مجلة الباحث
موقع المجلة: https://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/bjh/

الاثار البيئية للأمطار الحمضية

احسان عبد الكاظم عبد الزهره.
المديرية العامة للتربية في محافظة النجف
Email ds6te7dy@gmail.com

معلومات الورقة البحثية

الكلمات الرئيسية:

المناخ،الامطار، الحمضية، الاثار، البيئة، التكيف

المستخلص باللغة العربية:

المستخلص باللغة العربية:

تعد الامطار الحمضية واحدة من الظواهر المناخية التي اخذت بالتزايد في الآونة الأخيرة خاصةً بعد الثورة الصناعية التي شهدها العالم خلال القرون الاخيره، واخذت منحا تصاعدي لتصل الى ذروتها في وقتنا الحاضر بسبب زيادة الملوثات في الجو نتيجة الاستخدام المفرط للوقود الاحفوري دون ضوابط، وعدم الاكتراث لأثاره البيئية المدمرة التي وصلت الى مراحل تنذر بخطر كبير على سطح الكوكب الأخضر، لذا جاءت أهمية البحث لكي تنبه لخطر الامطار الحمضية التي لها اثآر كبيرة في البيئة؛ اذ تأثر بشكل مباشر في الصحة العامة للإنسان، كما تؤثر في البيئة المائية المتمثلة بالمياه السطحية (الأنهار والبحيرات والمستنقعات) فضلا عن تأثيرها في مياه البحار، ولها تأثير ايضاً في التربة والغطاء النباتي الذي له ارتباط كبير بحياة السكان من الإنتاج الزراعي، كما تؤثر في الحيوانات بمختلف أنواعها، اضف الى ذلك اثارها في مجال الأبنية والاثار القديمة ، ان هدف الدراسة هو معرفة ماهية الامطار الحمضية وكيفية تكوينها ومعرفة الوسائل الكفيلة بالتقليل من آثارها للحد المعقول، وكيفية التكيف معها ومواجهة تحدياتها الخطيرة.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي للوصول للنتائج المرجوة التي كان من ابرزها هي ان الامطار الحمضية تأثر بشكل مباشر في صحه الانسان والحيوان والنباتات كما وتأثر في التربة والمباني والبيئة المائية.

مشكلة البحث :

تتمثل مشكلة البحث بتساؤل أو عقدة أو حالة تتطلب الحل العلمي الناجز الذي يمكن الحصول عليه عن طريق البحث والتقصي في الظاهرة قيد الدراسة، ووجود

المشكلة شرط مُسبق وأساسي لقيام البحث العلمي(السماك،2016، 45). لذا يمكن صياغة مشكلة البحث على النحو الآتي :-

1- ماهي اسباب ومصادر الامطار الحمضية؟

2 - ماهي الآثار والاضرار التي تسببها الامطار الحمضية؟

فروض البحث:-

الفروض كلمة اصلها إغريقي (Hypthenai) وتعني (Put udder) مجموعة المبادئ الأولية التي يسلم العقل بصحتها والتي بالإمكان البرهنة على صحتها (المظفر، 2007، 35). وفرضية البحث تتمثل بتخمين اواستنتاج يتوصل اليه الباحث ويتمسك به مؤقتا اعتماداً على معرفته العلمية وعلى ما يتبلور لديه من معلومات وبيانات تتعلق بمشكلة البحث، وإن حل المشكلة يتطلب إيجاد فرضيات يمكن أن تكون حلولاً أولية غير مبرهن عليها والهدف منها التوصل إلى نتائج مرضية، ويمكن أن تصاغ فروض البحث بالآتي:

1 – الامطار الحمضية اسباب نشوئها ومصادر تكوينها منها ما هو طبيعي ومنها ماهو بشري.

2 – هنالك اثار كبيرة تسببها الامطار الحمضية على الاحياء المختلفة (الانسان، الحيوان، النبات) وكذلك على الموارد المائية والتربة والمنشآت المختلف.

هدف البحث

يهدف البحث الى معرفة أسباب تكوين المطر الحمضي ومعرفه تأثيره في البيئة بمعظم مكوناتها.

منهجية البحث

اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي للوصول الى نتائج ذات فائدة علمية.

المقدمة:

تحتوي الامطار في الظروف الطبيعية على حموضة ضعيفة بسبب ذوبان ثنائي اوكسيد الكاربون وهذه الحموضة في الماء تسهل تآكل الصخور الجيرية واتساع الفوالق والشقوق الصخرية وتكوين الكهوف، ومع بدايات الثورة الصناعية في أوربا وامريكا الشمالية اخذت حموضة مياه الامطار والثلوج في الزيادة نتيجة لزيادة الانبعاثات الضخمة من اكاسيد الكبريت والنتروجين والكاربون التي تطلق في الجو نتيجة لاحتراق الوقود الاحفوري مثل النفط والفحم في محطات انتاج الطاقة الكهربائية، ومحركات الآلات، وافران ومصانع الأسمدة، ومعامل تكرير البترول والصناعات البتروكمياوية، وكان الاعتقاد السائد ان الامطار الحمضية تنشأ نتيجة بعض العوامل الطبيعية التي لا دخل للإنسان فيها مثل الغازات الحامضية الناجمة عن اندفاع البراكين اومن خلال احتراق الغابات، اومن تحلل بقايا النباتات والحيوانات، الا ان العلم الحديث اكتشف عكس ذلك وبين ان السبب الرئيس هو الانسان وقد اثبتت بعض الدراسات ان (90%) من الكبريت المحمول في الامطار يعود الى النشاط البشري وتشير بعض التقديرات الى ان الانشطة الطبيعية تسهم بحوالي (78-284) مليون طن في السنة من مركبات النتروجين وفي المقابل تسهم الانشطة البشرية بحوالي (75-100) مليون طن سنويا من مركبات الكبريت وحوالي (20 -90) مليون طن في السنة من مركبات النتروجين وهكذا يتضح ان الانشطة البشرية تقترب من المستوى الطبيعي في توليد الملوثات على المستوى العالمي، اما على المستوى الاقليمي فأن الانشطة البشرية متفوقه في هذا المجال (الحلو، 2010، 64-68).

تمت ملاحظة الامطار الحمضية Acid Rain قبل حوالي (250) سنة وتعد من اهم المشاكل في موضوع التلوث الجوي، وتعاني المناطق الصناعية لاسيما الكبيرة من مشكلة التلوث، والمطر الحمضي ينتشر تأثيره ايضا الى المناطق المجاورة بفعل نقل الرياح للغيوم وما تحمله من قطرات مائية حمضية لمسافات طويلة لذلك يتعدى تأثير التلوث النطاق المحلي الى الاقليمي والعالمي(غانم، 2011، 28).

