت والنتروجين يظل هو السبب الأكبر في تكون الأمطار الحامضية.

لم يكن الإنسان يدرك مدى ضخامة الضريبة التي سيدفعها لقاء تطوره الحضاري ورفاهيته التي حلم بها،ومن هذه الضرائب الأمطار الحامضية.التي تعد أحد مشاكل هذا العصر،وتنتج عن تلوث الجو ببعض المركبات الكيميائية مثل أكاسيد الكبريت والنيتروجين التي تتفاعل بسرعة مع الماء وبخاصة في

ساعات النهار حيث تقوم أشعة الشمس بدور مساعد على حدوث التفاعل.فالمطر الحامضي ملوث خطير والذي تكون درجة حموضته(PH)أقل من(٧)وهو كالمطر العادي لا لون له ولا طعم ولا رائحة.

وللأمطار الحامضية تأثير كبير على البيئة إذ تزيد من حمضية مياه الأنهار و الينابيع والبحيرات،وتؤثر أيضا على التربة الزراعية،فتؤدي إلى انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين.وتراجع معدل تحلل المواد العضوية،وهذه التأثيرات السلبية تؤدي إلى انخفاض إنتاجية الغابات والأراضي الزراعيةكما تؤثر كذلك على الأبنية إذ تؤدي إلى تلفها وتدميرها وخاصة الأبنية الأثرية القديمة وتتسبب الأمطار الحامضية كذلك في أضرار صحية كبيرة للإنسان.ومن ذلك احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها وكذلك السعال و الاختناق وتلف الأنسجة.

وقد تضمن البحث أربعة مباحث تناول **المبحث الأول** الإطار النظري من حيث مشكلة البحث ،الفرضية ،الأهمية،الهدف،والمنهجية **والمبحث الثاني** نص على الأمطار الحامضية من حيث تعريفها ونبذة تاريخية عنها وأنواعها ومقياس درجة الحامضية **والمبحث الثالث** جاء بعنوان التحليل الكيميائي للأمطار الحامضية من حيث تكوين الأمطار الحامضية واهم الغازات المؤدية إلى تكوينها والتوزيع الجغرافي للأمطار الحامضية أما **المبحث الرابع** فقد درس به الآثار السلبية للأمطار الحامضية على البيئة والجهود الدولية المبذولة لعلاج هذه المشكلة ووسائل التقليل من غازات الكبريت والنيتروجين.

المبحث الاول :- الاطار النظري

أولاً: مشكلة البحث

تمثلت مشكلة البحث بالتساؤل الاتي :-

هل للامطار الحامضية تاثيرات واضحة على البيئة ؟وماهي ابرز الانظمة البيئية المتاثرة بهذه الظاهرة ؟وماهي السبل الكفيلة للحد من هذه الظاهرة ؟

ثانياً: فرضية البحث

تمثلت فرضية البحث بالاتي:

ان ظاهرة الامطار الحامضية لها تاثيرات بيئية واضحة على النظام الحيوي ممثلا بصحة الانسان وسلامة الكائنات الحية البرية والمائية فضلا عن تاثيراتها التدميرية لنوعية التربة والمياه .

-والمقصود بالانظمة البيئية هنا هي (النظام الحيوي ،الانسان والتنوع النباتي والحيواني ،النظام الهوائي ،النظام الصخري (بضمنها التربة)،والنظام المائي).

ثالثاً: أهمية البحث

نظرا لما لمشكلة الأمطار الحامضية من أهمية كبيرة في العالم على الصعيد العالمي التي تعكس تأثيراتها المباشرة وغير المباشرة على جميع دول العالم لذلك يتوجب الاهتمام لإيجاد طرق ووسائل مختلفة للحد من أخطارها المستقبلية كاستخدام مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة للحد من أثار الأمطار الحامضية في العالم من حيث أسبابها والتركيز على :.

(١)دراسة الأمطار الحامضية في العالم من حيث أسبابها .

(٢)تحديد المشاكل التي تتسبب بهاالأمطار الحامضية على البيئة .

(٣)الكشف عن هل أن تأثيرات الأمطار الحامضية في العالم ليس لها حدود مكانية وزمنية .

(٤)تحديد أهم الوسائل أو مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة وجميع الجهود الدولية المبذولة للحد من تأثير الأمطار الحامضية على البيئة .

رابعاً: هدف البحث

يهدف البحث إلى الكشف عن كمية ومقدار الأضرار التي تسببها الأمطار الحامضية للبيئة ومقدار انبعاث الغازات التي تسبب الأمطار الحامضية فضلا عن البحث عن الطاقة البديلة والمتجددة .

خامساً: منهج البحث

أعتمد البحث أساليب وطرق البحث العلمي والذي يعتبر الأساس الذي يعتمده الباحث للوصول إلى الحقائق ،ويتم من خلال تحديد المشكلة وفرض الفرضيات واختبارها وجمع البيانات التي تسهم في عملية التحليل للتوصل إلى النتائج والحقائق التي سعى أليها الباحث وتعتمد دراستنا للأمطار الحامضية وأثرها على البيئة والحد من تأثيراتها بما يتلاءم مع طبيعة الموضوع الذي يتطلب اعتماد المنهج الوصفي والتحليلي أولا وقد اعتمدنا ذلك بالخطوات الآتية:.

(١)المصادر المكتبية والتي تتمثل بالاستعانة بما يتوفر من مصادر عربية وبحوث أو رسائل علمية ذوات العلاقة بالموضوع.

(٢)الاستعانة بالجداول والأشكال والخرائط والصور لغرض توضيح البيانات وعرضها

(٣)استخدام المنهج التحليلي في تحليل اسباب ازدياد نسبة الغازات التي تؤدي الى تكوين الامطار الحامضية

المبحث الثاني :- تعريف الامطار الحامضية وانواعها ومقياسها :-

تعد مشكلة الأمطار الحامضية ثالث أهم مشكلات العالم البيئية بعد مشكلة الاحتباس الحراري واستنزاف طبقة الأوزون وهي تمثل أكثر المشكلات الناتجة بفعل التلوث الهوائي المحلي أو الذي تنقله الرياح عبر حدود الدول المتجاورة.إذ أن بخار الماء الموجود في الهواء يتحد مع غاز(ثاني أكسيد النتروجين،وأكسيد الكبريت) التي تتصاعد إلى الجو مكوناً حامض النتريك الذي يعمل على أتلاف النباتات ويؤثر على التربة.

اولا // تعريف الأمطار الحامضية

الأمطار الحامضية(Acid Rian) :.

وهي عبارة عن اتحاد أو تفاعل كيميائي بين جزيئات الماء الموجود في الهواء مع جزيئات بعض الغازات الموجودة بالهواء أيضا أو المترسبة فوق سطح الأرض مثل أكسيد الكبريت ومع مرور الزمن ترتفع كمية ثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي،فيؤدي إلى سقوط الأمطار الحامض.

وبتعريف أخر تعرف بأنها الظاهرة الناجمة عن اختلاط الأمطار بالجزيئات الملوثة في الهواء والناجمة من دخان المصانع والتي تتمثل بالغازات التي تتحرر عند احتراق الوقود وبالأخص ثنائي أكسيد الكبريت أكسيد النتروجين،التي تتحد

في الجو مكونة بذلك الأمطار الحامضية التي تسبب تلفاً للنباتات وتعطلاً لنمو الغابات،وتفتيت بعض أجزاء الأبنية وصدا المعادن. [١]

كما تعرف بأنها شكل من أشكال الأمطار التي تكون حموضتها أقل من(٥,٥)،فيما الأمطار الطبيعية ذات حموضة قليلة حيث تتراوح(PH)بين (٧.٥,٥)ويتكون المطر الحامضي في المناطق التي ترتفع فيها كمية الغازات الملوثة وأهمها ثاني أكسيد الكبريتSOوثاني أكسيد النتروجينNO_2الناتجة من حرق الوقود في المصانع والسيارات والتي لها أثار مدمرة على البيئة.[٢]

وتعرف أيضا بانها عبارة عن سقوط امطار أو ثلوج تحتوي مواد حمضية،والمواد الحمضية قد تسقط بشكل جاف من الغلاف الجوي الى سطح الأرض والى المسطحات المائية،والسبب الرئيسي لسقوط الأمطار الحامضية هو تلوث الهواء بغازات ثاني أكسيد الكبريتSO_2ومركبات الكبريتSO_4ومركبات النتروجينNOx،والأحماض العضوية.وهذه الملوثات تنطلق من المنشآت الصناعية المختلفة خاصة جراء حرق الوقود في هذه المنشئآت وغيرها[٣]

ويعرفها أخرون بأنها تساقط الكيمياويات الجوية على سطح الأرض يكل السبل سواء كانت رطبة عن طريق الأمطار والثلوج،أو جافة عن طريق الجاذبية الأرضية واعتراض المباني والأشجار ومكونات سطح

الأرض الأخرى إذ أن المطر الحامضي مصطلح شامل لا يقتصر على الشكل المترو لجي للمطر والثلج بحسب بل يشمل كل ما يسقط من الغلاف الجوي من مطر وثلج في شكل تساقطات رطبة أو بدونها في شكل ترسبات جافة(٤).

وتعرف أيضاً بأنها أمطار يزيد فيها تركز ايون الهيدروجين عن تركيزه في الماء العادي وتتفاوت حموضة الأمطار الحامضية بحسب تركيز أحماض الكبريت والنتروجين ويبلغ رقمها الهيدروجيني (٤.٤-٥)،وقد يصل أحياناً إلى(٣)إي ما يعادل نحو (١٠٠)ملم من حامض الكبريتيك في لتر من الماء.(٥)

نبذة تاريخية عن الأمطار الحامضية

تعد الأمطار الحامضية واحدة من أهم المشاكل البيئية التي تعاني منها بلدان عديدة في العالم ،والتي نالت اهتماما متزايداً بفعل تأثيراتها على مختلف مكونات النظام البيئي وقد صاحب ظهورها بداية الثورة الصناعية وأن أول من نبهه إلى هذه الظاهرة الخطيرة هو الكيميائي البريطاني(روبرت أنجوس سميث)وذلك في عام ١٨٧٢م حيث كتب تقريراً مكوناً من ٦٠٠ صفحة أشار فيها إلى درجة حموضة الأمطار الحامضية التي هطلت في نفس العام على مدينة مانشستر في انكلترا،وعزى هذا الباحث السبب في هذه الحموضة إلى الدخان المتصاعد من مداخن المصانع،بعد أن ربط بين ارتفاع

نسبة حموضة الأمطار الهاطلة على الإقليم والدخان والرماد الذي تطلقه المنشآت الصناعية في المدينة، ورغم أهمية التقرير الذي كتبه سمبث ألا أنه لم يحظى بالاهتمام الكافي ،وطوي في زاويا النسيان لفترة طويلة(٦).

