الأمطار الحامضية ومخاطرها البيئية

الأستاذ الدكتور
كفاح صالح الأسدي
المدرس المساعد
عبد الكاظم علي جابر
جامعة الكوفة / كلية الآداب

المستخلص:

تتكون الأمطار الحامضية من تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت وأهمها ثاني اوكسيد الكبريت بوجود الأشعة فوق البنفسجية .

وأخذت حموضة الأمطار تزداد مع بداية الثورة الصناعية، نتيجة للانبعاثات الضخمة من اكاسيد الكبريت والنيتروجين والكربون التي تنطلق الى الجو ،نتيجة لحرق الوقود مثل النفط والفحم .

والتساقطات الجوية الحامضية ليست بالضرورة ان تكون على هيئة أمطار او ثلوج او ضباب ،فقد تصل مركبات الحامض في شكل جاف .ولذا فان المطر الحامضي من وجهة النظر الكيميائية هي كل التساقطات الكيميائية الجوية التي تصل الى سطح الأرض بكل السبل سواء كانت رطبة او جافة. وحموضة الأمطار ليست ثابتة على مدار السنة فإنها تختلف من فصل لآخر. وللتساقطات الحامضية آثار سلبية واضحة على أنظمة الأنهار والبحيرات والتربة وعلى صحة الإنسان وعلى المباني والآثار.

المقدمة:

التساقط المطري والثلجي في الظروف الطبيعية الصرفة يحتوي على حموضة ضعيفة بسبب ذوبان ثاني اوكسيد الكربون الجوي، وهذه الحموضة في الماء تسهل عملية تأكل الصخور الجيرية واتساع الشقوق والفوالق الصخرية وتكوين الكهوف.

ومع بداية الثورة الصناعية في أوربا وأمريكا الشمالية أخذت حموضة مياه المطر والثلج في الزيادة نتيجة لزيادة الانبعاثات الضخمة من اكاسيد الكبريت والنتروجين والكربون التي تنطلق في الهواء نتيجة لاحتراق الوقود مثل النفط والفحم في محطات إنتاج الطاقة الكهربائية، ومحركات الآلات وافران المصانع، كما ان هذه

الغازات تنتج من مصانع إنتاج الامونيا ومصانع الأسمدة ومعامل تكرير البترول والصناعات البتروكيميائية .

وكان الاعتقاد السائد ان الأمطار الحامضية تنشا نتيجة بعض العوامل الطبيعية التي لا دخل للإنسان فيها مثل الغازات الحامضية الناجمة عن اندفاع البراكين أو من حرق الغابات او من تحلل بقايا النباتات. والحيوانات. لكن العلم الحديث اكتشف بطلان ذلك وبين ان السبب هو الإنسان، وقد أثبتت بعض الدراسات ان 90% من الكبريت المحمول في الأمطار يعود إلى النشاط البشري .

وأول من درس مشكلة تحمض الأمطار في بريطانيا هو الباحث الكيميائي روبرت أنجوس سمث (*Robert angus smith*) الذي وصف التلوث في مدينة مانشستر سنة 1872م [1] والذي نوه في تقريره عن وجود علاقة من نوع مابين الدخان والرماد المتصاعد من مداخن المصانع وهذه الأمطار الحامضية. ومع الأسف لم يحظ هذا التقرير بالاهتمام الكافي، وطوي في زوايا النسيان ولم يفطن احد الى خطورة هذه الأمطار على البيئة إلا في النصف الثاني من القرن العشرين على يد العام السويدي (أودين) فقد كان هذا العالم أول من الفت الأنظار عام 1967 ان الأمطار التي تسقط على السويد كانت حموضتها تتزايد بمرور الوقت وأول من نبه الى عالمية مشكلة المطر ألحامضي هي الحكومة السويديـة في مؤتمر الأمم المتحـدة المتعلق بالبيئة البشرية فـي مدينة استكهـولم عام 1972. وفـي بدايـة بداية الأمر قوبل الطرح السويدي بشيء من الشك والريبة من قبل الدول الصناعية ولكن مع مرور الوقت وصل الجميع الى قناعه تامة بحقيقة المشكلة التي تطورت في الآونة الأخيرة إلى مشكـله بيئـة دوليه رئيسيـه تتطلب المزيد من الاهتمام والمعالجة [2].

