

مقرّر الأرصاد الجوية والمناخ الزراعي  
المحاضرة النظرية الثامنة 2018/11/28

## الهطول PRECIPITATION

### 1- الهطول ونظريات الهطول:

يُشير الهطول إلى كل ما يهطل من الغيوم بشكل صلب أو سائل، والهطول هو الحلقة الأخيرة في دورة بخار الماء في الجو. السحب التي نراها سابحة في الجو هي مصدر جميع أشكال الهطول غير أنه كثيراً ما يتم الهطول من السحب نحو سطح الأرض دون أن يصل إليها، وإذا ما بلغها فإنه قد يطرأ عليه تحول في شكله وبنيته، فقد يتبخر جزء منه وهذا متعلق بدرجة جفاف الهواء وحرارته بين سطح الأرض وقاعدة الغيوم، وارتفاع هذه القاعدة، وحجم مكونات الهطول، ومع ازدياد جفاف الهواء المحصور بين سطح الأرض وقاعدة السحب، وازدياد ارتفاع قاعدة السحب، وصغر مكونات الهطول تزداد كمية الماء المتبخرة.

### 2- آلية نمو مكونات السحب وحدوث الهطول:

ليس بالضرورة أن يؤدي التكاثف إلى الهطول، بل أحياناً كثيرة تتشكل السحب وتتبدد دون أن تؤدي إلى هطولات والعكس صحيح. أن هطول نواتج التكاثف من السحب يتعلق بحجم مكونات السحابة ووزنها، ومدى قدرة الهواء على حملها، ولكي يتم الهطول لابد من أن يزداد حجم مكونات السحب ووزنها إلى الدرجة التي تصبح أكثر ثقلاً من قوة الهواء الذي يحملها. هناك نظريتان رئيسيتان، تعطي كلاً منهما تفسيراً معيناً لنمو مكونات السحب، حسب نوعية تلك المكونات، الأولى منهما، تفسر نمو قطرات الماء السريع على بلورات الجليد في السحب الباردة، والثانية، تفسر نمو قطرات الماء المختلفة الأحجام في السحب الدافئة:

### 1-2- نظرية بيرجيرون (Bergeron Theory):

تلقي هذه النظرية الضوء على الطريقة التي يتم فيها حدوث الهطول من السحب الباردة، وتستند هذه النظرية إلى حقيقة هامة، وهي أنّ الرطوبة النسبية في الهواء تكون أكبر في المناطق المرتبطة بالسطوح الجليدية مما هي عليه في المناطق المرتبطة بالسطوح المائية، وعند درجة حرارة أقل من الصفر يتناقص ضغط بخار الماء المشبع بسرعة أكبر فوق السطوح الجليدية منه فوق السطوح المائية، وينتج

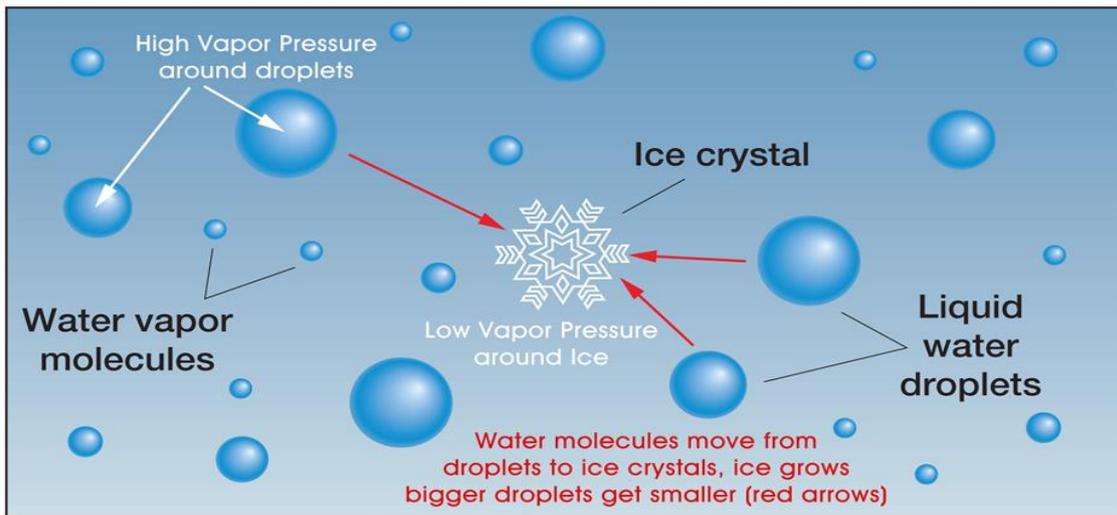
عن هذا أنّ ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح المائية أكبر مما هو عليه فوق السطوح الجليدية وبصورة خاصة في المجال الحراري بين (-5 م إلى -25 م).