ولم يفطن أحد إلى خطورة هذه الأمطار البيئة إلا في النصف الثاني من القرن العشرين على يد العالم السويدي (سفانت أودين) فقد كان هذا العالم أول من لفت الأنظار عام ١٩٦٧إلى أن الأمطار التي تتساقط على السويد كانت حموضتها تتزايد بمرور الزمن،واطلق عليها تسمية"حرب الإنسان الكيميائية في الطبيعة"،وبين أن هذه الظاهرة باتت تؤثر في التربة وتهدد التوازن الطبيعي في البيئة،وقد عزى حدوث هذه الظاهرة لذوبان الغازات المنطلقة من المصانع في بخار

الماء العالق في الهواء. ويعد مفهوم المطر الحامضي شائع الاستعمال،من خلال تركز ملوثات أكسيد الكبريت في الهواء الناتجة عن حرق الوقود ألأحفوري ومن مصادر الملوثات هذه،مداخن المصانع و المساكن التي يتصاعد منها غازات سامة مثل أكسيد الكبريت وغاز أكسيد النتروجين ووسائط النقل ومحطات توليد الطاقة ومنشآت صهر المعادن وتقدر مساحة الأراضي التي أصابتها تأثير الأمطار الحامضية في أوربا وأمريكا الشمالية بنحو(٥-١٠)ملاين كم٢،ولقد أزداد تساقط المطر الحامضي كثيراً

لتزايد استعمال مصادر الطاقة.وقد ازدادت حدة هذه الظاهرة وخطورتها في النصف الثاني من القرن العشرين بسبب الإفراط في حرق مواد الطاقة من بترول وفحم وغاز طبيعي[٧]

ثانيا //أنواع الأمطار الحامضية

أن الأمطار الحامضية مصطلح عام يطلق على الطرق العديدة التي تسقط بها الأحماض من الغلاف الجوي،وأن المصطلح الأكثر دقة له هو"الترسيب الحامضي"والذي يتكون من جزئين:.

(١)الترسيب الحامضي الرطب(Wet)

يشير الترسيب الرطب إلى المطر الحامضي والضباب والثلج.وبما أن الماء الحامضي يتدفق فوق ومن خلال سطح الأرض فهو يؤثر على العديد من النباتات والحيوانات ومدى قوة تأثيره يعتمد على العديد من العوامل بما فيها درجة حمضية الماء،كيميائية التربة،نوع الأسماك و الأشجار،وكافة الأحياء الأخرى التي تعتمد على الماء[٨]

(٢)الترسيب الحامضي الجاف(Dry)

يشير الترسيب الجاف إلى الغازات الحامضية والجسيمات وحوالي نصف الحامضية في الغلاف الجوي تصل للأرض من خلال هذه الرواسب الجافة.ثم تقوم الرياح بدورها بحمل هذه الجسيمات الحامضة والغازات وترسيبها على المباني والسيارات والمنازل والأشجار وبعدها تأتي الأمطار لتغسل هذه الأسطح من أية غازات أو جسيمات عالقة عليها بفعل الرياح،ومن هنا تتحول هذه الأمطار إلى أمطار حامضية[٩].

ثالثا //مقياس درجة الحامضية(PH)

لقد تم اعتماد مقياس عالمي مكون من (١٤) درجة وفق الرقم الهيدروجيني.فعندما يكون الرقم الهيدروجيني(٧) يكون حيادياً متعادلاً(لا حامضياً،ولا قلوياً)،وهي خاصية الماء المقطر . وفي حال تجاوز الرقم الهيدروجيني(٧)فهذا مؤشر على الاتجاه نحو القلوية،والعكس صحيح فإذا ما تدنا الرقم الهيدروجيني دون(٧)فهذا مؤشر على الاتجاه نحو الحامضية.وتكون
الحامضية على أقصاها إذا ما كان(PH)يساوي صفراً،كما تكون القلوية في قمتها عندما يكون(PH)مساوياً للرقم (١٤)والشكل رقم(١)يوضح مقياس درجة الحامضية[١٠].

ومقياس الحامضية،هو مقياس لوغاريتمي سلبي،بمعنى أن قيمةPH(٤)تساوي عشرة أضعاف الحامضية للرقم الهيدروجيني (٥) و(١٠٠)ضعف أكبر من الحامضية ذات الرقم الهيدروجيني (٦):فخل العنب رقمه الهيدروجيني(٣)،بينما حامضية عصير البندورة تساوي(٤)،و حامضية بطارية السيارات تبلغPH (١).غير أن المطر شديد الحامضية هو ما كانت قيمة الرقم الهيدروجيني دون(٣)،وقد كشف عن هطول مطري

تدنى رقمه الهيدروجيني إلى(٨،١) ولقد وضع تصنيف بسيط لدرجات حامضية الأمطار،فا الأمطار التي يتراوح رقمها الهيدروجيني بين(٦.٥) هو مطر طبيعي وليس له أية تأثيرات بيئية سلبية.إما إذا كان الرقم الهيدروجيني للأمطار بين(٤-٥).فهي إمطار متوسطة الحامضية وأثارها الآنية قليلة غير ملحوظة ولكنها على الأمد الطويل تصبح أثارها كارثية لبعض الحيوانات المائية.اما اذاكان الرقم الهيدروجيني للأمطار يتراوح بين(٣-٤)،فتصبح الإمطار عالية الحامضية وهي تترك أثارا بارزة في العالم الحيوي من نبات وأحياء مائية مدمراً إياها. اما اذا تدنى الرقم الهيدروجيني دون(٣)يجعل المطر شديد الحامضية وهو مطر قاتل للأحياء المائية،والغطاء النباتي،ولا يصلح مطلقاً للاستخدامات البشرية كلها[١١].

و يستخدم العلماء ما يعرف بالرقم الهيدروجيني للتعبير عن حموضة المحاليل أو قلويتها.فالماء المتعادل يكون رقمه الهيدروجيني ٧،فإذا زاد هذا الرقم عن ذلك فأصبح ٨أو ٩أوأكثر من ذلك كان المحلول قلوياً مثل محلول الصودا الكاوية،أو محلول كربونات الصوديوم.أما أذا قل الرقم الهيدروجيني للمحلول عن٧،فأصبح٦أو٥أو أقل من ذلك كان المحلول حمضياً مثل عصير الطماطم أو عصير الليمون أو الخل.[١٢]

شكل(١)

مقياس درجة الحامضية(PH)

المصدر:أحمد مدحت أسلام،التلوث مشكلة العصر،بدون طبعة،عالم المعرفة،الكويت، ١٩٩٠،ص٧

المبحث الثالث : التحليل الكيميائي للأمطار الحامضية

تكوين الأمطار الحامضية

تتكون الأمطار الحامضية من ذوبان الغازات الحامضية،مثل أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين،المتصاعدة من مداخن المصانع في بخار الماء الموجود بالجو،ثم تسقط بعد ذلك على هيئة أمطار حامضية.وقد أصبح من الثابت والمؤكد اليوم أن الغازات الحامضية التي تتصاعد كل يوم من المناطق الصناعية ومن محطات القوى وهي غازات ثاني أكسيد الكبريت،وأكاسيد النيتروجين هي السبب الحقيقي وراء ظاهرو الأمطار الحامضية.ويعتقد أن الأمطار الحامضية تتكون عند ذوبان الغاز الحامضي في بخار الماء.ومثال ذلك:أن غاز ثاني أكسيد الكبريت عند تصاعده إلى طبقات الجو العليا،فإنه يتحد مع أكسجين الهواء في وجود الشمس مكوناً أكسيد أخر من أكاسيد الكبريت،يعرف باسم ثلاثي أكسيد الكبريت(SO_3) [١٣]

وأن حامض الكبريتيك يبقى بصورة رذاذ دقيق معلقاً في الهواء تنقله التيارات الهوائية من مكان إلى أخر،وعندما يكون الجو صافياً فأن هذا الرذاذ الدقيق من الحامض يبقى معلقاً في الجو في صورة ضباب،وعندما يصبح الجو ممطراً والبرودة شديدة فأن رذاذ الحامض يذوب في ماء المطر ويختلط مع الجليد ويسقط على سطح الأرض على هيئة ما يعرف ب(الأمطار الحامضية)،هذا وتشترك أكاسيد النيتروجين مع أكاسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحامضية حيث تتحول أكاسيد النتروجين بوجود الأكسجين والأشعة فوق البنفسجية إلى حمض النيتروجين ويبقى هذا الحمض معلقاً في الهواء الساكن،وينزل مع مياه الأمطار،مثل حامض الكبريتيك مكوناً الأمطار الحامضية.[١٤]،كما هو واضح في شكل رقم(٢)

الغازات التي تتكون منها الأمطار الحامضية

أشارت الدراسات العديدة لظاهرة الأمطار الحامضية أن غاز ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين هما السببين الرئيسين في تكوين الأمطار الحامضية ،أذ أن هذه الغازات الحامضية تختلط بالهواء،حيث يحملها معه في كل أتجاه،وبذلك تصبح لا علاقة لها بالمصدر الذي خرجت منه،كما هو واضح أدنى:.