وتشير بعض التقديرات إلى إن الانشطه الطبيعية تسهم بحوالي 78 الى 284 مليون طن في السنة من مركبات الكبريت و 20 الى 90 مليون طن في السنة من مركبات النتروجين وفي المقابل تسهم الانشطه البشرية بحوالي 75 الى 100 مليون طن سنويا من مركبات الكبريت وحوالي 20الى 90 مليون طن في السنة من مركبات النتروجين وهكذا يتضح ان الانشطه البشرية تقترب من المستوى الطبيعي في توليد الملوثات على المستوى العالمي ،أما على المستوى الإقليمي فان الأنشطة البشرية متفوقة في هذا المجال. حيث وجد ان انبعاثات الكبريت السنوية من منطقة سود بر ي الكندية لوحدها تعادل تقريبا مجموع انبعاثات البراكين في العالم [3].

قياس حموضة الأمطار :

حموضة ماء المطر والثلج ناتجة عن وجود ايونات الهيدروجين الموجبة (H+) والمقياس التقليدي لهذه الحموضة هو المعدل الهيدروجين (PH) ووضع العلماء معدلاً ثابتا لذلك فاعتبروا الماء النقي هو الذي يحتوي على معدل هيدروجيني

نسبته (7) فإذا زاد ذلك وأصبح (8 أو 9) أصبح الماء قلويا، وإذا قل عن (7) فأصبح (6 أو 5) أو اقل من ذلك كان الماء حامضا .

ان تحمض تساقطات المطر والثلج من عدمه تعتمد على نسبة العناصر الحامضية والقاعدية الموجود في الجو، فجسيمات الغبار في الجو هي الغالب قاعدية ووجودها في ماء المطر يطلق ايونات موجبة منها الكالسيوم و المغنسيوم و البوتاسيوم و الصوديوم، وفي الأقاليم الساحلية يسهم رذاذ البحر بكميات كبيره من ايونات الصوديوم و المغنسيوم و الكلور و البوتاسيوم القاعدية. أما اكاسيد الكربون والنتروجين وكبريتات الهيدروجين فهي تتحول إلى حامض في ماء المطر وعلى ذلك فان الأمطار بالمناطق القارية الفقيرة بغطائها النباتي يمكن ان يحتوي على تراكيز كبيرة من العناصر القاعدية ومعدلها الهيدروجيني في الغالب أكبر من (6) أما الأمطار الساقطة في الأقاليم الصناعية الملوثة باكاسيد الكبريت والنتروجين والكربون فمعدلها الهيدروجيني اقل من (5).

الترسيب ألحامضي

التساقطات الجوية الحامضية ليست بالضرورة في شكل أمطار وثلوج وضباب، فقد تصل مركبات الحامض في شكلها الجاف، وعلى ذلك فان المطر ألحامضي من وجه النظر الكيمائية يعني تساقط الكيميائيات الجوية على سطح الأرض بكل السبل، سواء كانت رطبة عن طريق الأمطار والثلوج او جافه عن طريق الجاذبية الأرضية واعتراض المباني والأشجار ومكونات السطح الأخرى. إذن المطر ألحامضي مصطلح شامل لا يقتصر على الشكل المترولوجي للمطر والثلج فحسب بل يشمل كل ما يسقط من الغلاف الجوي بالمطر والثلج في شكل تساقطات رطبة أو بدونها في شكل ترسبات جافة، فجميع سبل التساقط تؤدي في النهاية الى نتيجة واحده وهي تحمض مكونات سطح الأرض من تربه وانهار وبحيرات. و حموضة المطر ليست ثابتة على مدار السنة، فهي تختلف من فصل الأخر. فقد أثبتت دراسات في شرق الولايات المتحدة الأمريكية إن حموضة المطر تزداد في الصيف وتتناقص في الشتاء والسبب في ذلك يرجع الى ان الصيف يشهد فترات جفاف مطولة تسمح بتراكم الملوثات بالجو فيزداد تركيزها في زخات المطر المتباعدة، أما في الشتاء .فتتقارب زخات الأمطار بفعل العواصف المتكررة مما لايسمح بتركيز الملوثات في الجو كما يحصل في الصيف [4] كما توجد دورة لحموضة البحيرات في كندا تظهر فيه قمة ربيعة بسبب ذوبان الثلوج التي ركزت الأحماض بها خلال الشتاء البارد وقمة أخرى خريفية تعقب فترة التأكسد لكبريتات التربة ودبال الغابات بفعل حرارة الصيف. وقد أشارت التقارير ان جانباً من أوربا الوسطى مبتليه بأمطار حامضية معدلها الهيدروجيني (4.2) او اقل من ذلك .واصغر معدل هيدروجيني سجل لعاصفة ممطرة

في أوربا لحد ألان هو(2,4) يوم 1974/4/10 بمنطقة بتلو شري الاسكتلندية، وفي الشهر نفسه أعلن عن قيم(2.7و3.5) على التوالي بالساحل الغربي للنرويج وفي محطات أخرى نائية بأيسلندا، أما اقل متوسط سنوي سجل لحد الآن فهو 3.78 بمنطقة دوبيلت الهولندية سنة 1967. وفي سنة 1979 سقطت في فرجينا في الولايات المتحدة الأمريكية أمطار كانت درجة حموضتها (1.5) تقريبا، بمعنى ان هذه الأمطار كانت تشبه في حموضتها حامض.