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر الميلادي في سنه (1872 م) إنتبه الكيميائي **روبرت أكس اسميث** (الموسوي، 2009، 100).

إلى وجود علاقه ترابط بين تزايد الهباء الأسود في سماء مانشستر المدينة الصناعية في بريطانيا والحموضة التي اكتشفها في المطر والثلج وأصدر كتابا استخدم فيه لأول مره اصطلاح الأمطار الحمضية، وفى سنة (1891م) أصدرت بلدية كليفيلاند بولاية أوهايو الأمريكية تقريراً عزت فيه ذبول الأشجار في تلك المدينة إلى إحراق الفحم الحجري المستخدم في المصانع، وفي سنة (1911 م) قام باحثان من جامعة ليدز في انجلترا وهما **شارلز كروثر وارثر رستن** بدراسة وتحليل عينات من المطر فوق مدينة ليدز الصناعية فلاحظا أن المطر كان شديد الحموضة وفى عام (1916م) بين البروفسور **داهل** في دراسة أعدها أن الامطار الحمضية هي المسؤولة عن انقراض الأسماك في العديد من البحيرات وأنهار الدول الإسكندنافية وفى عام (1945 م) بدء العلماءالسويديون يحللون الأمطار والثلوج وذلك من خلال تأسيس شبكه من المحطات لأخذ العينات وتحليلها في كل أنحاء السويد، وتوسعت هذه الشبكة بعد ذلك لتشمل الدول الاسكندنافية في أوائل الخمسينات من القرن العشرون وبعدها بسنوات قليلة امتدت هذه الشبكة لتشمل غرب أوروبا وسميت " شبكة كيمياء الجو الأوروبية " أظهرت هذه الشبكة منذ عقد الخمسينات أن المنطقة التي شملت هي لندن وبلجيكا ولوكسمبرغ كانت معرضه أكثر من غيرها للأمطار الحمضية ويعود سبب ذلك وقوع هذه المنطقة شمال المناطق الصناعية في أوروبا، وفى سنة (1968م) اتسعت هذه المنطقة لتمتد الى شمال ألمانيا وفرنسا وبريطانيا والبلدان الإسكندنافية، وفى عام(1967م) قام الباحث السويدي **سفانته أودين** بدراسة بيانات الأمطار والثلوج التي سقطت فوق أوروبا منذ الحرب العالمية الثانية ووجد أن الازدهار الصناعي في أوروبا بعد الحرب العالمية الثانية ادى الى ازدياد كبير في حموضة المطر في أوروبا وفوق الدول الاسكندنافية التي تبتعد مئات الكيلو مترات عن أوروبا الصناعية كما قدم **أودين** في دراساته وصفا طبيعيا ورياضياً لكيفية انتقال الملوثات من المنشئآت الصناعية في أوروبا ورحلتها عبر الجو لمئات الكيلومترات لتسقط بشكل أمطار حمضية فوق الدول الاسكندنافية فتؤثر سلبا في النظم البيئية المائية فيها، وقد توقع في أبحاثة أثار سيئة يمكن أن يؤدى إليها المطر الحمضي في الترب، والمياه، والغابات، والمراعي، والمباني، وقد لقب **أودين** منذ ذلك الوقت " بـ أبى الأمطار الحمضية ". (فادية سنداسي، 2016).

مفهوم الامطار الحمضية:

هي احدى الظواهر البيئية الحديثة وعادة ما يطلق عليها بالتلوث عبر الحدود Transbounder pollution . اكتشفت هذه الظاهرة (عام1970) في البلدان الاسكندنافية وذلك عندما تبين أن عددا من البحيرات والبرك النرويجية اصبحت حامضية، وادى ذلك في اختفاء عدد من احيائها المائية، وكان مصدر هذه الأمطار الحمضية التي سقطت على النرويج من الصناعات التي تطرح ابخرتها الملوثة الى الهواء وتسببت في تلوث أجوائها بهذه الحوامض، ان الامطار الحمضية مصطلح عام يطلق على الطرق العديدة التي تسقط بها الأحماض من الغلاف الجوي، والمصطلح الأكثر دقة هو "الترسيب الحمضي" والذي يتكون من:

1- ترسيب حمضي رطب(Wet).

2 - ترسيب حمضي جاف (Dry).

ويشير المطر الحمضي إلى خليط من المواد الرطبة والجافة القادمة من الغلاف الجوي التي تحوي كميات أكثر من الطبيعية من أحماض النيتريك والكبريتيك. أن المطر يصبح حمضي في الطبيعة بسبب وجود بعض الملوثات في الجو الناجمة من عوادم السيارات المصانع المختلفة، ومن السهل تعريفه بأنه المطر أو الضباب أو الصقيع أو الثلوج التي تم جعلها حمضية بواسطة الملوثات في الهواء نتيجة للوقود الأحفوري، والاحتراق الذي يحدث في المصانع التي ينبعث في معظمها من أكاسيد النيتروجين وثاني أوكسيد الكبريت (SO2). يتم تحديد الحموضة على أساس مستوى الرقم الهيدروجيني من قطرات الماء.

ان الأمطار العادية تكون مياهها حمضية قليلا لأن ثاني أكسيد الكربون والماء الموجود في الهواء يتفاعلان معا لتشكيل حمض الكربونيك، وهو حمض ضعيف، عندما يكون مستوى درجة الحموضة من مياه الأمطار يقع تحت درجة الحموضة من (6.0-5.3)، واذا زاد عن هذه النسبة يصبح عندها مصدرا حمضيا وعندما

تتفاعل هذه الغازات مع جزيئات الماء والأكسجين وبين المواد الكيميائية الأخرى الموجودة في الغلاف الجوي، تتشكل مركبات كيميائية حمضية خفيفة مثل الكبريتيك وحامض النيتريك مما يؤدي إلى هطول الأمطار الحمضية ((بول ر بورنتي،1984).

تكوين المطر الحمضي:

تكوين المطر الحمضي يكون بصورة طبيعية من ذوبان غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في المطر عند هطوله، إذ يأتي هذا الغاز الى الجو من وجوده اصلا بنسبة ضئيلة في الغلاف الغازي ومن تنفس الكائنات الحية وتحلل المواد العضوية واحتراق الغابات والوقود الاحفوري والمعادلة الآتية توضح تكوين حامض الكاربونيك عند ذوبانه في ماء المطر على النحو التالي:

- $CO2 + H2O \rightarrow H2CO3$ (حمض الكربونيك)
- $SO2 + H2O \rightarrow H2SO3$ (حمض الكبريتات)
- $NO2 + H2O \rightarrow HNO2$ (النيتروز حمض) + $HNO3$ (حمض النيتريك) (المجلة العراقية للعلوم والتكنلوجيا، 2019 45-52).