(١)غاز ثنائي أكسيد الكبريت (SO_2)

يعد غاز ثنائي أكسيد الكبريت غاز عديم اللون نفاذ وذو رائحة كريهة،وله أثار ضارة إذا ما تواجد بمعدلات تزيد على ٣ أجزاء بالمليون في الهواء.وينتج هذا الملوث الغازي الخطير من احتراق الوقود الذي يحتوي على الكبريت وبذلك يتكون غاز ثاني أكسيد الكبريت(SO)كناتج لعمليات أكسدة البقايا

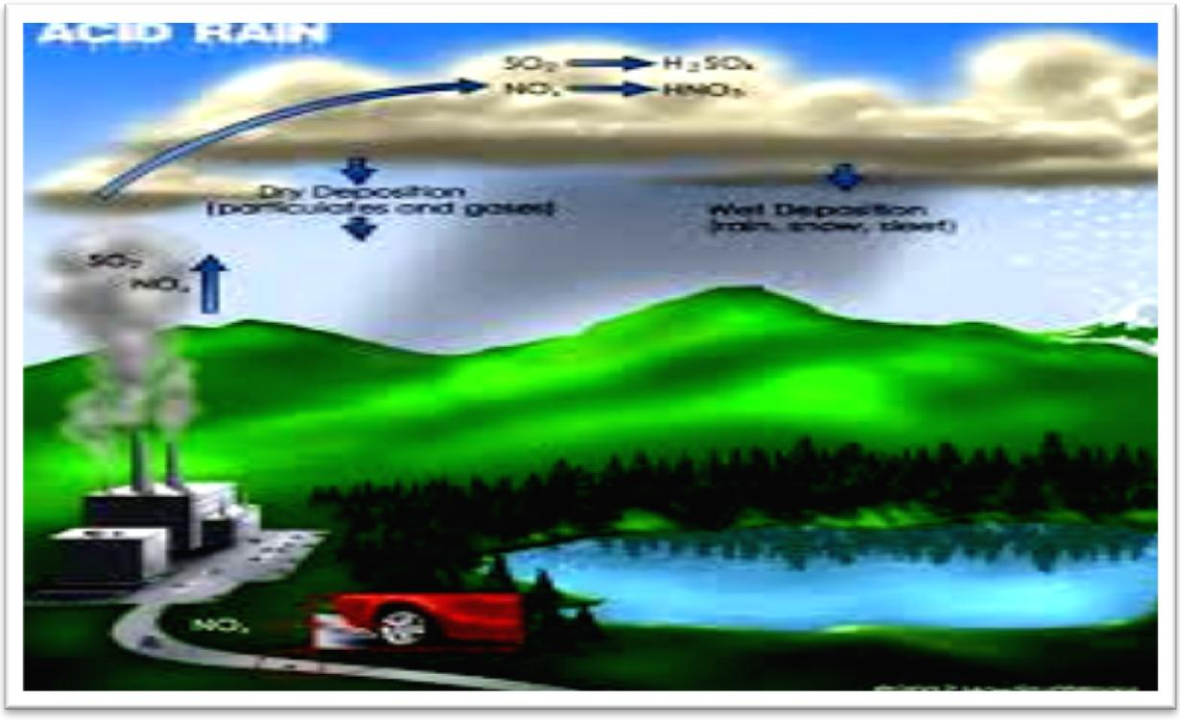
الكبريتية الموجودة في بعض أنواع الوقود أثناء عملية الاحتراق إذ بنشاء غاز SO_2بصورة رئيسية نتيجة احتراق الوقود ألأحفوري(الفحم و البترول و الغاز الطبيعي) لاحتوائها على كميات ملحوظة من الكبريت،وأن المصدر الرئيسي لهذا الملوث الخطير هو الفحم الحجري،على الرغم من أن الفحم الحجري لم يستخدم على نطاق واسع ألا في النصف الثاني من القرن الماضي .غير أن مجموع ما أستخرج أبان النصف الأول من القرن المنصرم من الفحم والبترول والغاز زاد على ١٠٠مليار طن وبعد احتراق هذا الوقود،قذف في الجو بما لا يقل عن ٣ مليارات طن من الرماد.[١٥] ،كما هو واضح في جدول رقم (١)

كما ينتج هذا الغاز بصورة طبيعية من ثوران البراكين ثم يتحول هذا الغاز عند احتراقه إلى قطرات دقيقة من حامض الكبريتيك له أثار سلبية على الفم والعيون كما أنه يؤثر على الأحجار و المعادن،يشيع وجود هذا الغاز في أجواء الدول

الصناعية إذ تقدر نسبة ثاني أكسيد الكبريت المنبعثة في الجو سنوياً بحوالي (٦) ملاين طن أغلبها يعود إلى سطح الأرض ثانياً على شكل حامض الكبريتيك[١٦]

شكل(٢)

تكوين الأمطار الحامضية



المصدر:علي صاحب طالب الموسوي،جغرافية الطقس والمناخ،الطبعة الأولى،دار الصفاء والتصميم،النجف الأشرف،٢٠٠٩،ص[١٠٢].

جدول (١)
نسب الكبريت في بعض دول العالم

البلد	معدل نسبة الكبريت
مصر	١,٤١
فرنسا	٠,٧١
إيران	٠,٩٣
ايطاليا	٠,٩٦
المغرب	٠,٩٥
السعودية	٠,٩٨
اسبانيا	٠,٦٩
تونس	٠,٩٥
الجزائر	٠,٩٥
الأردن	١,٠٠

المصدر:سعدية عاكول ألصالحي وعبد العباس فضيخ الغريري،عداء الإنسان للبيئة،الطبعة الأولى،دار الصفاء،عمان،٢٠٠٨،ص[٤٦].

ونلاحظ من الجدول رقم(١)أن اعلى نسبة للكبريت المنطلقة من محركات السيارات التي تستخدم الديزيل تتركز في الوطن العربي حيث بلغت في مصر (١,٤١) بينما في الأردن بلغت (١,٠٠) أما أقل نسبة في العالم لغاز الكبريت فقد تركزت في ايطاليا و اسبانيا حيث بلغت (٠,٦٩) و في فرنسا حيث بلغت (٠,٧١). أن ظاهرة الأمطار الحامضية تعود في جزء كبير منها إلى الغازات المحتوية على الكبريت و أهمها غاز SO_2 مع الأوكسجين بوجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس ،و الذي ينتج عنه ثلاثي أكسيد الكبريت الذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو،ليعطي حامض الكبريتيك، الذي يبقى معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لأخر كما توضحه المعادلة التالية. ويسقط حامض الكبريتيك مع الأمطار على شكل أمطار حامضية تغير خصائص المياه والتربة الحيوية والكيميائية و بخاصة عند تواجد نقص في كربونات الكالسيوم وتحدث غازات ثاني أكسيد الكبريت أضراراً

بالغة بالصحة،حيث تسبب التهابات خطيرة في الجهاز التنفسي تظهر على شكل نوبات تنفسية حادة تكون مصحوبة بالتهابات رئوية مزمنة.[١٧]

$$2SO_2+O_2\rightarrow 2SO_3$$

$$2SO_3+O_2\rightarrow H2SO_4$$

تتلوث التربة بكميات من الملوثات الموجودة في مياه الأمطار وأهم هذه الملوثات الأحماض الموجودة في حامض النتريك أو حامض الكبريتيك،وقد أكتشف العلماء نتائج مؤكدة أن ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين هما السببان الرئيسان للمطر الحامضي فقد أسهم التوزيع الصناعي الذي شهده العالم في الوقت الحاضر في زيادة تركيز ثاني أكسيد الكبريت في هواء المدن الصناعية إذ يتخلف عن احتراق الوقود العضوي وخاصة الفحم الحجري ويتفاعل هذا الغاز مع الإشعاع الشمسي ليكون ثالث أكسيد الكبريت ويتحد الغاز الأخير مع رطوبة الهواء في الأقاليم الممطرة مكوناً حامض الكبريتيك بشكل نوايات دقيقة تتجمع حول قطرات المطر لتكون غيوم تحتوي على تراكيز عالية من الحامض المذكور الذي يسبب تلوث التربة عند سقوط الأمطار عليها فيعمل على تحليل مكوناته[١٨].

(٢)أكسيد النيتروجين NOx أن أهم هذه المركبات هما احادي و ثنائي أكسيد النتروجين.ومن أهم مصادرهما هي المركبات الإلية و الأجهزة المولدة للطاقة في محطات القوى الكهربائية فضلاً عن الاحتراق في المكائن المختلفة في القطاعات الصناعية و يعتبر المصدرين الأخيرين هما المصدرين الأساسين لاكاسيد النيتروجين حيث أنها تعمل عند

درجات حرارة مرتفعة.وأن بخار الماء في الهواء يتحد مع غاز ثنائي أكسيد النيتروجين مكوناً حامض النتريك الذي يسبب المطر الحامضي الذي يعمل على أتلاف النباتات ويؤثر على التربة[١٩]

ويتوقع الباحثون زيادة أكاسيد النتروجين من ١١-٣٠ مليون طن غي الجو،والحدود المسموح بها لتركيز أكسيد النتروجين من ٣-١٠ جزء في المليون،وقد بلغ تركيز تلك الأكاسيد في هواء القاهرة ١٠ أمثال المسموح به في الولايات المتحدة،ونتيجة زيادة تركيزها في الطبقات السفلى يحدث اختزال ضوئي لثاني أكسيد النتروجين بواسطة الأشعة فوق البنفسجية إلى أكسيد النتروجين وأوكسجين ذري ثم يتفاعل الأوكسجين الذري مع جزء أخر ويتكون الأوزون،ويسبب ثنائي أكسيد النتروجين تهيج للعين والأنف و أضطرابات في التنفس وعندما يصل غاز النتروجين إلى القناة التنفسية فأنه يكون حامض النتريك الذي يفتك بالغشاء المخاطي وعندما يكون تركيزه كبيراً فأنه يدمر الأنسجة والشعيرات الدموية أسفل الغشاء المخاطي. وقد اجتمعت ثلاث دول في جنيف بسويسرا عام ١٩٧٩ وتعهدت هذه الدول بخفض الغازات المنبعثة من المصانع

المسببة لسقوط الأمطار الحامضية وكذلك وقعت اتفاقية بين كندة والولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٨٠ تعهدت فيها كل منهما للحد من كميات الغازات الحمضية المتصاعدة من منشآتها الصناعية وقد أدخلت الولايات المتحدة بعض التعديلات على القانون الأمريكي الخاص بنظافة الهواء الصادر عام ١٩٧٠ لتخفيض كمية الغازات إلى أقل حد ممكن وذلك عن طريق أبراج الغسيل.[٢٠] ،ويبين الجدول رقم(٢) تطور المنبعث من غاز ثاني أكسيد الكبريت والنيتروجين في بعض دول العالم.