البطاريات السائلة [5].

وبناءا على حسابات بعض العلماء السويديين فان أكثر من 77% من الكبريت في أجواء السويد قادم من وراء حدود الدولة ونظرا لان الجبال تثير السحب على التساقط، فان المنحدرات الجبلية المقابلة للرياح القادمة من مناطق حضرية وصناعية تتحصل على تركيزات كبيرة من التساقط الحامضي. وتتضح هذه الظاهرة على وجه الخصوص في الطرف الجنوبي للنرويج وجنوب ألمانيا وسويسرا. فجنوب النرويج على سبيل المثال يعترض الرياح الجنوبية الغربية القادمة من جهة الجزر البريطانية وهولندا وبلجيكيا. ولذلك وجد انه بمجرد ان تعبر كتل الهواء النطاق الجبلي الساحلي تتغير قيمة الحموضة من 4.2 على الساحل الى 4.6على السطوح الشمالية لذلك النطاق.

والترسيب الجاف يمثل كميات مكافئة من ايونات الهيدروجين، ففي دراسة لمنظمة (OECD) تبين إن هناك قيم عظمى من الترسيب الجاف (1 غم) من الكبريت /م2/سنة في وسط أوربا. وهذا يعادل أربعة أضعاف التساقط الرطب، وبمعدلات تتناقص بسرعة مع زيادة المسافة من مصادر الانبعاثات الى ان تصل قيم أقل من .. 1 غم بشمال اسكتلندا. وعلى ذلك فان الترسيب الكبريتي الجاف هو الوسيلة الغالبة للتحميض بالقرب من مصادر الانبعاثات .بينما يغل ب التساقط الرطب على الأقاليم النائية بشمال أوربا [6] ويرجع ذلك الى ان انبعاثات المصانع مستمرة طوال الوقت ،لذلك يتوقع ان يحصل منها الترسب الجاف باستمرار بالأماكن القريبة لاسيما الواقعة في مهب الرياح،والجسيمات التي تصعد كثيرا في الجو تبقى متأرجحة وتنقلها الرياح الى مسافات بعيدة الى ان تسقطها الأمطار والثلوج .

وفي الولايات المتحدة الأمريكية تشير الدراسات الى ان معظم محطات الأرصاد الواقعة إلى الغرب من نهر المسيسبي أظهرت باستمرار معدل هيدروجيني اكبر من (6,5) لقلة تصنيعها وتأثرها بالعناصر القاعدية الصاعدة من العواصف الغبارية بإقليم البراري والصحاري الغربية أما المحطات الواقعة الى الشرق من النهر أظهرت تساقطات حامضية وبتركيزات كبيرة على الخصوص بولايات نيوانجلند و نيويورك وبنسلفانيا، وتشير البيانات الى ان هناك توسعا في انتشار التحمض نحو

الجنوب والغرب، وزيادة في تركيز الحامض بالشمال الشرقي والجنوب الشرقي منذ 1955[7].

ميكانيكية تكوين الأمطار الحامضية:

تتكون الأمطار الحامضية من تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت وأهمها ثاني اوكسيد الكبريت مع الأوكسجين بوجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس ليعطي حامض الكبريت، ويمكن ان يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر وينتج مركب جديد هو كبريتات النشادر الذي يبقى معلقا في الهواء على شكل رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر. وعندما تصبح الظروف ملائمة لسقوط الأمطار فان رذاذ الكبريت ودقائق كبريتات النشادر يذوبان في الماء ويسقطان على الأرض بهيئة المطر الحامضي أما إذا كان الجو شديد البرودة فان رذاذ الحامض يتساقط مع الجليد ويبقى مختلطا ببلوراته التي تكسو سطح الأرض.

وتشترك أيضا اكاسيد النتروجين مع اكاسيد الكبريت في تكوين هذه الأمطار حيث تتحول اكاسيد النتروجين بوجود الأوكسجين والأشعة فوق البنفسجية إلى حامض قوي آخر يعرف باسم حامض النتريك (*Nitric Acid*) ويبقى هذا الحامض معلقا في الهواء الساكن مثل غيره او يسير مع الرياح الى ان تصبح الظروف ملائمة لهطول المطر ليذوب فيه مكونا الأمطار الحامضية ذات الطعم اللاذع[8].

