الأمطار

د. ابراهيم صالح المعتاز

تعد الأمطار من مصادر المياه الهامة في حياة الإنسان . وقد عرفها الإنسان منذ القدم بإيجابياتها وسلبياتها المختلفة بسبب التفاوت في معدل هبوطها على الأرض وبسبب ما تتعرض له الكرة الأرضية من تفاوت في درجات الحرارة والرطوبة وكمية الأمطار حسب فصول السنة ، فقد قسمت إلى مناطق بيئية تتضمن المناطق الاستوائية الحارة ومناطق السافانا والمناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ومنطقة البحر الأبيض المتوسط والمناطق الرطبة الباردة وغيرها .

وتتكون الأمطار من بخار الماء الناتج من عملية تبخر المياه من المحيطات والبحار والأنهار ومصادر المياه الأخرى وكذلك من النباتات والأشجار المختلفة التي تطلق أثناء عملية النتح كمية كبيرة من بخار الماء في الهواء الجوي . يتعرض بخار الماء عند صعوده إلى طبقات الجو العليا إلى درجات حرارة منخفضة تؤدي إلى تكثفه ، وتستمر هذه العملية وتكبر ذرات الماء إلى أن تسقط في شكل أمطار . وتلعب الرياح دوراً هاماً في عملية تجميع ذرات الماء وذلك حسب درجة حرارتها وقوة اندفاعها .

وعند سقوط الأمطار فإنها تعود مرة أخرى كمورد هام من موارد المياه حيث يذهب جزء منها إلى ري النباتات والأشجار والغابات والجزء الآخر يذهب إلى تغذية المياه السطحية والجوفية كما يصب الجزء المتبقي منها في المجاري والأنهار والبحار والمحيطات وتدخل بذلك في ما يعرف بالدورة المائية (Hydrologic Cycle) .

سقوط الأمطار

يعتمد سقوط الأمطار على عدة عوامل من أهمها :

١ ــ الرطوبة الجوية :

يعبر عن الرطوبة الجوية بـأحد المصطلحات العلمية التالية :

ــ **الرطوبة المطلقة** : وهي كتلة بخار الماء في وحدة حجم من الهواء .

ــ **الرطوبة النوعية** : وهي كتلة بخار الماء في كتلة من الهواء .

ــ **الرطوبة النسبية** : وهي النسبة المئوية بين كمية بخار الماء الموجودة في الهواء في حيز معين وبين كمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء ببخار الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط في هذا الحيز .

وعند تشبع الهواء ببخار الماء فإن الهواء لا يستطيع حمل أي زيادة من بخار الماء عند نفس درجة الحرارة والضغط ، ويوضح الشكل (١) العلاقة بين درجة تشبع الهواء ببخار الماء ودرجة الحرارة الجوية ، فكلما زادت درجة الحرارة زاد تشبع الهواء بالماء .

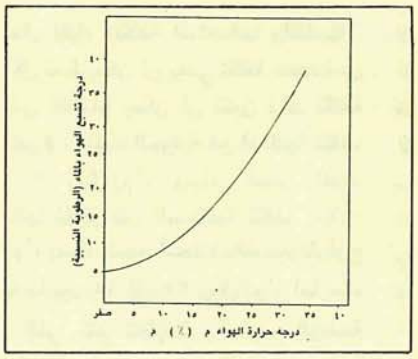
٢ ــ تكون السحب :

عند انخفاض درجة حرارة الهواء المحمل ببخار الماء فإن الرطوبة النسبية للهواء ترتفع نظراً لانخفاض ضغط الهواء المشبع مع انخفاض درجة الحرارة الجوية . وعندما تبلغ الرطوبة النسبية للهواء ١٠٠ ٪ فإن ضغط بخار الماء يساوي ضغط بخار الهواء المشبع ، وتسمى درجة الحرارة في هذه الحالة بنقطة الندى (Dew Point) أو درجة حرارة التشبع . ويؤدي انخفاض درجة الحرارة الجوية دون تلك النقطة إلى تكثف قطرات الماء وانفصالها عن الهواء .