جدول(٢)

تطور كميات المنبعث من غازات ثنائي أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين في بعض دول العالم للفترة بين عامي (١٩٨٠-٢٠٠٠)

الدولة	١٩٨٠	١٩٩٠	٢٠٠٠	نسبة التغير./٠
غاز ثاني أكسيد الكبريت				
الصين و وسط أسيا	٧٨٠٠	١٣٠٠٠	١٨٠٠	١٣١
جنوب وجنوب شرق أسيا	٤٠٠٠	٦٤٠٠	٩٤٠٠	١٣٥
الولايات المتحدة الأمريكية	٢٣٥٠٠	٢١٤٨١	١٦٤٨٣	٣٠.
كندا	٤٦٤٣	٣٢٣٦	٢٥٣٤	٤٥.
بولندة	٤١٠٠	٣٢١٠	١٥١١	٦٣.
المملكة المتحدة	٤٨٨٠	٣٧٥٤	١١٦٥	٧٦.
غاز أكسيد النيتروجين				
الولايات المتحدة الأمريكية	٢٢١٢١	٢١٩٢٧	٢١٧١٣	٢.
كندا	١٩٥٩	٢١٠٤	٢٠٥٨	٥
المملكة المتحدة	٢٥٨٠	٢٧٥٦	١٥١٢	٤١
بولندا	١٢٢٩	١٢٨٠	٨٣٨	٣٢.

المصدر:محمد إبراهيم محمد شرف،المشكلات البيئية المعاصرة الأسباب و الآثار والحلول،بدون طبعة،دار المعرفة الجامعية،الإسكندرية،٢٠٠٩،ص[٨٧].

يوضح الجدول رقم(٢) تطور كمية انبعاث غازات ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين في بعض دول العالم وتبين من متابعة أرقامه الحقائق التالية:

(١)خفضت كل من الولايات المتحدة الأمريكية،وكندا،بولندة،المملكة المتحدة ما ينبعث من غاز ثاني أكسيد الكبريت عام ٢٠٠٠ إلى ما يتراوح بين ثلث وثلثين كمية المنبعثة في كل منهم عام ١٩٨٠ ويدل ذلك على أن تلك الدول تسير في الاتجاه الصحيح نحو تخفيض أثر الأمطار الحامضية.

(٢)زاد انبعاث الدول الأسيوية من غاز ثاني أكسيد الكبريت عام ٢٠٠٠ بمقدار مرة ونصف عن مثيله عام ١٩٨٠،ويدل ذلك على عدم قدرة تلك الدول على تخفيض الانبعاث من الغازات المسببة للأمطار الحامضية.وأن ما خفضته الدول الأوربية ودول أمريكا الشمالية،أضافته الدول الأسيوية لتظل المشكلة قائمة و لكن مع انتقالها من أوربا وأمريكا الشمالية إلى أسيا.ويتوقع الخبراء أن يستمر هذا الانتقال في التوزيع الجغرافي لانبعاث غاز ثاني أكسيد الكبريت خلال العقد الأول من القرن الحالي .

(٣)خفضت الولايات المتحدة الأمريكية وبولندة انبعاث غازات أكاسيد النيتروجين عام ٢٠٠٠ وبلغ التخفيض نسبة ضئيلة جداً في الأولى(٢%عن مثيله عام ١٩٨٠)،والثلث تقريباً في الثانية عن مثيله عام ١٩٨٠.في حين زاد انبعاث غازات أكسيد النيتروجين في كل من كندا والمملكة المنحدة عام ٢٠٠٠ عن مثيله عام ١٩٨٠ بنسبة ٥%،٤١% في كل منهما على الترتيب .

التوزيع الجغرافي للأمطار الحامضية

تسود الأمطار الحامضية في المناطق الغنية أجوائها بالاكاسيد الحامضية المتمثلة في المناطق المصدرية لتلك الأكاسيد،وتنتقل إلى تلك المناطق عن طريق الرياح السطحية والعلوية والتي تنشرها بعيداً عن مناطق مصدرها مئات الكيلو مترات مع تزايد تركيزها في موسم الاستقرار الجوي المتصفة بضغطها الجوي المرتفع وحموضة المطر ليست ثابتة على مدار السنة،فهي تتباين من فصل إلى أخر،حيث أثبتت دراسات في شرق الولايات المتحدة أن حموضة المطر تزداد في الصيف وتتناقص في الشتاء والسبب في ذلك يرجع إلى أن الصيف يشهد فترات جفاف مطولة تسمح بتراكم الملوثات بالجو فيزداد تركيزها في زخات المطر المتباعدة،أما في الشتاء فتتقارب زخات المطر بفعل العواصف المتكررة مما لا يسمح بتركيز الملوثات بالجو كما يحصل بالصيف.[٢١]

ويفترض ان تتبددهذه الغازات صيفا بسبب نشوء تيارات الحمل التي تنقل الملوثات بعيدا على العكس شتاءا الذي يرافقه ركود في تيارات الحمل والتي تتسبب في اختلاط الجو اوالهواء بتلك الملوثات وهذا ماشهدته غرب اوربا وخاصة بلجيكا في حادثة الميز اوالميوز الصناعية وهو ماحصل ايضا في احد مدن لندن . وتعد الدول الصناعية في العالم وما يجاورها مناطق الأمطار الحامضية الرئيسية،حيث

أصبحت تعاني منها تقريباً منذ بداية الخمسينات من القرن العشرين،إذ سببت الأمطار الحامضية مشكلات عديدة في كثير من دول العالم، وبالذات في شمال شرق أمريكا الشمالية ،ودول شمال غرب أوربا .وقد لوحظت هذه الظاهرة في السنوات الأخيرة في بعض التربات الزراعية والبحيرات والأنهار.وقد عانت أيضاً من ظاهرة الأمطار الحامضية دول كثيرة في شمال أوربا مثل فنلندة والنرويج والنمسا وسويسرا.وتسببت الأمطار الحامضية في قتل الأسماك والبكتريا والطحالب ودمرت البيئة المائية في مناطق متعددة في كندا وأوربا وغيرها.ودمرت الأمطار الحامضية غابات الرز أو السيدار في إقليم كانتو الواقع شمال طوكيو في اليابان(٢٢).

ومن الجدير بالذكر إلى أن ملوثات الهواء المسببة للأمطار الحامضية تنتقل عبر الدول الى مسافات بعيدة قد تزيد على مئات الكيلو مترات والكثير من الدول الأوربية تتلقى أكثر من نصف ملوثاتها الهوائية من الدول الأوربية الأخرى في حين تتلقى بعض الدول ثلاثة أرباع ملوثاتها من خارج إقليمها من خلال الهواء ويمكن أن نذكر مثالاً على ذلك أذ قدرت الأمطار الحامضية في النرويج ذات المنشاء الخارجي من الدول الأخرى بنحو ٨٠%أما النسبة الباقية فمصدرها النرويج نفسها.كما أن

وبريطانيا وفرنسا و ألمانيا وهولندا أذ تنقلها الرياح إلى تلك الجهات.وتقدر كمية الأحماض الهاطلة مع الأمطار الحامضية في كندا والتي مصدرها الولايات المتحدة الأمريكية بنحو ١٧ مليون طن سنوياً، لذلك لابد من التعاون الدولي للحد من تلك

الأمطار الحامضية ولقد دلت الدراسات أن الأمطار الحامضية أصبحت مشكلة بيئية حقيقية في مناطق عديدة من أوربا الغربية و أمريكا الشمالية فقد تأثرت مساحات واسعة تقدر مابين ١٥.١٠ملاين كم^{٢}من تلك القارتين(٢٣)

تعد نطاقات غرب أوربا،شرق الولايات المتحدة الأمريكية،شرق أسيا أكثر نطاقات العالم من حيث حدوث الأمطار الحامضية وتعادل حمضية أمطارها ما يتراوح بين عشرة أو عشرون م

رة ضعف ما هو موجود في نطاقات العالم الأخرى ويتفق ذالك مع ما سبق توضيحه بأن تلك الأقاليم تشتمل على أهم الدول الصناعية الكبرى في العالم وتوضح الخارطة رقم(١)توزيع النطاقات التي تتضرر من مشكلة الأمطار الحامضية في العالم ومدى الضرر الذي يصيبها(٢٤)

المبحث الرابع : الأثار البيئية للأمطار الحامضية

الآثار الناجمة عن الأمطار الحامضية:

(١) اثر الأمطار الحامضية على التربة والغابات

تؤدي الأمطار الحامضية إلى أحداث تغير في طبقة التربة الزراعية وتذيب عدداً من العناصر والمركبات التي تسري إلى جوف التربة ومن ثم إلى المياه الجوفية التي قد تستخدم في التربة أو ري المزروعات.كما تعمل الأمطار الحامضية على زيادة حموضة التربة مما يؤثر على أحياء التربة ويلحق الضرر في خصوبتها وتؤدي إلى موت النباتات،كما يمكن أن تحتوي هذه الأمطار عند تسربها في جوف التربة على عناصر ذائبة خطرة وسامة مثل بعض المعادن الثقيلة كالرصاص والزئبق.[٢٥]

فالغابات الواقعة في مهب الرياح القادمة من مناطق صناعية هي أكثر عرضة للضرر بالأمطار الحامضية من غيرها.وتعمل الأمطار الحامضية على أحداث تغير هام في الخصائص الكيميائية للتربة الزراعية بزيادة حموضتها مما يعيق نمو العديد من النباتات فالأمطار الحامضية لها تأثير كبير على العالم الحيوي.أن وجود تركيزات كبيرة من ثاني أكسيد الكبريت والنيتروجين في الجو خاصة المرتبطة بالضباب المتكرر يزيل العناصر الغذائية من الأوراق و يعطلها عن أداء دورها الوظيفي فيصفر لونها وتذبل مما يؤدي إلى وهن الأشجار ويعرضها للإصابة بالأمراض ثم الموت[٢٦].