المؤثرات البيئية للتساقطات الحامضية:

للتساقطات الحامضية مؤثرات سلبية على أنظمة الأنهار والبحيرات والتربة والغابات والمباني والآثار التاريخية وعلى صحة الإنسان نوجزها في الفقرات التالية :

أولاً: مؤثراتها على الأنهار والبحيرات العذبة

لقد أكدت الدراسات التي أجريت على بعض بحيرات جنوب النرويج انه عندما تقترب الحموضة من الرقم (5) تصاب اسماك السلمون بالعقم أما اسماك الثروت فتصاب بالعقم في معدل يبلغ (4.7) وان القواقع والقشريات المائية تموت إذ زادت الحموضة عن الرقم (5) مما يتسبب في حرمان الأسماك من مصدر أساسي لغذائها .

والى عهد قريب كانت مياه انهار السويد تستعمل مباشرة في أحواض تفريخ الأسماك. لكن هذا الأسلوب توقف لارتفاع حموضتها. وأصبح الماء لايدخل الأحواض إلا بعد تمريره على قاعدة من الصخور الجيرية لإحداث التعادل الكيميائي[9] ونذكر هنا نهر (توف دا ل) بالنرويج الذي كان يشتهر بهجرة اسماك السلمون إليه في كل عام. لكن نتيجة لسقوط الأمطار الحامضية عليه بشكل دوري .كل

عام تلوث الماء مما تسبب في وقف هجرة الأسماك إليه ، ونتيجة لارتفاع حموضة البحيرات اختفت الأسماك من (1750) بحيرة من بحيرات النرويج و2500 بحيرة من بحيرات السويد كما تعاني 30 - 60 % من بحيرات شرق كندا من المصير نفسه.

ان مركبات الفسفور المغذي الضروري للنباتات. في وجود الحامض تتحد مع مركبات الألمنيوم مما يقلل وفرتها في الماء لذلك فان تزايد معدلات الألمنيوم في الماء قد يقلل من إنتاجية النباتات الأولية التي تعتمد عليها الحيوانات المائية في غذائها .

كما انه وجد مع زيادة الحموضة يتناقص تحلل المواد العضوية بسبب ضعف قدرة البكتيريا على أداء ذلك الدور في الظروف الحامضية [10].

لقد أثبتت الدراسات إن ليس كل البحيرات تستجيب بالطريقة نفسها لكمية التساقط الحامضية نفسها. فهناك بعض البحيرات لم تتأثر بالتساقط ألحامضي وأخرى أظهرت حساسية مفرطة له. والسبب في هذا التباين يرجع الى الاختلاف في الخصائص القاعدة الصخرية ولخصائص التربة ولظروف الصرف الزراعي والمنزلي فالبحيرات التي تفترش قاعدة صخرية من الكرانيت والسليكا المقاومة لعمليات التجوية ولا يتفكك منها إلا القليل جدا من ايونات التعادل مع الأحماض تتأثر بشدة بالتساقطات الحامضية بسبب كثرة ايونات التعادل التي تنطلق منها. كما تساهم تربة أحواض الصرف والغطاء النباتي والصرف الزراعي والمنزلي في انتقال ايونات التعادل وبعبارة أخرى ثبت ان البحيرات المقاومة للإمطار الحامضية تتحصل على مياهها من أحواض الصرف الزراعي والمنزلي. أما البحيرات الواقعة بأحواض تحتوي على مياه نقية سريعا مما تتأثر بالتساقطات الحامضية وهناك انتشار واسع لمناطق القاعدة الصخرية السيليكية والكرانتية بأقاليم الدرع البلطي. والدرع الكندي وجبال الروكي وإقليم نيو انجلاند والابلاش بأمريكا. وهناك شواهد على ان بعض البحيرات العذبة بتلك الأقاليم تحمضت إلى معدل هيدروجيني أقل من (5) كنتيجة للتساقط الحامضي .

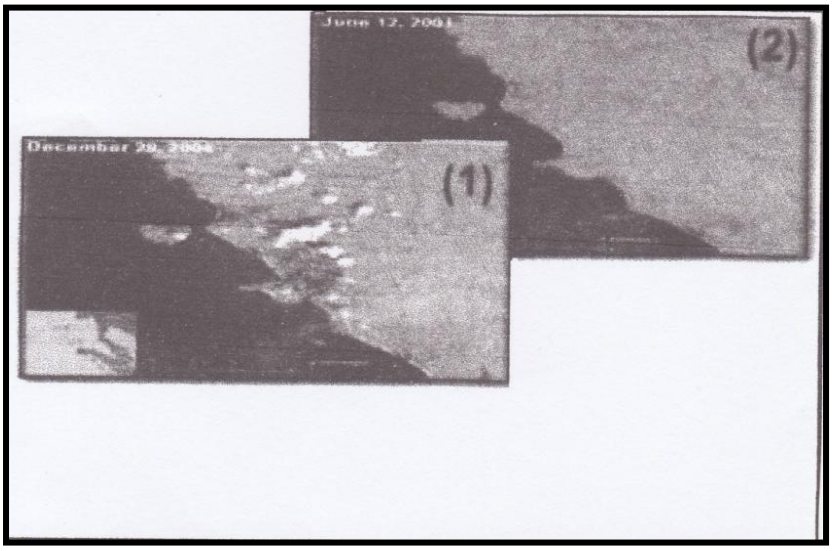
ثانياً: مؤثراتها على التربة والغابات

١. التربة:

التساقط الحامضي على أقاليم التربة الجيرية لا يتسبب في حدوث مشاكل تذكر لإمكانية التعادل بين الحامض في الماء والجير في التربة وتشتهر تربة الأقاليم الجافة بغناها بالكالسيوم والمغنيسيوم المعدل للحامض، 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 ايونات التعادل والعناصر الغذائية في التربة بايونات الهيدروجين الحامضية.

ان تربة العروض العليا التي تكونت في أعقاب العصر الجليدي الأخير قصيرة العمر من جهة وفقيرة في عناصرها الجيرية لذلك يغلب عليها الطابع البودزولي الحامضي خصوصا في المناطق الغابية من كندا، وعلى ذلك فان سقوط الأمطار الحامضية على تلك المناطق يؤدي الى المزيد من إزالة القواعد (القليلة أصلا في التربة) والى المزيد من التحمض حيث أثبتت الكثير من الدراسات تزايد حموضة التربة وصلت الى حدود (4 - 4.5) وعند تعرضها الى أمطار بمعدل هيدروجيني اقل من ذلك يحصل المزيد من الرشح لايونات التعادل والعناصر الغذائية الهامة للنبات من التربة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم ان هذه الظاهرة خطيرة جدا بالخصوص في مناطق التربة المتدهورة المرتكزة على أساس صخري حامضي كالسيليكا الكرانيت .



شكل رقم (1) صورة فضائية توضح

١. أراضي شرق أسيا قبل تأثرها بالأمطار الحامضية
٢. أراضي شرق أسيا بعد تأثرها بالأمطار الحامضية
المصدر:حسن احمد شحادة ،تلوث الهواء القاتل الصامت، القاهرة، 2002، ص76.

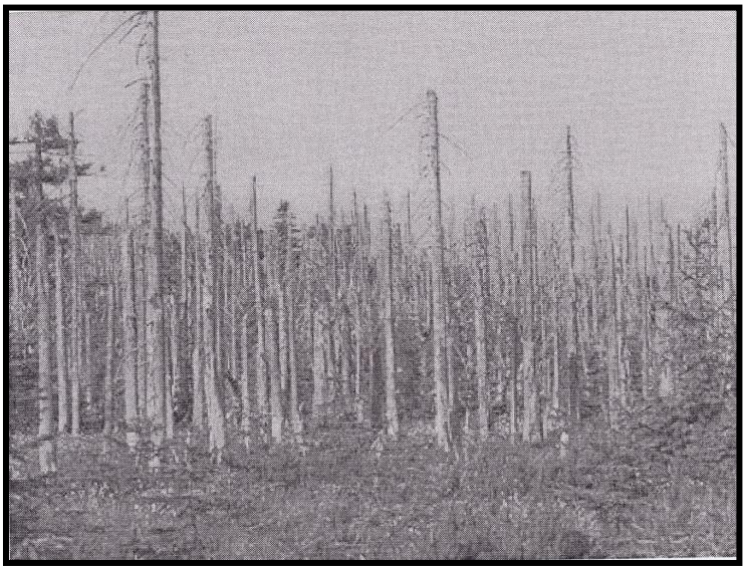
٢. **الغابات**:

تقوم أوراق الأشجار وأغصانها باعتراض كل من الترسبات الجافة والتساقطات الرطبة، لذلك فالغابات الواقعة في مهب الرياح القادمة من مناطق صناعية هي أكثر عرضه للضرر بالحامض من غيرها. ان وجود تركيزات كبيرة من ثاني اوكسيد الكبريت والنتروجين في الجو خاصة المرتبطة بالضباب المتكرر يزيل العناصر الغذائية من الأوراق ويعطلها عن أداء دورها الوظيفي فيصفر لونها وتذبل مما يؤدي الى وهن الأشجار ويعرضها للإصابة بالأمراض ثم الموت.