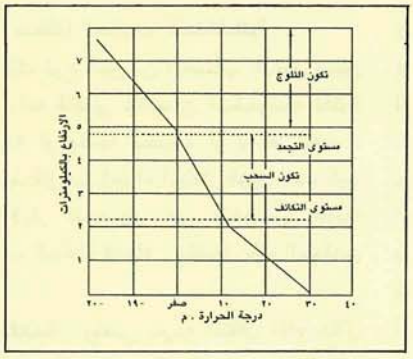
يبرد الهواء الجوي المحمل ببخار الماء نتيجة لارتفاعه إلى طبقات الجو العليا أما أثناء اصطدامه بالجبال الشاهقة وسائر الأجسام العالية أو نتيجة التقائه بموجة هوائية باردة . ويبلغ معدل انخفاض درجة حرارة الهواء الجاف مع الارتفاع حوالي ١٠ درجات مئوية لكل كيلو متر واحد . أما درجة حرارة الهواء الرطب فتنخفض بمعدل ٦ °م/كم نظراً لتأثير الحرارة الكامنة على تبخر الماء المحمول بالهواء ، وهذا يساعد على تعرض الهواء الجوي المحمل ببخار الماء ـ المرتفع إلى أعلا ـ لدرجات حرارة منخفضة ، إضافة إلى أن وجوده عند ضغط منخفض يؤدي إلى تمدده وزيادة حجمه مما يسبب انخفاضاً إضافياً في درجة حرارته تبعاً لقوانين تمدد الغازات . يبدأ عند ذلك بخار الماء في التكثف حيث تتكون السحب نتيجة لذلك ، شكل (٢) . ويفقد الهواء بذلك الحرارة الكامنة بالبخار نتيجة لتكاثفه مما يقلل بعد ذلك من معدل الهبوط في درجة الحرارة مع الإرتفاع . عليه فإنه يلزم لتكون السحب وجود عاملين هامين هما :

١ ــ احتواء الهواء الجوي على بخار الماء .

٢ ــ ارتفاع الهواء المحمل ببخار الماء إلى منطقة عليا مناسبة ذات درجة حرارة أقل من درجة حرارة الندى (درجة التشبع) للهواء .



● شكل (١) العلاقة بين درجة تشبع الهواء ببخار الماء ودرجة حرارة الهواء .



● شكل (٢) تكون السحب والثلوج أثناء ارتفاع الهواء إلى أعلا .

أنواع السحب

السحب في حقيقتها ما هي إلا مجموعة من قطرات الماء المتناهية الصغر والتي تصل أقطارها نحو ١٠ ميكرونات (الميكرون = ١٠$^{-٤}$ سم)، ويحتوي السنتيمتر المربع الواحد من هذه السحب على حوالي ١٠٠ قطيرة . وتقسم السحب إلى أنواع حسب مظهرها العام وارتفاعها عن سطح الأرض ، فالسحب المنخفضة ترتفع عن سطح الأرض من ٢ إلى ٢,٥ كلم بينما قد يصل ارتفاع السحب العالية حوالي ٨ كلم، ومن أهم أشكال السحب :

- السحب الطبقية وهي سحب رمادية اللون رقيقة تنتشر في الجو على ارتفاع لا يتجاوز ٢ كلم من سطح الأرض ولا تسقط أمطاراً لأنها لم تصل إلى درجة التشبع .
- السحب الركامية وهي سحب غامقة اللون كثيفة وسميكة تتراكم في الجو كالقباب على ارتفاع لا يتجاوز ٢ كلم من سطح الأرض وتسقط زفات من المطر .
- سحب متوسطة الارتفاع تتكون عند مستوى يتراوح ما بين ٢ ـ ٤ كلم من سطح الأرض وهي إما سحب طبقية وإما ركامية .
- السحب العالية وتمتد إلى مابين ٣,٥ إلى ٨ كلم تقريبا وأهم أنواعها السحب المزنية التي تنشأ عنها عواصف رعدية وبرق وأمطار غزيرة .