كما تؤدي الأمطار الحامضية إلى النمو البطيء لأشجار الغابات الصنوبرية ومسبباً احتراق الأوراق الأبرية وتلونها بالون البني وسقوطها،ويكون التأثير أكثر حدة على الغابات التي تنمو في مناطق تعلو كثيراً فوق سطح البحر حيث تحيط السحب الحامضية بالأشجار مباشرة.[٢٧]

كما تؤدي الأمطار الحامضية إلى تدهور الغابات وزوالها بشكل كلي،حيث تكون قادرة على تعرية الأشجار من أوراقها كما هو واضح في صورة رقم (٣)،كما تسهم في تفريق مكونات التربة الجبسية وبعثرتها ثم التسريع في انجرافها.هذا وتشير تقارير منظمة الأغذية و الزراعة التابعة للأمم المتحدة "FAO" إلى أن الأمطار

الحامضية تتسبب في الضرر لنحو ٣٠%من مساحة الغابات المنتشرة في السويد بينما أصيبت جميع أراضي البلدان الأوربية نتيجة الأمطار الحامضية بالضرر بنسب لأتقل عن ١٤%.[٢٨]

تشتهر تربة الأقاليم الجافة بغناها بالكالسيوم و المغنيسيوم المعدلة للحامضية،أما تربة الأقاليم المطيرة،بشمال أوربا وغربها وشمال كندا وشمال شرق الولايات المتحدة وبعض الأقاليم الاستوائية فهي فقيرة في تلك العناصر بسبب نشاط عملية الرشح التي تستبدل باستمرار أيونات التعادل والعناصر الغذائية

في التربة بأيونات الهيدروجين الحامضية.وأن تربة العروض العليا يغلب عليها الطابع البد زولي الحامضي،وعلى ذلك فإن سقوط الأمطار الحامضية على تلك المناطق يؤدي إلى المزيد من أزالة القواعد(القليلة أصلاً في التربة)، إلى المزيد من التحميض،حيث أثبتت الكثير من الدراسات تزايد حموضة التربة وصلت إلى حدود ٤,٠،٤,٥ وعند تعرضها إلى أمطار بأس هيدروجيني أقل من ذلك يحصل المزيد من الرشح لايونات التعادل والعناصر الغذائية الهامة للنباتات من التربة مثل الكالسيوم و المغنيسيوم والبوتاسيوم أن هذه الظاهرة خطيرة جداً بالخصوص في مناطق التربة المتدهورة المرتكزة على أساس صخري حامضي كالسليكا والجرانيت.[٢٩]

وتؤدي الأمطار الحامضية التي تهطل على التربة إلى تدني القدرة الإنتاجية للتربة،وانخفاض خصوبتها،و إحداث تأثير سلبي في قدرتها على امتصاص المواد المغذية،وعلى سرعة تحلل المواد العضوية وتفتتها وبشكل عام فإن زيادة تحمض التربة يؤدي إلى تغير خصائصها الفيزيائية والكيميائية. كما يتضرر الغطاء النباتي من الأبخرة الصناعية والمواد الملوثة غير المرغوبة بيئياً فا الأمطار الحامضية تعتبر من ملوثات الهواء الكيميائية التي لها تأثير مباشر على النباتات أو نتيجة لذوبانها في الماء وخاصة مياه المطر وسقوطها على النباتات.وقد تأثرت الغابات المنتشرة شرق الولايات المتحدة الأمريكية با الأمطار الحامضية وأن هذه الأمطار تعمل على أتلاف النباتات وتؤثر على التربة.

(٢)أثر الأمطار الحامضية على النظام البيئي المائي

يقصد باالنظام البيئي المائي المسطحات والبحيرات المائية بأنواعها العذبة والمالحة،فا الأمطار الحامضية تعمل على تغير البيئات المائية المعتدلة إلى بيئات حامضية،مع ما يرافق ذلك من نفوق الكائنات الحية،و اختلال التوازن البيئي،في هذه المسطحات المائية.ونتيجة للتطور الصناعي الهائل تتعرض المياه إلى العديد من المشكلات مما يحوله إلى ماء غير صالح للشرب والاستهلاك الآدمي.زمن أكثر الأمثلة على ذلك تلوث ماء المطر بما تطلقه المصانع من أبخرة وغازات[٣٠]

صورة رقم (٣)
الغابات المتضررة من الأمطار الحامضية

المصـــــدر:عبد الـــــرحمن محـــــي الـــــدين الســـــفرجلاني،الكوارث الطبيعية،مطبعـــــة جامعـــــة دمشق،دمشق،٢٠١٦،ص[٢٢٠].

ومن الجدير با الذكر أن الأمطار الحامضية تؤدي إلى حدوث أضرار بمياه البحيرات بصورة خاصة حيث تأثرت مئات البحيرات في نصف الكرة الشمالية خصوصاً في السويد،والنرويج والمملكة المتحدة وشمال أمريكا حيث تبدو،لأول وهلة،أنها بحيرات تحتوي على مياه عذبة شفافة ألا أنها في حقيقتها مياه ليس بها حياة نتيجة تأثير الأمطار عليها.وقد وصلت هذه البحيرات إلى درجة ملحوظة من الحموضة،بعدما استنفذت مقدرة التربة على معادلة التأثير الحامضي للأمطار (تحتوي التربة على عدد من الأملاح القلوية،مثل كربونات الكالسيوم،و المغنسيوم،التي لها القدرة على معادلة الأحماض)وينعكس أثر الأمطار الحامضية ليس على مياه البحيرات فقط وانما على مصادر مياه الأنهار،فقد تعرض نهر (توفدال Tovdal)في النرويج والذي يشتهر بوجود أسماك (السلامون)إلى زيادة تركيز الأحماض فيه بفعل الإمطار الحامضية وتعرضت الكائنات الحية إلى الموت،ولم

يبقى فيه إلا أنواع من الكائنات الحية التي تستطيع تحمل الحموضة العالية،فضلاً عن ذالك توجد أنهار أخرى وفي نفس المناطق الشمالية الغربية من أوربا والتي تعرضت لمثل هذه التأثيرات[٣١].

تؤكد الإحصاءات الحديثة إلى أن البحيرات التي كانت حموضتها أقل من(٥ درجات)في الولايات المتحدة الأمريكية في النصف الأول من القرن الماضي كان بحدود(٨ بحيرات)فقط وأصبح الأن بحدود(١٠٩ بحيرة)وأظهرت الدراسات إلى أنه يوجد في منطقة(أونتاريو) في كندا أكثر من إلفي بحيرة وصلت حموضية مياهها أقل من(٥)أما في السويد فأن أكثر من(٢٠%)من بحيراتها تعاني من ارتفاع الحموضة .وفقدت (١٥٢ بحيرة)كبيرة(ولاسيما في السويد والنرويج)قابليتها على إدامة حياة كائناتها الحية،لان مثل هذه المناطق الصناعية تتعرض لسقوط الأمطار الحامضية وبشكل مستمر.كما تؤدي الأمطار الحامضية إلى زيادة حموضة مياه البحيرات العذبة في الدول الأسكندنافية وكندا مما كان له تأثيرات سلبية على تربية الأسماك وغيرها من الأحياء المائية الأخرى[٣٢].

وقد دلت الدراسات على أن البحيرات والأنهارمن أكثرعناصر البيئة تأثراً بالأمطار الحامضية،فقد أثرت الأمطار الحامضية بعشرات الآلاف من البحيرات في كل من أوربا وأمريكا الشمالية،ففي كندا هنالك نحو ١٤ ألف بحيرة خالية من الأسماك و ١٥٠ ألف بحيرة أخرى في خطر بسبب حموضتها.وفي منطقة اونتاريو تبين أن٢٠% من البحيرات التي تم فحصها متأثرة بالحموضة،ومن المتوقع أن ترتفع الحموضة في بحيرات أقاليم كيبك خلال السنوات القليلة القادمة،وفي أقاليم الأطلسي الكندية ارتفعت الحموضة نحو ٣٠ ضعفاً خلال ٢٥عاماً.كما تعمل الأمطار الحامضية على تلوث المياه الجوفية نتيجة تسرب مياه المطر الحامضي في التربة،فالأمطار الحامضية التي تتسرب ضمن التربة تحمل معها معادن سمية من التربة،لتبلغ مخازن مياه الشرب.وفي أثناء عبور تلك المياه ضمن أنابيب توصيل مياه الشرب،فإنها تسبب في تقشرها وإضافة نواتج التقشير المعدنية إليها مما يؤديإلى زيادة خطورتها،بما ينتج عنها من أضرار على مستخدميها في المعدة والرئتين.[٣٣]

أن زيادة حامضية المياه تؤدي إلى الإخلال با الأتزانات الحيوية في البحيرات والأنهار وبالتالي إلى تغير أنواع الأحياء المائية وأعدادها.كما ينتج أيضاً تغير في لون المياه وطعمها وتؤدي إلى تحرر عنصر الحديد وتأكل شبكات المياه مما يسبب خسائر مادية كبيرة وعندما تسقط الأمطار الحامضية على المجاري المائية المكشوفة،وبخاصة على البحيرات المقفلة،فهي ترفع من نسبة الحموضة في مياه هذه البحيرات.واذ زادت حموضة المياه فيها عن حد معين،فأن مياهها تصبح غير صالحة لحياة ما بها من كائنات بحرية،نباتية أم حيوانية.[٣٤]

(٣) أثر الأمطار الحامضية على المباني والمنشات العمرانية:

أن أوضح مظاهر التدهور الناتج عن التساقطات الحامضية يبدو في حالة المباني والآثار والمنشئات العمرانية خاصة المشيدة من الحجر الجيري والرخام.فالصخور الجيرية تمتلك خواص كثيرة تجعلها صالحة للبناء بما فيها سهولة القطع والتشكيل في الأحجام المناسبة،لكنها في الوقت نفسه شديدة الحساسية للحامض،إذ يتفاعل المحلول الحامضي وهو حامض

الكاربونيك مع كربونات الكالسيوم في التماثيل والأعمدة الرخامية والمباني مما يؤدي إلى تفتتها وسهولة تجويتها وأن بيكاربونات الكالسيوم التي تسير مع المياه تترك قروح وفجوات متنوعة.[٣٥] .

تعد الأمطار الحامضية مؤذية للأبنية الأسمنتية والجسور وتؤدي إلى تأكل الحديد بشكل سريع وكثيراً ما تكون سبباً لانهيار هذه المباني الضخمة مما يتسبب بمقتل عشرات الآلاف من الأبرياء سنوياً،وهي تعمل على تأكل سطوح الأبنية المعرضة لها،وهذا أمر خطير فيما يتعلق بالأبنية الأثرية. فقد تعرضت الكثير من الكنائس والمسارح المفتوحة والقلاع خلال النصف الأخير من القرن العشرين إلى أضرار فاقت أضرار العشرين قرناً التي سبقتها،لقد تشوهت معالم أعمدة الرخام

والتماثيل الإغريقية والرومانية في ايطاليا واليونان وتركيا مما أجبر السلطات المسئولة في اليونان على أقفال معابد الأكروبولوس في أثينا في وجه السياح ونقل التماثيل إلى أماكن محمية حفاظاً عليها من مؤثرات التساقط الحامضي[٣٦].