كما ان التفاعلات الاتية توضح كيفية تكوين الامطار الحمضية.

- يتفاعل ثنائي اوكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حامض الكبريتيك
- تتفاعل اكاسيد النايتروجين مع الماء لتكون حامض النتريك.
- يتفاعل ثنائي اوكسيد الكاربون مع الماء ليكون الحامض الكربوني.
- يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حامض الهيدروكلوريك. (الصفاوي،2007، 100)

تساهم أكاسيد الكبريت كذلك في تكوين المطر الحمضي نتيجة لانبعاثها من محطات احتراق الوقود، فعند تصاعد غاز (SO2) الى طبقات الجو العليا فانه يتحد مع الاوكسجين في الهواء بوجود ضوء الشمس مكونا غاز (SO3) والذي يكون حامض الكبريتيك عند اتحاده مع بخار الماء عند هطول المطر كما في المعادلتين أدناه :

$SO2 + O2 \rightarrow SO3$

$SO3 + H2O \rightarrow H2SO4$

كما يتكون المطر الحمضي من إنبعاث أكاسيد النايتروجين من وسائط النقل المختلفة حيث تتحد هذه الأكاسيد كما في غاز (NO2) مع بخار الماء مكونا حامض النتريك الذي يسبب حامضية المطر، إن المطر الحمضي مصطلح يطلق على مياه الأمطار التي تحتوي على واحد او اكثر من الايونات بتراكيز تجعل (pH) لماء المطر أقل من(5.6)، وهذا يدعى بالترسيب الحامضي (Acid deposition) الذي يشمل الترسيب الحامضي الرطب المتمثل بترسيب أطنان من عناصر الكبريت والنيتروجين والملوثات الاخرى لكل (كم^2) لكل سنة عن طريق الامطار والثلوج والضباب وغيره، وهناك الترسيب الحمضي الجاف والمتمثل بعملية نقل الغازات ودقائق المواد من الغلاف الجوي الى سطح الارض عن طريق الهواء والرياح كما في نقل اكاسيد النيتروجين والامونيا وغيرها، كما تتكون الامطار الحمضية من تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت واهمها ثنائي اوكسيد الكبريت مع الاكسجين بوجود الاشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، وينتج ثالث اوكسيد الكبريت الذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو، ليعطي حمض الكبريت، الذي يبقى معلقا في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر، وقد يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر، وينتج في هذه الحالة مركب جديد هو كبريتات النشادر، اما في حالة كون الجو جافا ولا تتوفر فرصة لسقوط الامطار؛ فان رذاذ حمض الكبريت، ودقائق كبريتات النشادر يبقيان في الهواء الساكن معلقين، ويظهران على شكل ضباب خفيف، لاسيما عندما تصبح الظروف سانحه لسقوط الامطار فانهما يذوبان في ماء المطر، ويسقطان على سطح الارض على شكل مطر حمضي، هذا وتشترك اكاسيد النيتروجين، مع اكاسيد الكبريت في تكوين المطر الحمضية حيث تتحول اكاسيد النيتروجين بوجود الاكسجين والاشعة فوق البنفسجية الى حمض النيتروجين. ويبقى هذا الحمض في الهواء الساكن معلقا، وينزل مع مياه الامطار، مثل حمض الكبريت مكونا الامطار الحمضية.(الاحيدب، 1424 ه، 189)

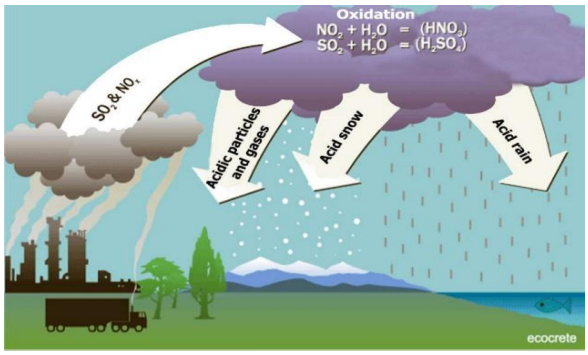
اما في حالة كون الجو شديد البرودة فان رذاذ الحمض يتساقط مع الثلج ويبقى مختلطا مع بلوراته التي تغطي سطح الارض، ان تساقط المطر الحمضية يؤدي الى حدوث تلوث في

المناطق التي يسقط عليها، الا انه في الوقت نفسه يعمل على تنقية الهواء من الكثير من الملوثات عن طريق اذابته لبعض الغازات الملوثة للهواء مثل اكاسيد الكبريت والنتروجين والكاربون، والتي تسقط على سطح الأرض (الطائي و الاسدي، 2013، 258).

ولابد من إبداء الملاحظتين الآتيتين في هذا المجال:

الملاحظة الأولى: ان الغازات الملوثة تنتقل من خلال التيارات الهوائية أذ تؤكد الدراسات في اسكندنافيا ان كمية غازات الكبريت أعلى (2.0) مرة مما تطلقه مصانعها، وفي الوقت نفسه، لا تزيد كمية غازات الكبريت في اجواء بعض اقطار أوروبا الغربية وخاصة المملكة المتحدد عن (10-20%)، وهذا يعني ان هذه الغازات الملوثة، تنتقل بواسطة التيارات الهوائية من أوروبا الغربية إلى اسكندنافيا وإنكلترا.

مخطط (1) يوضح آلية تكوين الامطار الحمضية



المصدر/ الموقع الالكتروني/
https://www.google.iq/search?q=%D9%85%D8%AE%D8%B7%D8%B7+%D9%83%D9%8A%D9%81%D9%8A%D8%A9+%D8%A

.

الملاحظة الثانية: المطر الحمضي يزداد مع الزمن، اذ تشير الدراسات إلى ان حموضة الأمطار التي سقطت فوق السويد عام (1982) كانت أعلى بعشر مرات من حموضة الأمطار التي سقطت عام(1969)، حيث لاحظ الخبراء أن نسبة حموضة مياه الأمطار زادت بشكل منذر بالخطر، أما درجة حموضة الأمطار في بريطانيا فقد وصلت إلى(4.5) في عام (1979)، ووصلت في نفس العام في كندا إلى(3.8) وفرجينيا إلى(1.5)، حيث كانت درجة حموضة أمطار فرجينيا تقارب درجة حموضة حمض الكبريت (أسيد البطاريات) وفي اسكتلندا، وصلت إلى(2.7) عام(1977)، ووصلت في لوس عام(1980) الى (3) اي أكثر حموضة من الخل وعصير الليمون، ولا يقتصر التوزع الجغرافي للأمطار على البلاد الصناعية، إذ يمكن ان تنتقل الغيوم لمسافات بعيدة عن مصادر التلوث الصناعي، فتهطل أمطارا حمضية على مناطق لا علاقة لها بمصدر التلوث مخطط (1). ولابد من الإشارة إلى ان درجة حموضة ماء المطر النقي هي بين (5.5 – 6) اي تميل إلى الحموضة قليلا، ولم يسجل اي تأثير سلبي لهذه النسبة ((تقرير ar.wikipedia، تشرين الأول 2024) ويمكن اعتبار ماء المطر نقيا في حدود هذه الدرجة وغير ضار بالبيئة حسب المعلومات المتوفرة.