كما إن تحمض التربة وهجرة العناصر الغذائية هي منها يلحق الضرر بالأحياء الدقيقة الضرورية في تحلل المواد العضوية وتثبيت النتروجين في التربة، كما يسبب الحامض في تحرير معادن لها درجة من السمية للنبات مثل الألمنيوم الكادميوم والرصاص والزنك التي تنقل أثارها بعد ذلك الى الإنسان. كما ثبت ان الحامض يجعل بعض البكتريا تفتك بالجذور الدقيقة الأشجار مما يعرض الجذور الغليظة للوهن والإصابة بالأمراض فتقل قدرتها على تثبيت الأشجار أمام العواصف. وهكذا فان التحمض يضر بالأشجار مباشرة جراء ترسبةعلى الأوراق، او بطريقة غير مباشرة عن طريق تبدل البيئة الحيوية الواقعة في محيط الجذور.

وقد أتلفت الأمطار الحمضية في ألمانيا سنة 1980 من مساحة غاباتها حوالي 560 ألف هكتار أي ما يعادل 77% من مجموع مساحات الغابات الألمانية، وفي أوربا أتلفت الأمطار الحمضية 50% من غاباتها ولاسيما تلك المحيطة بالمناطق الصناعية .

ولا يتوقف تأثير المطر ألحامضي على الغابات عن هذا الحد فحسب بل تعدى الى مشكلة أكثر خطورة تتمثل في ظاهرة تعرية التربة. وحينما تسقط الأمطار الحامضية على الأراضي الجيرية مثل أراضي شرق أسيا شكل (1) فإنها تذيب قدرا كبيرا من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحملها معها الى مياه الأنهار، وتؤدي هذه العملية الى حدوث عدة أضرارا أولاها حدوث نخر في التربة وثانيهم ا حدوث زيادة مضطردة في تركيز الكالسيوم في الأنهار وثالثهما ضعف النبات [11].



شكل (2)
تأثر الغابات بالأمطار الحامضية
المصدر: - الموقع الالكتروني http : www. Alhayat .com

ثالثاً: مؤثراتها على الإنسان

تسبب جسيمات الكبريت والنتروجين المميزة للترسب الجاف خاصة بأقاليم الضبخنة الكيمياضوئية في أعاقة الرؤيا بسبب تعتم الجو الناتج عن تشتيت الضوء عن الجسيمات الهبائية العالقة فيه كما تسبب في انبهات الألوان والتسلل إلى أعماق الرئتين والالتصاق بجدارهما فيصعب التخلص منها عن طريق هواء الزفير مما يسبب أضرارا صحية بالغة خصوصا بالنسبة لمرضى التنفس والقلب والشيء نفسه يمكن ان يقال عن الضبخنة الرطبة، فهي توفر المجال الزمني الكافي لتحويل الاكاسيد الى أحماض في قطرات الضباب ومن ثم تدخل مع هواء الشهيق الى الرئتين فيزيد من صعوبة التنفس والحركة الدورانية للدم [12] كما تتحرر معادن سامة مثل الرصاص و الكوبر والزنك والكالسيوم والزئبق من التربة وانتقالها مع مياه الرشح والانجراف الى مصادر المياه السطحية والجوفية يشكل خطرا على حياة الإنسان الذي يستهلك مياه الشرب الملوثة بعناصر هذه المعادن او قد تصله عن طريق السلسلة الغذائية النباتية والحيوانية.

ان انطلاق عناصر الكادميوم بالذات من التربة الى الماء والنبات ثم الى الإنسان يسبب في إعاقة نمو الأطفال كما يسبب الحامض في إطلاق المعادن من

الأنابيب الناقلة للمياه. ان معظم مياه الشرب في الدول المتقدمة تصل السكان عن طريق أنظمة جيدة المراقبة مما يقلل من خطر الحامض لكن المشكلة تبدو واضحة في الدول الفقيرة التي لا تملك مثل هذه التسهيلات فتجد اغلب السكان يستهلكون الماء مباشرة من آبار سطحية او من مياه الأنهار بدون أدنى معالجة. وعلى الرغم من انه لم يثبت ان المطر الحامضي هو المسؤول. فان عينات المياه من بعض أقاليم نيوانجلند بالشرق الأمريكي وجد إنها تحتوي على تركيزات عالية من الرصاص تفوق المعدلات المسموح بها.