وقد لوحظ في لندن تأكل أو تفتت بعض أحجار برج لندن وكنيسة لوستمتستر فقد بلغ عمق التآكل بضع سنتيمترات نتيجة التفاعل بين غاز ثاني أكسيد الكبريت والأمطار التي تسقط على المدن من حين لأخر.كذلك شوهد أثر الأمطار الحامضية أو الترسيب الحامضي على الأكرودليس في اليونان و الكلولدسيم في ايطاليا وتاج محل في الهند وأبو الهول في مصر[٣٧]،كما هو واضح في صورة رقم(٤).

صورة رقم(٤)

تأثير الأمطار الحامضية على التماثيل

المصدر:سعد سامي جاسم واخرون،علم الأرض،الطبعة الأولى،العراق،٢٠١٦،ص[٩١].

(٤) أثر الأمطار الحامضية على صحة الإنسان والكائنات الحية

تؤثر الإرسابات الحامضية الجافة الموجودة في الهواء على صحة الإنسان والحيوان والنبات من خلال تناول مياه الشرب أو المواد الغذائية التي تحتوي مواد حمضية فتسبب له صعوبة في التنفس وزيادة تركيزها يؤدي إلى الإصابة بأمراض الجهاز التنفسي وزيادة تركيز العناصر السامة مثل الرصاص،الزنك،القصدير،الزئبق إلى مشكلات صحية قد تسبب الوفاة وأن تأثير الأمطار الحامضية بالنباتات يحرم القوارض من المادة الغذائية والمأوى،ويؤدي إلى موتها أو هجرتها كما تموت الحيوانات اللاحمة التي تتغذى على القوارض أو تهاجر أيضاً

وقد يلاحظ تأثير مباشر للأمطار الحامضية على الطيور والدواجن وعلى بيوضها المعرضة للتلوث.وعلى الكائنات الحية البرية كما تصل الإرسابات الحامضية إلى جسم الإنسان عن طريق تناوله منتجات نباتية ملوثة حمضياُ زرعت في تربات حمضية أو حصلت على احتياجاتها المائية من موارد مياه ملوثة حمضياً[٣٨].

وللأمطار الحامضية تأثير واضح على الإنسان حيث تترك أثار سلبية في الصحة العامة مثل تهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي واحتقان الأنف والبلعوم وزيادة أمراض الربو والحساسية وضيق التنفس وتهيج العينين والوجه واليدين والأجزاء المكشوفة من جسم الإنسان.كما أنها تمنع الإنسان من استخدام البحيرات التي ترتفع بها

المياه الحامضية للأغراض السياحية والسباحة فضلاً عن ذلك فأنها قد تمنع استخدام هذه البحيرات لأغراض الشرب،أو عمليات سقي المحاصيل الزراعية،إضافة إلى ذلك ممكن أن تفسد مياه الأمطار الحامضية صلاحية المياه الموجودة في الخزانات المستخدمة للشرب،فقد لوحظ أن مياه في الولايات المتحدة وهو خزان كوابين قد زادت حموضتها بشكل ملحوظ نتيجة لسقوط الأمطار الحامضية على هذه الخزان مدة طويلة من العام،وقد نتج عن زيادة حموضة مياه هذا الخزان،حدوث تأكل في بعض قنوات المياه وصدأ بعض المعدات المعدنية المتصلة بهذا الخزان.كذلك أدت هذه الأمطار الحامضية إلى زيادة نسبة الرصاص في مياه الشرب المأخوذة من هذا الخزان،مما يمثل خطر كبير على الصحة العامة[٣٩].

كما لوحظ موت القشريات والأسماك الصغيرة في البحيرات كما هو واضح في صورة رقم(٥) نظراً لتشكل مركبات سامة بتأثير الأمطار الحامضية تدخل في نسيج النباتات و البلانكنون العوالق النباتية وبالتالي فأن للأمطار الحامضية أثر كبير على صحة الإنسان والكائنات الحية.أن الأمطار الحامضية تسبب حرقانا شديد في العين كما تؤدي إلى احتقان القصبات الهوائية والشعب الهوائية كما أنها تزيد من حالات الربو عند الإنسان[٤٠].

صورة رقم (٥)

اثر الامطار الحامضية على الاسماك

المصـــــــدر:بحث مـــــن الأنترنيت،ويكيبيديا،الموســـــوعة الحرة،المطـــــر الحـــــامظي وأثارة،.WiKi.ar.m.WiKiPedia.org>https//:<

الجهود الدولية المبذولة لتقليل أو علاج هذه الظاهرة

بدأت بعض الدول المتقدمة صناعياً بوضع الحلول للتخفيف من مخاطر الأمطار الحامضية عن طريق الإقلال من حرق الوقود ألأحفوري في وسائل النقل ومحطات توليد الطاقة.و استخدام الفحم ذي المحتوى الكبريتي المنخفض وتخليص الفحم من معظم ملوثاته الحمضية أثناء الاحتراق بأتباع عدة طرق منها(طريقة الاحتراق الجوي في الطبقة الميتة،وطريقة الاحتراق المنضغط في الطبقة المميعة).و إزالة كبريت غاز المداخن أما بطريقة الامتصاص أو الامتصاص الفعال.وكذلك طلاء المنشئات والمباني و الآثار بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها من الآثار الضارة لسقوط الأمطار الحامضية عليها وكذلك استخدام الجير في معالجة مياه البحيرات التي تتعرض للأمطار الحامضية،حيث يقوم الجير بمعادلة حموضة المياه.(٤١)

هنالك علاج أخر يمكن من خلاله الحد من تأثير الأمطار الحامضية وهو خفض كميات الغازات الحاملة للنيتروجين والكبريت المتصاعدة من المصانع ومحطات الكهرباء و إضافة كربونات الكالسيوم إلى التربة الحامضية المتضررة من الأمطار الحامضية(٤٢).

بما أن المسبب الرئيس للمطر الحامضي هو اكاسيد النتروجين الناتجة من عوادم السيارات وكذلك الكبريت الناتج من حرق الفحم وهي من الملوثات الأساسية فاستعمال الوقود الخالي من الكبريت كالغاز الطبيعي بدل الفحم قد يساعد على تقليل تكون المطر الحامضي،ولكن هذه الأنواع من الوقود اقل وفرة و أعلى سعر ،وهنالك أجهزة

تستعمل مرشحات الهواء تحجز ثنائي اوكسيد الكبريت قبل وصوله إلى الغلاف الجوي وهذا يسهم في حل مشكلة المطر الحامضي(٤٣).

وقد أقيمت شبكات رصد في كل من الولايات المتحدة وكندا وأوربا لتحديد تركيب الهطول الحامضي وعلى النطاق العالمي هنالك شبكة من المحطات منها(٥٥) محطة تقوم بتبليغ البيانات المتصلة بكيمياء الأمطار با أنتضام ونتيجة لهذا التعاون الدولي طرأ تحسن على المناطق التي تستقبل الأمطار الحامضية(٤٤).

الوسائل الناجحة لمكافحة الأمطار الحامضية :

هي التوقف عن نفث أكاسيد الكبريت والنتروجين إلى الغلاف الجوي من خلال ما يأتي :

(١)إزالة الكبريت

أوضحنا سابقاً أن الفحم الحجري يمكن أن يحتوي على كميات كبيرة من الكبريت وأن حرقه سيقود في النهاية إلى نفث أكاسيد الكبريت إلى الغلاف الجوي وتكمن فكرة التخلص من الكبريت بإتباع الأجرائات الآتية:

(أولاً) التحول إلى استخدام أنواع من الفحم الحجري ذات محتوى أقل من الكبريت

(ثانياً) استخدام أنواع أخرى من الوقود كالغاز الطبيعي

(ثالثاً) خلط الفحم بمادة الحجر الجيري قبل حرقه بحيث يتفاعل الكبريت مع مادة الحجر الجيري(كربونات الكالسيوم)منتجاً كبريتات الكالسيوم(الجبس)غير الضارة بالبيئة

(رابعاً) انتزاع الكبريت من الوقود الحاوي عليه وتحويل الكبريت الناتج إلى سلعة مفيدة اقتصادية[٤٥].

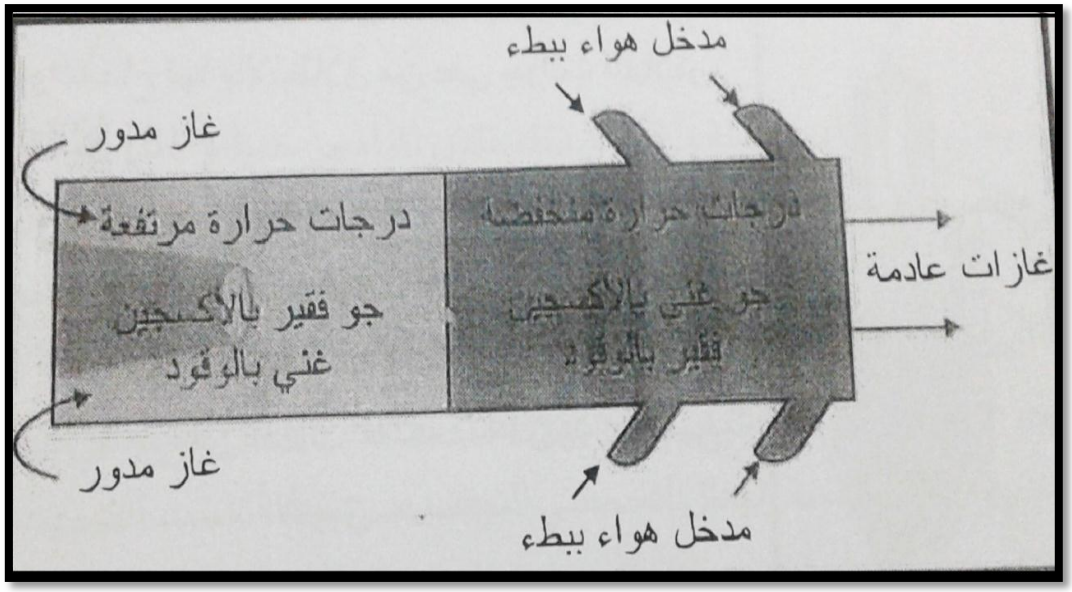
(٢)السيطرة على أكاسيد النيتروجين

أن السيطرة على التلوث با أكاسيد النيتروجين معقد لوجود غازات الاحتراق التي تعقد ذلك وأن أنجح وسيلة للسيطرة على أي ملوث تكمن في التوقف عن أنتاجه وكذلك الحال بالنسبة لأكسيد النيتروجين.وبما أنه من الصعب السيطرة عليه فأن هنالك أمكانية لاختزال كمية ما ينبعث وذلك عن طريق أتباع أسلوب الحرق المرحلي للوقود كما في الشكل رقم(٦) وهذه التقنية يمكن أتباعها في الآت الاحتراق الداخلي والمراجل الصناعية.ويتم ذلك على مرحلتين المرحلة الأولى حرق الوقود في

درجات حرارة عالية في جو فقير بالأكسجين والثانية أكمال عملية الحرق في جو غني بالأكسجين في درجات حرارة منخفضة وفائدة ذلك تكمن في عدم السماح لأكسيد النيتروجين بالتكون خلال عملية الحرق[٤٦].