قياس حموضة الامطار:

ان حموضة ماء المطر والثلج تنتج عن وجود ايونات الهدروجين الموجبة(+H) والمقياس التقليدي لهذه الحموضة هو معدل الهيدروجين (PH) ووضع العلماء معدلا ثانيا لذلك فاعتبروا ان الماء النقي هو الذي يحتوي على معدل هيدروجيني يبلغ (7) فاذا زاد عن ذلك واصبح (8 او 9) اصبح الماء قلوي واذا قل عن (7) واصبح (6 او 5) او اقل من ذلك كان الماء حامضيا.

ان تحمض المطر والثلج من عدمه تعتمد على نسبة العناصر الحامضية والقاعدية الموجودة في الهواء، فجسيمات الغبار في الهواء هي غالباً قاعدية، ووجودها في ماء المطر يطلق ايونات موجبة كالكالسيوم، والمغنسيوم، والبوتاسيوم، والصوديوم، وفي الاقاليم الساحلية يسهم رذاذ البحر بكميات كبيرة من العناصر القاعدية ومعدلها الهيدروجيني في الغالب اكبر من (6).

مصادر الامطار الحمضية:

من المعروف أن المصادر الطبيعية والمصادر التي من نتاج الإنسان تلعب دورا في تشكيل الأمطار الحمضية، ولكن يرجع ذلك أساسا إلى احتراق الوقود الأحفوري الذي ينتج عنه انبعاثات ثاني أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين.

1. المصادر الطبيعية.

تعد الانبعاثات البركانية العامل الطبيعي الرئيس للأمطار الحمضية، اذ تبعث البراكين

الغازات والابخرة المنتجة للحمض، لتكوين كميات أعلى من المعتاد من المطر الحمضي، أو أي شكل آخر من أشكال هطول الأمطار مثل الضباب، والثلوج إلى حد يؤثر على النباتات وصحة الانسان داخل المحيط، كما وأن تحلل النباتات وحرائق الغابات والعمليات البيولوجية داخل البيئة ينتج غازات أيضا تسبب الأمطار الحمضية، كما ينتج البرق بشكل طبيعي أكاسيد النيتريك التي يكون لها تتفاعل مع جزيئات الماء بواسطة النشاط الكهربائي لإنتاج حمض النتريك، وبالتالي تشكيل الأمطار الحمضية.

2- مصادر من صنع الإنسان:

تؤدي أنشطة البشر إلى انبعاثات غازات كيميائية مثل الكبريت والنيتروجين التي تعد المساهم الرئيس في المطر الحمضي، وتشمل هذه المصانع، ومرافق انتاج الطاقة، والسيارات، ويعد استخدام الفحم لغرض توليد الطاقة الكهربائية هو أكبر مساهم في الانبعاثات الغازية التي تؤدي إلى تساقط الأمطار الحمضية. كما تقوم السيارات والمصانع أيضا بإطلاق كميات كبيرة من الانبعاثات الغازية يوميا في الهواء وخاصة في المناطق الصناعية الكبيرة، والمناطق الحضرية المزدحمة بالسكان، وتتفاعل هذه الغازات في الجو مع الماء والأكسجين والمواد الكيميائية الأخرى لتشكيل مركبات حمضية مختلفة مثل حامض الكبريتيك ونترات الأمونيوم وحمض النيتريك، ونتيجة لذلك، تعاني هذه المناطق من كميات عالية جدا من الأمطار الحمضية، فالرياح الحالية تهب حاملة هذه المركبات الحمضية فوق مساحات واسعة عبر الحدود وتعود إلى الأرض في شكل مطر حمضي، أو أشكال أخرى من الهطول، وعند وصول تلك المركبات إلى الأرض، تتدفق عبر السطح، وتمتصها التربة وقسم يذهب الى البحيرات والأنهار وأخيرا يحصل اختلاط مع مياه البحار و المحيطات.

و يمكن اجمال الغازات التي تكون الامطار الحمضية على النحو التالي :-

الغَازَات التي تؤدي إلى تكون المطر الحِمْضِي:

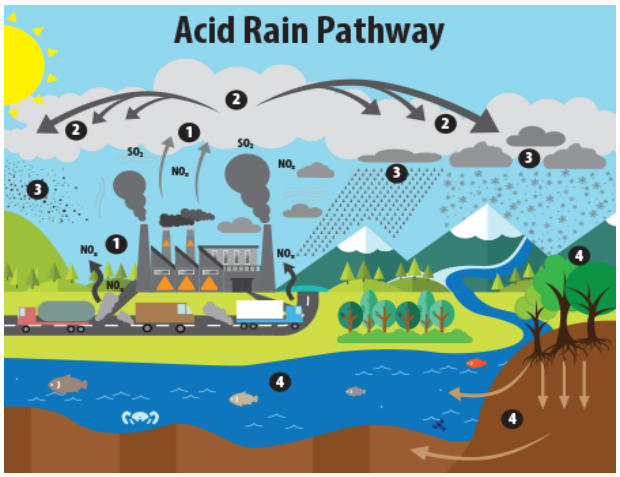
1- غاز ثاني أُكْسيد الكبريْتيْد.

2- أكاسِيْد النيتروجِيْن.

3- ثاني أكْسيد الكربون.