رابعاً: مؤثراتها على المباني والآثار

أغلب الأضرار اللاحقة بالمباني والآثار والمنشآت ناتجة عن الانبعاثات المحلية، وعلى ذلك فان اشد المناطق عرضة للتأثر هي منشآت المدن الصناعية المزدحمة ولاسيما التي يغلب على طقسها طابع الاستقرار الذي يسمح بتركيز التلوث الجوي فيكون اغلب التساقط في هذه الحالة من النوع الجاف الذي يؤدي الى اتساخ المباني والسيارات وينشط الفعل ألتآكلي للأحماض خلال الليالي التي يتكون فيها الضباب والندى والتساقط الحامضي ينشط بنخر المواد المستعملة في البناء والجسور والسدود والمعدات الصناعية وشبكات توزيع المياه والخزانات الأرضية وتوربينات توليد الطاقة الكهربائية، ويلحق أضرارا بليغة بالصروح الحضارية والآثار والتماثيل والأعمدة والمسلات. ان بعض أعظم الكنوز الثقافية بما فيها الباريثينون في أثينا وأعمدة تراجان في روما أكلها الحامض، كما يلاحظ في لندن تفتت بعض جدران برج لندن وكنيسة (وست مست ر آبي) وكنيسة القديس بولس التي أقيمت في عام 1765م والتي يبلغ عمق التآكل في بعض أحجارها النحو 2.5سم نتيجة التفاعل بين هذه الأحجار وبين حمض الكبريتيك الموجود في الأمطار الحمضية ولقد تشوهت معالم أعمدة الرخام والتماثيل الإغريقية والرومانية في ايطاليا واليونان وتركيا، مما اجبر السلطات المسؤولة في اليونان على إقفال معابد الاكروبولس في أثينا في وجه السواح ونقل بعض التماثيل الى أماكن محمية حفاظا عليها من مؤثرات التساقط ألحامضي شكل (3) وهكذا يتضح ان أضرار التساقطات الحامضية طالت كل عناصر البيئة الحية والجماد فهي تضر بالأحياء النباتية والحيوانية والإنسان ويلحق الأضرار أيضا بالجماد إذ تسرع في تفكك صخور البناء وتنشط صدأ المعادن والمعدات والجسور والسدود والسيارات والقطارات مما يؤدي الى تقصير عمرها لاقتصادي وبذلك تزيد من مصاريف صيانتها بإعادة الطلاء واستبدال ما انتهى من أجزائها بأجزاء أخرى خلال فترات زمانية متقاربة [13].

شكل (3)
تآكل التماثيل الرخامية بفعل الترسبات الحامضية
المصدر: الموقع الالكتروني http :\\ www. Alhayat .com

النتائج:

١. التساقطات الحامضية ليس بالضرورة أن تكون في شكل أمطار أو ثلوج وضباب، فقد تصل مركبات الحامض بشكلها الجاف
٢. حموضة الأمطار ليست ثابتة على مدار السنة ،فهي تتباين من فصل لآخر، فتزداد حموضة الأمطار في فصل الصيف وتقل في فصل الشتاء كما هو الحال في شرق الولايات المتحدة الأمريكية. لأن الصيف يشهد فترات جفاف مطولة تسمح بتراكم الملوثات بالجو .
٣. إن هناك أقيام عظمى من الترسيب الجاف تصل إلى 10غم/م2/سنة في وسط أوربا، وهذا يمثل أربعة أضعاف التساقط الرطب
٤. للتساقطات الحامضية مؤثرات سلبية على أنظمة الأنهار والبحيرات والغابات والتربة وعلى صحة الإنسان وعلى الآثار والمباني ..
٥. أخذت حموضة الأمطار بالازدياد بعد الثورة الصناعية نتيجة للانبعاثات الضخمة من اكاسيد الكبريت والنتروجين والكربون الناجمة من حرق الوقود.

٦. سقطت في الولايات المتحدة أمطار حامضية معدلها الهيدروجيني اقل من (1,5) وكانت حموضتها تشبه حموضة البطاريات السائلة

التوصيات :

للتخفيف من حدة وأثار المطر الحامضي لابد من اتخاذ الخطوات الاحتياطية الكفيلة بمواجهة التلوث الذي يعاني منه قطاع واسع من البشر.

إن أفضل وسيلة لحل مشكلة المطر الحامضي هي منع تكوين هذا المطر وذلك عن طريق وقف انبعاث الاكاسيد الكبريتية والنتروجينية في الجو وذلك بأتباع الخطوات الآتية :