كيفية سقوط الأمطار

يمكن إرجاع سقوط الأمطار إلى سببين هامين هما :

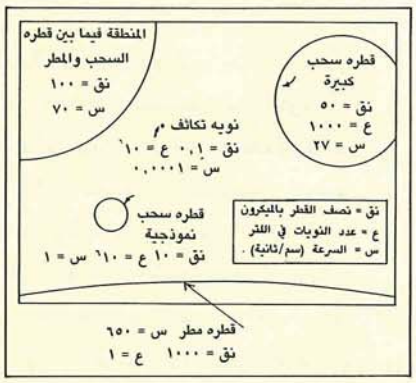
- انخفاض درجة حرارة الهواء إلى أقل من درجة الندى (درجة التشبع).
- تكون نويات ثلجية تساهم في تجميع جزيئات الماء بعضها مع بعض .

يعد تكون النويات الثلجية النقطة العملية الأولى لتكون الأمطار ، وقد وجد أن إمكانية نشوء هذه النويات في الهواء المشبع النقي ضعيف جداً ويحتاج إلى إنخفاض كبير في درجة الحرارة في الوقت الذي يعمل فيه وجود الدقائق الصلبة القابلة للذوبان في الماء عند المناطق المرتفعة في الهواء الجوي ويساعد على إسراع عملية تكوين هذه النويات وزيادة حجمها بشكل كبير مما يساهم إيجاباً في عملية سقوط الأمطار ، وتنقسم الأمطار حسب طريقة سقوطها وأسبابه إلى :

أ ـــ أمطار طبعية :

عند ارتفاع الهواء المحمل ببخار الماء إلى طبقات الجو العليا وتكون السحب يزداد حجم هذه السحب بالإرتفاع فتتكون نويات ثلجية صغيرة الحجم (أقل من ٠,١ ميكرون) . ثم تتكثف حول تلك النويات جزيئات الماء المحمل بالهواء حيث يزداد حجم ووزن تلك النويات بشكل مستمر حتى تصل إلى نحو ٠,٢ ـ ٠,٥ ملم ، يعجز بعدها الهواء عن حملها فتسقط بفعل الجاذبية الأرضية على شكل قطرات من الماء . وقد وجد أن قطرة الماء التي يبلغ قطرها ٠,١ ملم يمكنها قطع حوالي ثلاثة أمتار أثناء هبوطها في هواء تبلغ رطوبته النسبية حوالي ٩٠ ٪ قبل أن تتبخر ، في حين أن قطرة الماء التي يبلغ قطرها ٠,٥ ملم يمكن أن تقطع نحو ١٩٨٠ متراً دون أن تتبخر ، وتتناسب المسافة التي تقطعها قطرة الماء قبل تبخرها بشكل تقريبي مع الأس الرابع لقطرها ، عليه يتضح أهمية تكون قطرات الماء بأحجام كبيرة لضمان وصولها إلى الأرض قبل تبخرها وتبددها في الهواء الجوي .

يعتمد ثبات أو تبدد نويات الثلج المتكونة في الجو على حجم تلك النويات ، فكلما ازداد حجم تلك النويات ازداد ثباتها وقدرتها على التلاحم مع قطرات الماء ، ويبين الجدول (١) العلاقة بين جزيئات الماء ونصف قطر النوية الحرج ـ الذي يلزم أن لا تقل عنه حجم النوية لكي لا تتلاشى ـ ودرجات فوق التشبع المختلفة اللازمة لتكون الندى . ويبين شكل (٣) حجم نوية التكاثف وعدد جزيئات الماء بها وسرعة سقوطها مقارنة بقطرات السحب والمطر .