4- الكلوْر

مخطط (2) مصادر الغازات المسببة للامطار الحمضية



عندما تتصاعد الغازات الناتجة عن الاحتراق فإن " غازات أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين ".تتحد مع الأوكسجين، وذرات الماء والغبار، فيتكون حامض الكبريتيك، ويبقى هذا الحامض عالقاً في الهواء على شكل رذاذ دقيق، تتكاثف حولها قطرات المطر، وتتحول إلى أمطار حمضية مخطط (2). أما الجزيئات الحمضية الجافة، فهي ذرات غبار حمضية في طبيعتها، تسقط على الأرض بشكل بطبقة رقيقة من الغبار، وعندما يسقط عليها الماء بفعل المطر فإنها تؤدي إلى زيادة حموضة المياه والتربة. وفي فصل الشتاء يختلط الغبار الحمضي مع ركام الجليد وعندما يأتي فصل الربيع ويذوب الجليد، تحمل المياه هذه المواد الحمضية إلى الأنهار والبحيرات والتربة، إن المطر الذي درجةحموضته اقل من (5) ويكون نتيجة لوجود يدعى المطر الحمضي (so2وثاني أكسيد الكبريت NO، NO2)أكسيد الكبريت المنطلقة في الهواء الجوي من الصناعات وعوادم السيارات(عايد،2012، 56)

الاضرار البيئية للتساقطات الحمضية:-

تعد الأمطار الحمضية من أخطر الظواهر الطبيعية تدميراً للبيئة وإضراراً بصحة الإنسان، ويمكن اجمال اهم الاضرار بالنقاط التالية:-

1 - أثر المطر الحمضي في البيئة المائية:

ان تساقط المطر الحمضي بشكل مباشر في مياه الأنهار والبحيرات، أو غير مباشر على الغابات والطرق والحقول لينتقل إلى الأنهار والبحيرات، يؤدي الى ارتفاع نسبة حموضة تلك المياه، وبما ان الاحياء لا تتحمل (PH) اقل من (4.5) (التميمي، 2014، 78) على مدى فترة من الزمن، وتحتاج النباتات والحيوانات المائية إلى مستوى

معين من الرقم الهيدروجيني من أجل البقاء، إذا انخفض مستوى الرقم الهيدروجيني دون ذلك تصبح الظروف معادية لبقاء الحياة المائية، ويؤثر الميل الحمضي لتغير تركيز الحموضة والألمنيوم بدرجة كبيرة على مستويات تركيز الأس الهيدروجيني في المياه السطحية، مما يؤثر على الأسماك وكذلك أشكال الحياة المائية الأخرى، عند مستويات الرقم الهيدروجيني أقل من (5)، لا يمكن أن تفقس معظم بيوض الاسماك كما ان انخفاض درجة الحموضة يمكن تؤدي أيضا الى مقتل الأسماك الكبيرة، كما أدت الأمطار الحمضية المتساقطة على الأنهار والبحيرات إلى انخفاض التنوع البيولوجي، وقد ادت الى انخفاض الأنواع بما في ذلك الأسماك، والنباتات وأنواع الحشرات، بل تم القضاء على بعضها بسبب تدفق المطر الحمضي الزائد إلى المياه، وتؤدي الأمطار الحمضية إلى إذابة نسبة عالية من الفلزات الثقيلة مثل الرصاص، والزئبق، والألمنيوم، وهي فلزات سامة وتسبب تسمم الكائنات الحية عند شربها للمياه الملوثة (اميلي جريينفيلد، آب، 2023).

كما تتميز بخاصية التراكم، حيث تتجمع تدريجيا بمرور الوقت في أجسام الأحياء، وقد لوحظ انخفاض عداد الطيور في بعض المناطق الأوربية والأمريكية بسبب تغذيها على الحشرات التي تحتوي أجسامها على نسبة عالية من الألمنيوم التي جرفته مياه الأمطار الحمضية من سطح التربة وحملته إلى الماء.

وقد كشفت الدراسات أن الأمطار الحمضية تؤدي الى تدمير وانقراض الآلاف من الكائنات الحية البحرية، وتؤدي إلى موت القشريات والأسماك الصغيرة والضفادع ، بسبب تكون مركبات سامة بتأثير حمضية المطر، تتركز في أنسجتها فتتسبب في وفاتها وتتأثر البحيرات والمحيطات وما تحتويه من ثروات بحرية سلباً بالأمطار الحمضية، من خلال انتقال حمض الكبريتيك إليها مع مياه السيول والأنهار بعد هطول الأمطار الحمضية، كما أن الأمطار الحمضية تجرف معها عناصر معدنية مختلفة بعضها على شكل مركبات من الزئبق والرصاص والنحاس والألمنيوم، مما يتسبب في قتل الكثير من الكائنات الحية البحرية، ودرجة الحموضة الطبيعية لمياه البحيرات تتراوح بين (5- 6)، فإذا زادت عن ذلك، ظهرت المشاكل البيئية، وتشير الإحصائيات إلى زيادة عدد البحيرات التي زادت نسبة حموضتها على مستوى العالم بصورة غير مسبوقة ليصل إلى نحو ثلث البحيرات الموجودة حالياً في العالم، والتي أدت الأمطار الحمضية إلى حدوث نوع من الخلل البيئي واضطراب الحياة فيها (اميلي جريينفيلد.أ، آب، 2023).

2- أثر المطر الحمضي في الغابات والنباتات.

ان تدمير الغابات له تأثير في النظام البيئي، فمن الملاحظ ان انتاج الغابات يشكل نحو (15%) في الانتاج الكلي للمادة العضوية على سطح الارض، ويكفي ان نتذكر ان كمية الاخشاب التي يستعملها الانسان في العالم تزيد عن (2.4) مليار طن في السنة، كما ان غابات الحور المزروعة في واحد كم^2 تطلق (1300) طن من الاوكسجين، وتمتص نحو (1640) طنا من ثاني اكسيد الكربون خلال فصل النمو الواحد، كذلك تؤثر الامطار الحمضية في النباتات الاقتصادية ذات المحاصيل الموسمية وفي الغابات الصنوبرية، فهي تجرد الاشجار من اوراقها، وتحدث خللا في التوازن النشادري (العناصر المعدنية) في التربة، وبالتالي تجعل الامتصاص يضطرب في الجذور، والنتيجة تؤدي لحدوث خسارة كبيرة في المحاصيل.

صورة تبين أثر المطر الحمضي في الغابات والنباتات

المصدر/ https://ar.mosg-portal.com/acid-rain-affect-buildings-statues-22062-189

اثر الامطار الحمضية في التربة:

يؤثر المطر الحمضي بشكل كبير في كيمياء التربة وعلم الأحياء، ويعني ذلك أن ميكروبات التربة والنشاط البيولوجي وكذلك التراكيب الكيميائية للتربة مثل درجة الحموضة للتربة تضررت أو تتراجع بسبب آثار الأمطار الحمضية. تحتاج التربة للحفاظ على مستوى الرقم الهيدروجيني الأمثل لاستمرارية النشاط البيولوجي، عندما تنزل الأمطار الحمضية إلى التربة، فهذا يعني ارتفاع درجة حموضتها، مما يؤدي إلى تلف أو عكس الأنشطة البيولوجية والكيميائية للتربة. وبالتالي، الكائنات الحية الدقيقة، التربة الحساسة التي لا يمكن أن تتكيف مع التغيرات في درجة الحموضة. ان ارتفاع حموضة التربة أيضا يضر بأنزيمات الميكروبات في التربة، وتبين التقارير أن التربة في مناطق اوروبا أخذت تتأثر بالحموضة، مما يؤدى إلى أضرار بالغة من انخفاض نشاط البكتيريا المثبتة للنيتروجين، وانخفاض معدل تفكك الأداة العضوية، مما أدى إلى سماكة طبقة البقايا النباتية إلى الحد الذي أصبحت فيه تعوق نفاذ الماء إلى داخل التربة وإلى عدم تمكن البذور من الإنبات، وقد أدت هذه التأثيرات إلى انخفاض إنتاجية الغابات (عبد، كانون الثاني، 2012).