١. تقليل نواتج الاحتراق، فعند حرق أي نوع من أنواع الوقود وغيرها سواء كانت في أغراض الصناعة أو توليد الطاقة الكهربائية ان يكون الدخان والغازات والأبخرة الناتجة في الحدود المسموح بها ولابد من تقليل الملوثات في نواتج الاحتراق ولتحقيق ذلك يجب حظر الحرق المكشوف الذي لاتتوفر فيه التصميمات السليمة لضمان الاحتراق الكامل وتصريف العوادم من خلال مداخن ذات كفاءة عالية وطبقا للمواصفات الهندسية .
٢. تصميم المواقد بحيث تحدث مزجا كاملا لكمية الهواء الكافية للحرق الكامل وتوزيع درجات الحرارة وإعطاء الزمن الكافي والتقليب الذي يعطي حرقا كاملا الأمر الذي يحول دون انبعاث نواتج احتراق غير كامل بحيث لا يزيد ما ينبعث من الملوثات عن الحد المسوح به وهي (250) ملغم / م2 في المناطق الحضرية و(500) ملغم /م2في المناطق البعيدة.
٣. استخدام الوقود المحتوي على نسبة مرتفعة من الكبريت في محطات القوى الصناعية بعيدا عن التجمعات السكانية والعمرانية مع مراعاة العوامل الجوية والمسافات الكافية لعدم وصول هذه الانبعاثات الى المناطق السكانية والمناطق الزراعية.
٤. التحول من مصادر الطاقة الملوثة الى المصادر التي لا تسبب تلوث البيئة كالطاقة الشمسية والرياح والطاقة المائية (الطاقة المتجددة والنظيفة).
٥. إزالة الكبريت، يمكن إزالة الكبريت بعد الاحتراق وقبل ان تنفذ الغازات عبر المدخنة ويتم ذلك عن طريق غسل الغازات الكبريتية حيث يتحول غاز ثاني اوكسيد الكبريت الى فضلات كالوحل او الرواسب الطينية ويمكن استخدام هذه التقنية في إزالة 95% من الكبريت الموجود ضمن غازات المداخن

بالإضافة الى ما سبق هناك بعض الإجراءات التي يمكن أتباعها لتقليل أخطار الإمطار الحمضية من بينها :

أولاً: طلاء المنشآت والمباني والآثار بأنواع مستحدثة من الطلاء لحمايتها من

الآثار السلبية لسقوط الإمطار الحمضية عليها.

ثانياً: استخدام الجير في مياه البحيرات التي تتعرض للإمطار الحمضية حيث يتسبب الجير في معادلة حموضة المياه ويتم ذلك عن طريق رش رذاذ الجير على سطح الماء بواسطة زوارق خاصة أعدت لذلك الغرض.

Abstract

The acid rains consist of gases that contains sulfur dioxide and Oxygen with ultraviolet rays.

The rains acidity was increasing with the industrial revolution as result of the huge discharge of the Sulfur dioxide nitrogen and carbon which discharged to the atmosphere with the burning of fuel such as coal.

The acid falls are not necessary to be rains ,snow or fog, the acid complex might be dry ,so the acid rainfall , from the Chemical point of view is all the air falls that arrive land or earth in all its forms, dry and damp. The rains acidity is not fixed during the whole year, rather it differs from one season to another.

The acid fall has clear negative effects on rivers, lakes, sand, human heath and on building and ruins.

هوامش البحث

(1) w.p. chapham .Jr : Acid : precipation. mazingira(5/3) 1981. p8.
(2) Arild holt. Jensen :AC : drains in Scandinavia /the ecologist 1973 .p378
(3) Gene. E likens and others AC :drains scientific American no(4) 1974,P45.
(4) lbid. p 48.
(٥) حسن احمد شحاتة، تلوث الهواء القاتل الصامت، ط1 ،القاهرة، 2002، ص 179.
(6) Arild holt. Jensen opcite .p381
(7) Gene. likens and other opcite .p .31.
(٨) احمد الغنام، الجغرافية المناخية، دار المسيرة للنشر ،ط1، عمان ، 2007، ص28 .
(9) Arild holt. Jensen opcite .p378 .
(10) Gene. likens and other opcite .p246.
(١٠) حسين أسامة شعبان، الإخطار والكوارث البيئة، دار الفجر للنشر والتوزيع ، ط، 1 القاهرة ، 2009، ص 184.
(11) Gene. likens and others. opcite. p 51.
(١٢) حسن احمد شحاتة، تلوث الهواء القاتل الصامت مصدر سابق ،ص 171.
(13) US. government : Acid rain .weatherwise.oct.1984. p 241.

قائمة المصادر والمراجع

١. شحاتة، حسن احمد، تلوث الهواء القاتل الصامت، ط1 ،القاهرة، 2002.
٢. شعبان، أسامة حسين ،الأخطار والكوارث البيئية، دار الفجر للنشر والتوزيع ،ط1 القاهرة ، 2009.
٣. غانم ،احمد علي، الجغرافية المناخية، دار المسيرة للنشر، ط1 ،عمان، 2007.
٤. الموقع الالكتروني -http : www. Alayat .com

5. w.p. chapham .jr : AC :deprecipation. mazingira(5/3) 1981.
6. Arild holt. Jensen :AC : drains in Scandinavia /the ecologist 1973.
7. Gene. E likens and others AC :drains scientific American no(4) 1974.
8. US. government : Acid rain .weatherwise.oct.1984.