● شكل (٣) مقارنة بين حجم وعدد جزيئات الماء وسرعة سقوط الأمطار .

يمكن تقسيم تساقط الأمطار حسب حجم قطراتها المتساقطة ومعدل كميتها إلى الآتي :

- **رذاذ** .. عندما يقل قطر قطرات الماء المتساقطة عن ٥ ملم ويصل معدل الكمية المتساقطة إلى ١ ملم/ساعة .
- **أمطار خفيفة** .. عندما يزيد قطر القطرات المتساقطة عن ٥ ملم ويصل معدل كميتها المتساقطة إلى حوالي ٢,٥ ملم/ساعة .

عـدد الجزيئـات	نصف القطر الحرج (ميكرون)	نسبة فوق التشبع (٪)
٢,٥ × ١٠^{٨}	١,٢ × ١٠$^{-٦}$	١,٠١
٢,٨ × ١٠^{٥}	١,٣ × ١٠$^{-٣}$	١,١
٣,٦ × ١٠^{٢}	٣,٠ × ١٠$^{-٣}$	١,٥
٧٣٠	١,٩ × ١٠$^{-٣}$	٣,٠
١٨٣	١,٧ × ١٠$^{-٣}$	٢,٠

● جدول (١) ـ العلاقة بين جزيئات الماء وحجمها ودرجة تشبعها قبل سقوطها

المنطقـــــة	المعدل السنوي للأمطار (ملم)
الشمالية	٨٠ ــ ١٢٠
الشمالية الشرقية	٥٠ ــ ٧٠
الوسطى	٨٥ ــ ١٠٠
ساحل البحر الأحمر	٣٥٠
المناطق الجبلية	٤٠٠

● جدول (٢) ـ المتوسط السنوي لهطول الأمطار في المختلفة من المملكة المناطق

● **أمطار شديدة** .. إذا زاد قطر قطرات الماء المتساقطة عن ٥ ملم وزاد معدل الكمية المتساقطة عن ٧,٦ ملم/ساعة .

وتسقط الأمطار بمعدلات متفاوتة خلال العام في المناطق المختلفة من الأرض ، فهناك المناطق ذات المعدلات المرتفعة وهناك أخرى ذات معدلات منخفضة . وتعد المملكة العربية السعودية من المناطق ذات المعدل المنخفض من الأمطار ، إذ لا يتجاوز متوسط سقوط المطر عن ١٠٠ ملم في السنة ، ويبين الجدول (٢) متوسط هطول الأمطار السنوي على المناطق المختلفة من المملكة .

ب ــ أمطار اصطناعية :

دعت الكميات الكبيرة من السحب التي تمر فوق المدن والقرى المختلفة ـ في أوقات كثيرة من العام دون سقوط الأمطار ـ الإنسان إلى التفكير في إيجاد طرق ممكنة لاستمطار هذه السحب وجلب خيراتها ، وقد تم ذلك بالفعل في عملية المطر الاصطناعي (Rain Making) التي من أهم شروطها انخفاض درجة حرارة الهواء لأقل من درجة التشبع وتكون النويات الثلجية . وتعود فكرة استمطار السحب لعالم الفيزياء الألماني فنديسن (Findeisen) الذي تنبأ نظرياً في عام ١٩٣٨م بإمكان مساهمة نويات الثلج المضافة للسحب في عملية اسقاط الأمطار . وفي عام ١٩٥٣م أجرى الفيزيائي الهولندي فيرارت (Veraart) بعض التجارب المعملية لتكوين النوى الثلجية كوسيلة لاستمطار السحب ، أما من الناحية العملية فإن اكتشاف طرق استمطار السحب يعود للعالم الأمريكي شيفر (Schaefer) مصادفة فيما كان يجري بعض تجاربه المعملية في شركة الكهرباء العامة الأمريكية (General Electric Company) في يوليو عام ١٩٤٦م . وقد أجريت أول تجربة حقلية للمطر الاصطناعي في ١٣ نوفمبر عام ١٩٤٦م ، إذ تم رش حوالي ١,٥ كجم من الثلج المجروش عند درجة −٢٠°م في سحب فشاهد الحضور تساقط الثلج والمطر لمسافة ٦١٠ متراً قبل أن يتبخر ويتبدد في الهواء .