صور تبين اثر الامطار الحمضية في التربة

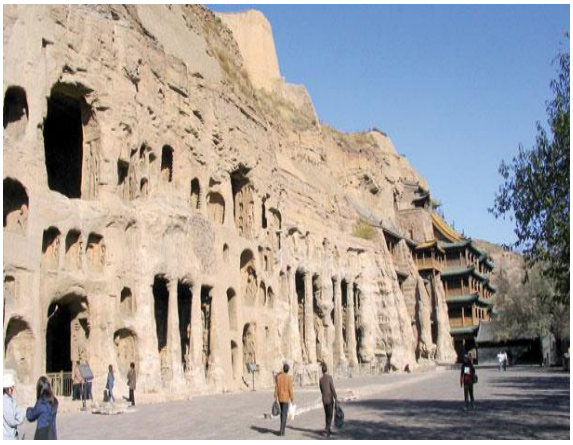
1 - المصدر/ https://ar.mosg-portal.com/acid-rain-affect-buildings-statues-22062-189

4 – أثر الامطار على العمارة والمباني:

تؤثر الأمطار الحمضية في المباني، وخاصة تلك التي شيدت من الحجر الجيري، وتتفاعل الامطار مع المعادن وهذا يترك المبنى ضعيفا ومعرضا للاضمحلال والتآكل، وتتأثر المباني الحديثة والسيارات والطائرات والجسور والأنابيب الفولاذية كلها بالأمطار الحمضية، كما يسبب اضراراً كبيره للمباني القديمة. [1]

يؤدي المطر الحمضي إلى إذابة الكالسيوم في الحجر، وكذلك يفسد أنواعًا معينة من المعدن. المعادن المستضعفة تشمل البرونز والنحاس والنيكل والزنك وأنواع معينة من الفولاذ. أفادت دراسة في مجلة "تلوث الماء والهواء والتربة" أجرتها جامعة هونغ كونغ أن أمطار الحمض الاصطناعي ذات درجة الحموضة (3.5) قد تؤدي إلى تآكل الفولاذ الطري، والفولاذ المجلفن، والفولاذ المقاوم للصدأ، والنحاس الأحمر، وكان الفولاذ المقاوم للصدأ والفولاذ الطري الأكثر عرضة للخطر، لكن المعادن الأربعة تآكلت بشكل متزايد حيث استخدم الباحثون أمطاراً حمضية أقوى وأقوى[2].

صورة تبين اثر الأمطار الحمضية في المباني



المصدر/ الموقع الالكتروني:-https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRDlo1G8

5- اثر الامطار الحمضية في الصحة العامة:

يتشكل الضباب الدخاني في المدن الكبيرة، وهو يحتوي على احماض وغازات، أذ يبقى معلقا في الجو عدة ايام، وذلك عندما تتعرض الملوثات الناتجة عن وسائل النقل بصورة كبيرة إلى الاشعة

فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فيحدث بين مكوناتها تفاعلات كيمياوية، تؤدي الى تشكيل الضباب الدخاني الذي يخيم على المدن وخاصة خلال ساعات الصباح الاولى، والاخطر في ذلك هو غازي ثنائي اوكسيد النيتروجين، لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيميائية الضوئية التي ينتج عنها الضباب الدخاني وبالتالي نكون امام مركبات عديدة لها تأثيرات ضارة على الانسان إذ تسبب احتقان الاغشية المخاطية وتهيجها، وسعال واختناق، وتلف الانسجة، وانخفاض معدل التمثيل الضوئي في النبات، وكل هذا ينتج عن حدوث ظاهرة الانقلاب الحراري، كما حدث في مدينة لندن عام (1952)عندما خيم الضباب الدخاني لمدة ثلاثة ايام، قتل بسببه (4000) شخص، وكذلك ما حدث في انقرة واثينا. بالإضافه الى أثر المطر الحمضي على المنشآت الصناعية، والابنية ذات القيمة التاريخية والتماثيل، اذ يكلف ترميمها مبالغ ضخمة، وابسط مثال على ذلك تفتت بعض الاحجار في برج لندن الشهير وكنيسة وست مينستر ابي، ناهيك عن تفاعل حمض الازوت مع كثير من المعادن في المنشآت الصناعية وتخريبها (قاري، 2017، 152).

عندما يكون في الغلاف الجوي، ثاني أكسيد الكبريت وغازات أكسيد النيتروجين ومشتقاتها الجسيمات مثل الكبريتات والنترات، فأنه يقلل الرؤية، ويمكن أن يسبب الحوادث، مما يؤدي إلى الإصابات و احيانا وفيات، ولا تتأثر صحة الإنسان بشكل مباشر بالأمطار الحمضية لأن مياه الأمطار الحمضية تخفف كثيرا، ومع ذلك فإن الترسيب الجاف المعروف أيضا باسم الجسيمات الغازية في الهواء مثل أكاسيد النيتروجين وثنائي أوكسيد الكبريت يمكن أن يسبب مشاكل صحية خطيرة عند استنشاقه، ويمكن أن تتكثف مستويات الترسبات الحمضية في شكل جاف في الهواء فتسبب مشاكل في الرئة، والقلب مثل التهاب الشعب الهوائية والربو، وتتسبب الأمطار الحمضية كذلك في أضرار صحية كبيرة للإنسان، ومن ذلك احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها وكذلك السعال والاختناق وتلف الأنسجة، وذلك حينما يتشكل الضباب الدخاني، لاسيما في المدن الكبيرة، وهو يحتوي على حموضة مرتفعة، ويبقى معلقاً في الجو عدة أيام، ويرجع تكون ذلك الضباب الحمضي إلى تعرض الملوثات الناتجة عن وسائل النقل إلى الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فتحدث بين مكوناتها تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تكوين الضباب الدخاني الذي يخيم على المدن، وخاصة في الساعات الأولى من الصباح وقد أظهرت الدراسات التي أجريت على الضباب الحمضي أنه أكثر خطورة من المطر الحمضي، على الرغم من أنهما يتكونان بطريقة واحدة، ويرجع ذلك إلى أن الضباب الحمضي يتكون بالقرب من سطح الأرض.