(٦)

حرق مرحلي للتقليل من تكون أكاسيد النيتروجين



المصدر: غازي عبد الفتاح سفاريني،مباديء الجيولوجيا البيئية،الطبعة الأولى،دار الفكر، الأردن، ٢٠١٢،ص[٣٠٦].

الاستنتاجات:

(١)تعد الأمطار الحامضية محصلة التلوث الهوائي الناتج بفعل زيادة انبعاث الغازات من عمليات احتراق الوقود ألأحفوري المرتبطة بالنشاط البشري،وهي تسبب أضرار بيئية خطيرة جعلتها تصنف ثالث أهم المشكلات البيئية التي تعاني منها الأرض .

(٢)تشكل غازات ثاني أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين أهم غازات الغلاف الجوي المسببة للأمطار الحامضية في مواقع مصادرها أو في مواقع أخرى تبعد عنها.

(٣)تعد كل من الصين والولايات المتحدة الأمريكية من أكبر دول العالم المسببة لتلوث الهواء وحدوث الأمطار الحامضية وتعد نطاقات غرب أوربا،وشرق الولايات المتحدة الأمريكية،شرق أسيا أكثر نطاقات العالم التي تعاني من الأمطار الحامضية وهي أعلى نطاقات العالم التي ينبعث منها الغازات المسببة للأمطار الحامضية.

(٤)تتسبب الأمطار الحامضية في عديد من الأضرار على الأنظمة البيئية المتنوعة،ويعد النظام المائي والنباتي من أكثر الأنظمة البيئية تضرراً منها،غذ تؤدي الى زيادة حموضة التربة وتدمير الغابات

والغطاء النباتي وزيادة حامضية مياه الأنهار والبحيرات وتلويثها،إضافة إلى تأكل الأبنية والجسور وغيرها من المنشئات.

(٥)تبذل العديد من الجهود الدولية لتخفيض انبعاث الغازات المسببة للتساقط الحامضي،وقد خفضت العديد من الدول المتقدمة من نسب انبعاث تلك الغازات في حين ارتفعت نسب انبعاثها في نطاقات أخرى على سطح الأرض،ويعني ذلك أن المشكلة تنتقل جغرافياً من إقليم إلى أخر فينخفض مستوى المشكلة في إقليم ويزداد في أقاليم أخرى

الهوامش:

١أحمد السروي،الملوثات الطبيعية والصناعية،الطبعة الأولى،المكتبة الأكاديمية،القاهرة،٢٠١١،ص١٠٧.

٢ علي أحمد غانم،المناخ التطبيقي،الطبعة الأولى،دار الميسرة،الأردن،٢٠١٠،ص٣١٨.

٣ ضياء عبد المحسن محمد،دراسة في نظم المعلومات الجغرافيةGIS،الطبعة الأولى ،بدون مطبعة،بدون مكان،٢٠١٦،ص١٤٨.

٤ محمد عياد مقيلي،تطرفات الطقس والمناخ،الطبعة الأولى،دار الشموع للثقافة،الأردن،٢٠٠٣،ص٦٧.

٥ نجلاء هاني عبد معيبر الشمري،التوزيع الجغرافي للصناعات الملوثة في محافظات الفرات الأوسط،وأثارها المستقبلية،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية التربية للبنات،جامعة الكوفة،٢٠٠٨،ص٦٦.

٦ أحمد مدحت أسلام،التلوث مشكلة العصر ،الطبعة الأولى،عالم المعرفة،الكويت،١٩٩٠،ص٦٩.٧٠.

٧ زهراء عدنان أحمد العطار ،التغيرات المناخية في العالم و استخدام الطاقة المتجددة للتقليل من تأثيراتها،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية التربية للبنات،جامعة الكوفة،٢٠١١،ص١٢٨.

٨ فتحية محمد حسن،مشكلات البيئة،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١٠،ص١٦٥

٩ عادل مشعان ربيع،مشاكل بيئة معاصر ،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١١،ص١٣٤.

١٠ علي حسن موسى،مشكلات الطبيعة الراهنة،بدون طبعة،منشورات جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٦،ص٣٤٧.

١١ علي حسن موسى،المرجع في الكوارث المناخية،بدون طبعة،منشورات جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٥،ص٣٧٥.

١٢ أحمد مدحت أسلام،التلوث مشكلة العصر ،مصدر سابق،ص٧٢.

١٣ حسن أحمد شحاتة،تلوث الهواء القاتل الصامت وكيفية مواجهته،الطبعة الثانية،الدار العربية للكتاب،القاهرة،٢٠٠٨ا،ص٩٣.

١٤ علي صاحب الموسوي ومثنى فاضل علي،التغيرات المناخية في الغلاف الجوي وتأثيراتها الحيوية على الكائنات الحية(النباتية و الحيوانية)،مجلة البحوث الجغرافية،العدد(١١)،٢٠٠٩،ص٥٤.

١٥ عادل مشعان ربيع ،مشاكل بيئية معاصرة،مصدر سابق،ص١٣٨.

١٦ محمد أزهر سعيد السماك و باسم عبد العزيز السلطاني،جغرافية الموارد الطبيعية،بدون طبعة،دار الكتب للطباعة و النشر ،الموصل،١٩٨٨،ص٢٠٨.

١٧ سامح غرايبة و يحيى الفرحان ،المدخل إلى العلوم البيئية،الطبعة الرابعة،دار الشروق،الأردن،٢٠١١،ص٣٦٠.

١٨ كاظم شنتة سعد،جغرافية التربة،بدون طبعة،دار المنهجية،عمان،٢٠١٦،ص٢١٨

١٩ هيكل رياض رأفت،الإنسان والتلوث البيئي،الطبعة الأولى،دار الشؤون الثقافية،بغداد،٢٠٠٦،ص١٥٧.

٢٠ عادل الشيخ حسين،البيئة مشكلات وحلول،بدون طبعة ،دار اليازوري،عمان،٢٠٠٩،ص٩٥.٩٦.

٢١علياء حاتوغ بوران ومحمد حمدان أبو دية،علم البيئة،الطبعة الثانية،دار الشروق،الأردن،٢٠٠٩،ص٢٢٥

٢٢ محمد أمين عامر ومصطفى محمود سليمان،تلوث البيئة مشكلة العصر ،الطبعة الأولى،دار الكتاب الحديث،القاهرة،١٩٩٩،ص١٦١.١٦٢.

٢٣ صالح محمود وهبي وابتسام درويش العجي،التربية البيئية وأفاقها المستقبلية،الطبعة الأولى،دار الفكر ،سوريا، ٢٠٠٣،ص٣٣٢.
٢٤ محمد أبراهيم محمد شرف،المشكلات البيئية المعاصرة الأسباب والأثار والحلول،بدون طبعة،دار المعرفة الجامعية،القاهرة،٢٠٠٩،ص٧٧.
٢٥ سلام هاتف أحمد الجبوري،الموارد الطبيعية،الطبعة الأولى،بلا مطبعة،بغداد،٢٠١٣،ص١٠٠
٢٦ محمد عياد مقيلي،تطرفات الطقس و المناخ،مصدر سابق،ص٧٢.
٢٧ محسن حسانين،أمراض النباتات الغير معدية،بدون طبعة،دار الفجر،بلا مكان،٢٠١٧،ص١١١.
٢٨ عبد الرحمن محي الدين السفرجلاني،الكوارث الطبيعية،بدون طبعة،مطبعة جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٦،ص٢٢٠
٢٩ علي حسن موسى،التلوث البيئي،الطبعة الأولى،دار الفكر،سوريا،٢٠٠٦،ص١٨٧.
٣٠ محمد محمود دهبية،علم البيئة،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١٠،ص١١.
٣١حارث جبار فهد وعادل مشعان ربيع،التلوث المائي،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١١،ص٧٢.٧١.
٣٢ علي صاحب طالب الموسوي،جغرافية الطقس والمناخ،الطبعة الأولى،دار الصفاء والتصميم،النجف،٢٠٠٩،ص١٠٥.
٣٣ صالح محمود وهبي وابتسام درويش العجي،التربية البيئية وافاقها المستقبلية،مصدر سابق،ص٢٣٣.
رياض حامد الدباغ وحسين علي السعدي،البيئة المائية،الطبعة الأولى،دار اليازوري،الأردن،ص٢٣٥.٣٤
٣٥ محمد أمين عامر ومصطفى محمود سليمان،تلوث البيئة مشكلة العصر،مصدر سابق،ص١٦٤.
٣٦ وائل أبراهيم الفاعوري،الحرب والبيئة،الطبعة الثانية،دار الخليج،الأردن،٢٠١٧،ص١٧.
٣٧علي عبد الفتاح،الأعلام البيئي،بدون طبعة،اليازوري،الأردن،٢٠١٦،ص٢٧
٣٨ سحر أمين حسين،موسوعة التلوث البيئي،بدون طبعة،دار دجلة،الأردن،٢٠٠٧،ص٢٥.٢٤.
٣٩ صالح وهبي،الإنسان والبيئة والتلوث البيئي،بدون طبعة،دار الفكر،دمشق،٢٠٠١.ص١٢٦
٤٠ عياد راضي خنفر،التلوث البيئي،الطبعة الأولى،دار اليازوري العلمية،الأردن،٢٠١٠،ص١٩ت٢٠.
عماد مطير خليف الشمري وآخرون،البيئة والتلوث،الطبعة الأولى،مطبعة الأيك،بغداد،٢٠١٢،ص١٧٥.
٤٢ أحمد الخطيب،تلوث الأراضي،بدون طبعة،بلا مطبعة،مصر،٢٠٠٨،
٤٣ سعد سامي جاسم وآخرون،علم الأرض،الطبعة الأولى،العراق،٢٠١٦،ص٩١.
٤٤ صالح وهبي،الإنسان والبيئة والتلوث البيئي،مصدر سابق،ص١٢٥.
٤٥ غازي عبد الفتاح سفاريني،مبادئ الجيولوجيا البيئية،الطبعة الأولى،دار الفكر،الأردن،٢٠١٢،ص٣٠٦.
٤٦ عمر موسى رمضان وآخرون،الكيمياء الصناعية،بدون طبعة،دار الحكمة،الموصل،١٩٩١،ص٤٩٤.