وقد تم في عام ١٩٤٧م تشكيل منظمة خاصة بالأحوال الجوية العالمية تعرف باسم الهيئة العالمية للإرصاد الجوية كإحدى المنظمات المتخصصة التابعة للجمعية العامة للأمم المتحدة . كما تشكلت في الولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٥٣م لجان فنية كثيرة لدراسة الطرق المختلفة الممكنة لإسقاط الأمطار من السحب ومعرفة جدواها الإقتصادية .

وقد كان للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية اهتمامات كبيرة في دراسة الأمطار الاصطناعية ، حيث أنه في المؤتمر السابع للمنظمة المنعقد في عام ١٩٧٥م تقرر إنشاء مشاريع لتعديل أحوال الجو كان مشروع إسقاط المطر الإصطناعي من أهمها ، وأثمر هذا المشروع في تنفيذ تجربتين لإسقاط أمطار اصطناعية عملياً في اسبانيا عام ١٩٧٩م و ١٩٨١م حشد لهما لفيف من العلماء والفنيين والمهتمين بعلم الأرصاد وفيزياء الغيوم .

طرق استمطار السحب

من أكثر طرق استمطار السحب شيوعاً ما يلي :

١ ــ رش السحب الركامية المحملة ببخار الماء الكثيف بوساطة الطائرات برذاذ الماء ليعمل على زيادة تشبع الهواء وسرعة تكثف بخار الماء لإسقاط المطر ، وهذه طريقة تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء .

٢ ــ قذف بلورات من الثلج الجاف (ثاني أكسيد الكربون المتجمد) بوساطة الطائرات في منطقة فوق السحب لتؤدي إلى خفض درجة حرارة الهواء وتكون بلورات من الجليد عند درجة حرارة منخفضة جداً لتعمل على التحام قطرات الماء الموجودة في السحب وسقوطها كما في حالة المطر الطبيعي .

٣ ــ رش مسحوق ايوديد الفضة (AgI) بوساطة الطائرات أو قذفه في تيارات هوائية صاعدة لمناطق وجود السحب باستخدام أجهزة خاصة لنفث الهواء بقوة كافية إلى أعلى ، ويعد ايوديد الفضة من أجود نويات التكاثف الصلبة التي تعمل على تجميع جزيئات الماء وإسقاطها أمطاراً غزيرة على الأرض .

صعوبات الاستمطار الاصطناعي

تحول الصعوبات الفنية حالياً دون انتشار تطبيق فكرة المطر الاصطناعي ووضع ضوابط علمية دقيقة له نظراً لتعقيد الظواهر الجوية الطبعية وتداخلها وشمولها لعوامل كثيرة متعددة ومتغيرة بشكل يحول دون وضع ضوابط علمية دقيقة لها، إضافة إلى أنه لا توجد علاقة مطردة بين كمية الأمطار المتكونة واحتمال سقوطها مع عوامل محددة معروفة كنسبة رطوبة الهواء ودرجة حرارته وارتفاعه .

ويعد التحكم في معدل سقوط المطر الاصطناعي ومكان سقوطه من أهم المشكلات التي تواجه العلماء المتخصصين في مجال علوم الأرصاد ، كما وان عمليات إسقاط المطر لا تزال غير اقتصادية ومكلفة ، ولذا لم تخرج إلى حيز التنفيذ الميداني إلا على شكل تجارب بحثية بهدف الدراسة .