6- اثر المطر الحمضي في الحيوانات :

تتوقف سلامة كل مكون من مكونات النظام البيئي على سلامة المكونات الأخرى، فمثلا تأثر النبات بالأمطار الحمضية يحرم حيوانات القوارض من المادة الغذائية والمأوى، ويؤدي الى موتها، أو هجرتها، كما تموت الحيوانات آكلة اللحوم التي تتغذى على القوارض، او تهاجر ايضا وهكذا، وقد يلاحظ التأثير المباشر للأمطار الحمضية في الحيوانات، كما لوحظ موت الاسماك الصغيرة والقشريات في البحيرات التي تحوي نسبة عالية من الحوامض؛ نظرا لتشكل مركبات سامة بتأثير الامطار الحمضية، التي تدخل في نسيج النباتات والبلانكتون- العوالق النباتية- (نباتات وحيدة الخلية عائمة)، وعندما تتناولها القشريات والاسماك الصغيرة، تتركز المركبات السامة في انسجتها بنسبة اكبر، وهكذا تتركز المواد السامة في المستهلكات الثانوية والثالثية حتى تكون قاتلة في السلسلة الغذائية، وهنا لابد من الاشارة الى ان النظام البيئي لا يستقيم اذا حدث خلل في عناصره المنتجة او المستهلكة او المفككة وبالنتيجة يؤدي موت الغابات الى موت الكثير من الحيوانات الصغيرة، وهجرة الكبيرة منها وهكذا.

8 - آثار أخرى للأمطار الحمضية:

يؤدي المطر الحمضي إلى تجوية المباني، وتآكل المعادن، وتقشير الدهانات من على سطوح المباني، والهياكل المصنوعة من احجار الرخام والحجر الجيري هي الاكثر تضرراً بشكل خاص؛ بسبب الأمطار الحمضية نتيجةً لتفاعل الأحماض في المطر مع مركبات الكالسيوم في الهياكل، والتي تسبب اضرارا بالغة بالتماثيل والاثار التاريخية

القديمة و الامطار الحمضية أيضا تؤدي الى تآكل المعادن مثل الصلب، والبرونز، والنحاس والحديد.

كذلك تعمل الامطار الحمضية في اذابة معادن الرصاص، والنحاس من انابيب الماء، كذلك تعمل على زيادة ذوبانية المعادن السامة في المياه الجوفية، كما تسبب الامطار الحمضية اضرارا في السياحة، ومناطق الترفيه، والاستجمام على ضفاف البحيرات وشواطئ الأنهار؛ مما يؤثر سلبا على الاقتصاد في المناطق التي تحث فيها (احمد والطيب والشيخ، 2003، 83).

صورة تبين آثار الامطار الحمضية في التماثيل

قد نتوقع أن المناطق المحمية من المباني الحجرية والآثار لن تتأثر بالتساقط الحمضي ومع ذلك، فإن المناطق المحمية في المباني والآثار المصنوعة من الحجر الجيري والرخام تظهر عليها قشور ذات لون اسود تشققت في بعض الأماكن، وتكشف عن تواجد أحجار متهالكة تحتها، تتكون هذه القشرة السوداء بشكل أساسي من مادة الجبس، وهو من المعادن التي تتكون من التفاعل بين الكالسيت والماء وحمض الكبريتيك والجبس قابل للذوبان في الماء، على الرغم من أنه يمكن أن يتشكل في أي مكان على السطوح الحجرية الكربونية التي تتعرض لغاز ثنائي أوكسيد الكبريت (SO_2) ، وعادة ما يتم غسلها بعيدا، يبقى فقط على السطوح المحمية التي لا تغسلها الأمطار مباشرة، الجبس أبيض، لكن البلورات تشكل شبكات تحبس جزيئات الأوساخ والملوثات ، فتبدو القشرة ذات لون اسود.

ان العديد من الابنية والآثار مبنية من الحجر، وتستخدم العديد من المباني الاحجار للزخرفة، الكرانيت الآن هو الحجر الأكثر استخدامًا للمباني والآثار والجسور، الحجر الجيري هو ثاني أكثر الأحجار استخدامًا للبناء، تم استخدامه على نطاق واسع قبل أن يصبح الاسمنت البورتلاندي متاحًا للبناء في أوائل القرن التاسع عشر بسبب لونه وملمسه الموحد ولأنه يمكن ان ينحت بسهولة. كان الحجر الرملي يعتبر من المصادر المحلية شائع الاستخدام في شمال شرق الولايات المتحدة ، وخاصة قبل عام (1900) على الصعيد الوطني، يتم استخدام الرخام في كثير من الأحيان أقل بكثير من أنواع الحجر الأخرى، ولكن تم استخدامه في العديد من الابنية والمعالم الأثرية؛ بسبب تركيبتها، فإن بعض الأحجار أكثر عرضة للتلف بسبب الترسب الحمضي أكثر من غيرها، يتكون الجرانيت من معادن السيليكات، مثل الفلسبار والكوارتز، التي تقاوم هجوم الحمض، يتكون الحجر الرملي أيضًا من السيليكا وبالتالي فهو مقاوم، بعض الأحجار الرملية أقل مقاومة لأنها تحتوي على أسمنت كربوني يذوب بسرعة في حمض ضعيف. يتكون الحجر الجيري والرخام بشكل أساسي من معدن الكالسيت (كربونات الكالسيوم) ، والذي يذوب بسهولة في حمض ضعيف.

آثار إيجابية للأمطار الحمضية .

وجد الباحثون في الكيمياء الحيوية في الجامعة البريطانية المفتوحة بالتعاون مع وكالة ناسا وأكاديمية العلوم الطبيعية ودولة السَّويد أنَّه من المُمكن أن يكون للمطر الحمضي آثار قد تكون إيجابية تتمثّل في أنَّ الكبريت الموجود ضِمن المطر الحمضي يُساهم في تقليل انبعاثات غاز الميثان الذي يُعدُّ أحد أهمّ غازات الدفيئة التي لها آثار كبيرة على المناخ في سطح الارض.

وسائل التخفيف من اثار المطر الحمضي:

ان افضل الطرق وايسرها للحد من اثار الامطار الحمضية هو الحد منها، ومنع تكوينها؛ وذلك من خلال وقفاو تقليل انبعاث العناصر

الكيمائية التي تؤدي الى تكوينها مثل الاكاسيد الكبرتيتية والنتروجينية في الهواء من خلال الخطوات التالية:-

1 – تقليل نواتج الاحتراق وان يكون الدخان والغازات والابخرة الناتجة في ضمن الحدود المسموح بها، وكذلك حضر الحرق المكشوف الذي لا تتوفر فيه التصميمات السليمة لضمان الاحتراق الكامل، وتصريف العوادم من خلال مداخن تمتاز بكفائه عالية وطبقا للمواصفات الهندسية.