المصادر :-

مصادر الكتب

(١)أسلام ،أحمد مدحت،التلوث مشكلة العصر، الطبعة الأولى،عالم المعرفة،الكويت،١٩٩٠.

(٢)بوران،علياء حاتوغ ومحمد حمدان أبو دية،علم البيئة،الطبعة الثانية،دار الشروق،الأردن،٢٠٠٩.

(٣)الجبوري،سلام هاتف أحمد،الموارد الطبيعية،الطبعة الأولى،بلا مطبعة،بغداد،٢٠١٣.

(٤)جاسم،سعد سامي و آخرون،علم الأرض،الطبعة الأولى،بدون مطبعة،العراق،٢٠١٦.

(٥)حسين،سحر أمين،موسوعة التلوث البيئي،بدون طبعة،دار دجلة،الأردن،٢٠٠٧.

(٦)حسين،عادل الشيخ،البيئة مشكلات وحلول،بدون طبعة،دار اليازوري،عمان،٢٠٠٩.

(٧)حسن،فتحية محمد،مشكلات البيئة،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١٠.

(٨)حسانين،محسن،أمراض النباتات الغير معدية،بدون طبعة،دار الفجر،بلا مكان،٢٠١٧.

(٩)الخطيب،أحمد،تلوث الأراضي،كلية الزراعة،بدون طبعة،بلا مطبعة،مصر،٢٠٠٨.

(١٠)خنفر،عياد راضي،التلوث البيئي،الطبعة الأولى دار اليازوري العلمية،الأردن،٢٠١٠.

(١١)الدباغ،رياض حامد وحسين علي السعدي،البيئة المائية،الطبعة الأولى،دار اليازوري،الأردن،٢٠١١.

(١٢)دهبية،محمد محمود،علم البيئة الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١٠.

(١٣)ربيع،عادل مشعان،مشاكل بيئة معاصر،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١١.

(١٤)رمضان،عمر موسى واخرون،الكيمياء الصناعية،بدون طبعة،دار الحكمة،الموصل،١٩٩١.

(١٥)رأفت،هيكل رياض،الإنسان والتلوث البيئي،الطبعة الأولى،دار الشؤون الثقافية،بغداد.٢٠٠٦.

(١٦) السروي،أحمد،الملوثات الطبيعية والصناعية،الطبعة الأولى،المكتبة الأكادمية،القاهره٢٠١١.

(١٧)السفرجلاني،عبد الرحمن محي الدين،الكوارث الطبيعية،بدون طبعة،مطبعة جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٦.

(١٨)سفاريني،غازي عبد الفتاح،مبادىء الجيولوجيا البيئة،الطبعة الأولى،دار الفكر،الأردن،٢٠١٢.

(١٩)سعد،كاظم شنتة،جغرافية التربة،بدون طبعة،دار المنهجية،عمان،٢٠١٦.

(٢٠)السماك،محمد أزهر سعيد وباسم عبد العزيز السلطاني،جغرافية الموارد الطبيعية،بدون طبعة،دار الكتب للطباعة والنشر،١٩٨٨

(٢١)شحاتة،حسن أحمد،تلوث الهواء القاتل الصامت وكيفية مواجهته،الطبعة الثانية،الدار العربية للكتاب،القاهرة،٢٠٠٨.

(٢٢)الشمري،عماد مطير خليف واخرون،البيئة والتلوث،الطبعة الأولى،مطبعة الأيك،بغداد،٢٠١٢.
(٢٣)شرف،محمد ابراهيم محمد،المشكلات البيئية المعاصرة الأسباب والأثار والحلول،بدون طبعة،دار المعرفةالجامعية،الأسكندرية،٢٠٠٩.
(٢٤)الصالحي،سعدية عاكول وعبد العباس فضيخ العزيزي،عداء الإنسان للبيئة،الطبعة الأولى،دار الصفاء عمان،٢٠٠٨.
(٢٥)عبد الله،حسوني جدوع،التصحر تدهور النظام البيئي،الطبعة الأولى،دار دجلة،الأردن،٢٠٠٩.
(٢٦)عبد الفتاح،علي،الأعلام البيئي،بدون طبعة،اليازوري،الأردن،٢٠١٦.
(٢٧)عامر،محمد أمين ومصطفي محمود سليمان،تلوث البيئة مشكلة العصر،الطبعة الأولى،دار الكتاب الحديث،القاهرة،١٩٩٩.
(٢٨)غرايبة،سامح ويحيى الفرحان،المدخل الى العلوم البيئية،الطبعة الرابعة،دار الشروق،الأردن،٢٠١١.
(٢٩)غانم،علي أحمد، المناخ التطبيقي،الطبعة الأولى،دار الميسرة،الأردن،٢٠١٠.
(٣٠)فهد،حارث جبار وعادل مشعان ربيع،التلوث المائي،الطبعة الأولى،مكتبة المجتمع العربي،الأردن،٢٠١١.
(٣١)الفاعوري،وائل أبراهيم،الحرب والبيئة،الطبعة الثانية،دار الخليج،الأردن،٢٠١٧.
(٣٢)قعدان،محمد عبد الكريم،التلوث،الطبعة الأولى،العبيكان للنشر،المملكة العربية السعودية،٢٠١٦.
(٣٣)محمد،ضياء عبد المحسن،دراسة في نظم المعلومات الجغرافية GIS،الطبعة الأولى،بدون مطبعة،بدون مكان،٢٠١٦.
(٣٤)موسى،علي حسن،مشكلات الطبيعة الراهنة،بدون طبعة،منشورات جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٦.
(٣٥)موسى،علي حسن،المرجع في الكوارث المناخية،منشورات جامعة دمشق،دمشق،٢٠١٥.
(٣٦)موسى،علي حسن،التلوث البيئي،الطبعة الأولى،دار الفكر،سوريا،٢٠٠٦.
(٣٧)الموسوي،علي صاحب،جغرافية الطقس والمناخ،الطبعة الأولى،دار الصفاء والتصميم،النجف،٢٠٠٩.
(٣٨)مقيلي،محمد عياد،تطرفات الطقس والمناخ،الطبعة الأولى،دار الشموع للثقافة،الأردن،٢٠٠٣.
(٣٩)وهبي،صالح،الأنسان و البيئة والتلوث البيئي،بدون طبعة،دار الفكر،دمشق،٢٠٠١.
(٤٠)وهبي،صالح محمود وابتسام درويش العجي،لتربية البيئية و افاقها المستقبلية،الطبعة الأولى،دار الفكر،سوريا،٢٠٠٣.

مصادر الرسائل والبحوث والمجلات

(١)الشمري،نجلاء هاني عبد معيبر ،التوزيع الجغرافي للصناعات الملوثة في محافضات الفرات الأوسط،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية التربية للبنات،جامعة الكوفة،٢٠٠٨.

(٢)العطار،زهراء عدنان أحمد،التغيرات المناخية في العالم واستخدام الطاقة المتجددة للتقلبل من تأثيراتها،رسالة ماجستير غير منشورة،كلية التربية للبنات،جامعة الكوفة،٢٠١١.

(٣)الموسوي،علي صاحب ومثنى فاضل علي،التغيرات المناخية في الغلاف الجوي وتأثيراتها الحيويةعلى الكائنات الحية(النباتية والحيوانية)،مجلة البحوث الجغرافية،العدد(١١)،٢٠٠٩.

الأنترنيت

(١)بحث من الأنترنيت،ويكبيديا،الموسوعة الحرة،المطر الحامضي وأثاره، .<httpsll:ar.m.wikpedia.org>wiki

Abstract:-

Global pollution of acid rain and it impact on the environment.

Acid rain is a precipitation that is contaminated with acid, whether it is rain or cold. It is a term for rain, where the pH of a pH is less than 5.6 since the pH in natural water is 7.

Acid precipitation is due to nitrogen and sulfur compounds resulting from human activities such as factories and transport, which react in the atmosphere to form acids. The main sources of acid rain formation are sulfur dioxide and nitrogen oxides. These gases are byproducts of high temperature combustion processes, Acid is a logarithmic scale of 14 degrees. If this pH is between (56), the rain type here is normal rain and has no negative environmental effects If the pH of the rain is 45, it is moderately acidic and its effects are low and not noticeable, but in the long run it becomes catastrophic for some aquatic animals, whereas the pH is 43 and the rainfall becomes highly acidic and leaves prominent traces in the vital world of (3) makes the rain very acidic and is a deadly rain for the aquatic and vegetation and not fit for human use. Acid rain has major impacts on the environment, affecting the soil as it destroys it, damage forests and trees, and affects the lakes as they increase the acidity of these lakes, causing damage to living organisms, and damage to buildings, urban structures and monuments. The impact of this acid rain has to be followed by a number of steps, including reducing the burning of fuel within factories and power plants Transport and the use of new furnaces and stoves to reduce the release of sulfur oxides and nitrogen oxides and the use of modern refineries that produce low sulfur content as well as the coating of buildings and buildings and the

effects of new types of paint to protect them from the harmful effects of acid rain on them as well as the addition of calcium carbonate to Soil affected by acid rain