2- تصميم المواقد بموصفات جيده بحيث تحدث مزجا كاملا لكمية الهواء الكافية للحرق التام، وتوزيع درجات الحرارة، واعطاء الزمن اللازم للحرق، والتقليب الذي يوفر حرقا كاملا؛ الامر الذي يمنع انبعاث نواتج احتراق غير كامل بحيث لا تتعدى الانبعاثات من الملوثات عن المسموح به وهي (250) ملغم/المتر المربع في المناطق الحضرية و(500) ملغم /المتر المربع في المناطق البعيدة.

3 – استخدام الوقود الذي يحوي نسبة كبيرة من الكبريت في المحطات الصناعية بعيدا عن المناطق السكنية، مع مراعاة العوامل الجوية والمسافات الكافية لمنع وصول هذه الانبعاثات الى المناطق السكانية والمناطق الزراعية.

4 – التحول من مصادر الطاقة الملوثة الى المصادر النظيفه التي لا تسبب تلوث البيئة كالطاقة الشمسية والرياح والطاقة المائية.

5 – ازالة مواد الكبريت بعد الاحتراق وقبل ان تنفذ الغازات عبر المدخنة ويتم ذلك بواسطة غسل الغازات الكبريتيتية.

فضلاعن ما سبق هناك بعض الاجراءات التي يمكن اتباعها لتقليل اخطار الامطار الحمضية من بينها :-

اولا: طلاء المنشآت والابنية والآثار القديمة بأنواع مستحدثة من الطلاء تقاوم الاثار السلبية للأمطار الحمضية.

ثانيا: استخدام الجير في مياه البحيرات التي تتعرض للأمطار الحمضية الحمضية حيث يتسبب الجير في معادلة حموضة المياه، ويتم ذلك عن طريق رش رذاذ الجير على سطح الماء بواسطة زوارق خاصة اعدت لهذا الغرض (الحلو والاسدي، 2010، 176).

المراجع/

1 - احمد عصام محمدعبد الماجد ،محمد احمد حسن الطيب ،محمد عبدالسلام الطاهر الشيخ ،الهواء،ط1،وزارة العلوم والثقافة ،الخرطوم،2003م.

2 - الاحيدب ابراهيم بن سلمان ،المناخ والحياة دراسة في المناخ التطبيقي ،الرياض،1424ه.

3 - الحلو عبد الكاظم علي جابر، د. كفاح صالح الاسدي ، الامطار الحمضيه ومخاطرها البيئية ،بحث، مجلة كليةالاداب،جامعة الكوفة،المجلد 3، العدد،6 ،حزيران،2010، ص176.

4 - التميمي باسم ابراهيم وهاب، تأثير درجات الحرارة والرطوبة على تلوث هواء مدينة بغداد، مجلة ديالى للعلوم الصرفة، العدد3، المجلد 12،تموز2016.

5- السماك محمد ازهر سعيد، طرق البحث العلمي أُسس وتطبيقات، دار اليازوري للنشروالتوزيع، عمان، 2016.

6 - الصفاوي صفاء يونس، بان غانم العاني، دراسة تأثير التلوث البيئي في الامطار لمدينة الموصل باستخدام السيطرة النوعية، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، العدد12، 2007.

7 - الطائي اياد عاشور، كاظم عبد الوهاب الاسدي ،كاظم شنه سعد، محمد جعفر السامرائي ، هديل عبد الوهاب العبيدي ، الجغرافية الطبيعية، ط5، مطبعة وزارة التربية ،2013.

8- المظفر محسن عبد الصاحب، تقنيات البحث المكاني وتحليلاتة، ط1 ، دار صفاء للنشر، عمان، 2007،.

9 - الموسوي على صاحب طالب ،جغرافية الطقس والمناخ ،ط1،دار الكتب للطباعة والنشر،2009.

10 - عايد شاكرعبد، تباين تراكيز الغازات الملوثة لهواء محافظة بابل، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة البصرة،2012..
11 - غانم علي احمد، الجغرافية المناخية ،ط3،دار المسيرة للنشر والتوزيع، عمان الاردن ،2011م.

12 - المجلة العراقية للعلوم والتكنلوجيا، المجلد 10، العدد1، 2019.

13 - ويكيبيديا الموسوعة الحرة
http://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85
.%...85%D8%B6%D9%8A

14 – لطف الله قاري، 2017، الامطار الحمضية، مطابع جامعة الملك سعود،الرياض، ص152.

15 - الموقع الالكتروني/ .
Retrieved 29-7-،www3.open.ac.uk
.2020. Edited
http://www.beatona.net/CMS/index.p
hp?option=com_content&view=articl
e&id=558&Itemid=84&
http://www.hayattpure.com/2015/11/bl
o علاء علي عبد، كانون الثاني، 2012، الامطار الحمضية تدمر الغالبات.

16- https://alghad.com/Section.

17- تقرير على الموقع https://e3arabi.com.

18- بول ر.بورتني،كانون الأول 1984، مجلة - الموارالموارد،
https://www.resources.org/

19- تقرير على الموقع .jrv-me&ie=UTF-8 الالكتروني

20 - تقرير على الموقع الالكتروني/
https://ar.mosg-portal.com/acid-rain-
affect-buildings-statues-22062-189
21- فادية سنداسي،2016، كانون الثاني، RT ديلي ميل، https://ar.rt.com/ibgk.

22 - مجلة علوم وتكنولوجيا / مجلة المياه / عدد (9) اكتوبر / نوفمبر 2002.
23- دكتور إميلي جرينفيلد أغسطس ، 2023، محميات، تقييم الأثر البيئي،
https://sigmaearth.com.

Abstract:

Acid rain is a climate phenomenon that has been on the rise in recent times, especially after the industrial revolution that the world witnessed in recent centuries. This trend has been on the rise, reaching its peak today due to the increase in pollutants in the atmosphere resulting from the excessive and uncontrolled use of fossil fuels, and the indifference to their destructive environmental effects, which have reached levels that portend a significant threat to the surface of the green planet. Therefore, the importance of this research is to warn of the danger of acid rain, which has significant environmental impacts. It directly impacts human health and the aquatic environment, represented by surface water (rivers, lakes, and swamps), in addition to its impact on seawater. It also impacts soil and vegetation, which are closely linked to the lives of people through agricultural production. It also affects various types of animals, in addition to its effects on buildings and ancient monuments. The goal of this study is to understand the nature of acid rain, how it is formed, and to identify the means to reduce its effects to a reasonable extent, as well as how to adapt to it and confront its serious challenges. The study relied on the descriptive analytical approach to reach the desired results, the most prominent of which was that acid rain directly affects the health of humans, animals and plants, as well as the soil, buildings and the aquatic environment.