إنّ الهطول حسب نظرية بيرجيريون يحصل نتيجة وجود بلورات الجليد إلى جانب قطيرات الماء فوق المبردة في الأجزاء الباردة من السحب التي تقل درجة حرارتها عن (-10 م).

ونظراً لفارق ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح الجليدية والمائية، فإنّ بخار الماء الناتج عن التبخر من سطح قطيرات الماء ينتقل في حالته الغازية إلى سطح بلورات الجليد المجاورة له ليتكثف عليها بصورة صلبة دون المرور بالحالة السائلة، وبهذه الطريقة يزداد حجم بلورات الجليد داخل السحب تدريجياً على حساب قطيرات الماء، وما أن تبلغ تلك البلورات حجماً معيناً حتى تسقط باتجاه الأرض. وهكذا نجد أنّ وجود نويات التكاثف ضروري لتشكل قطرات الماء، كما أنّ نويات التجمد ضرورية لتشكل جزيئات الجليد عند درجات حرارة منخفضة جداً بين (-15 م إلى -25 م). الشكل (1).

وفي حال خلو السحب من التيارات الرأسية فإن بلورات الجليد تبدأ بالحركة نحو الأسفل تحت تأثير وزنها، وتصطدم خلال الهبوط داخل السحب ببلورات الجليد التي هي أصغر منها حجماً وتتحوّل إلى شرائح ثلجية.

أمّا إذا اصطدمت خلال هذه الحركة بقطيرات من الماء فوق المبردة فإنّ بلورات الجليد تأخذ شكل البرد الهش نتيجة التجمد السريع المباشر لهذه القطيرات على هذه البلورات، وفي حال وجود تيارات دوامية داخل السحب فإنّها تحمل هذه العناصر في سلسلة من الحركات الهابطة والصاعدة وتتحوّل الشرائح إلى برد. غير أنّ هذه النظرية لا تعطي تفسيراً لبعض الحقائق، إذ نجد أنّ السحب الركامية فوق المحيطات المدارية تعطي مطراً غزيراً وهي على ارتفاع أكثر من 2000 م وقممها ذات درجات حرارة موجبة كذلك الحال في عروض المنطقة الوسطى فإن الهطول الصيفي يأتي من السحب الركامية التي لاتصل درجة حرارتها إلى التجمد.



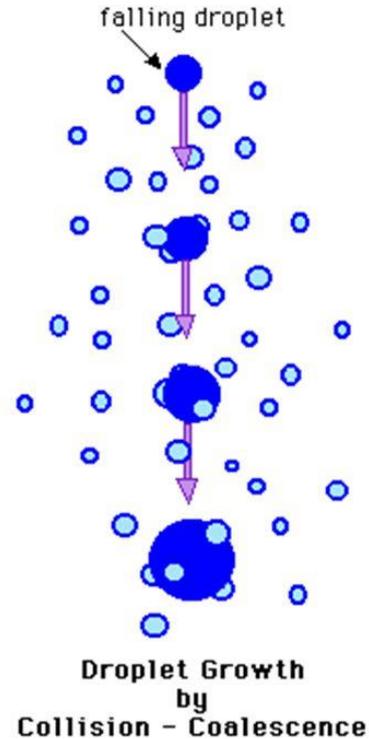
الشكل (1) آلية بيرجيريون لنمو مكونات السحابة وحدوث التهطل

## 2-2- نظرية التصادم والالتحام (Collision and coalescence):

لقد تبين أنّ نظرية بيرجيرون غير قادرة على تفسير سبب نمو مكونات السحب الدافئة التي هي عبارة عن قطيرات مائية حرارتها فوق الصفر وبالتالي الأمطار الغزيرة الهائلة منها. لقد أكد بعض العلماء، أنّ سبب نمو مكونات هذه السحب التي تتألف من قطيرات مائية فقط، يعود إلى ازدياد حجم تلك العناصر نتيجة التحام بعضها ببعض بفعل اصطدام القطيرات المتفاوتة الأحجام خلال حركتها داخل الغيوم وقد أيد ذلك أبحاث كل من: لانغموير، لودلم ودوين .... وغيرهم. وتعتمد عملية الالتحام على شحنة القطيرات أو لوجود مجال كهربائي وحجم القطرات ومسارات التصادم وغيرها من العوامل. الشكل (2) يوضح نمو قطيرة من الماء بواسطة عملية التصادم والالتحام. والشرط الأساسي لحدوث التصادم ثم الالتحام في السحب الدافئة هو تواجد قطيرات من الماء متفاوتة الأحجام داخل السحابة نفسها، حتى تنهياً الفرصة ليصطدم الكبير منها بالأصغر حجماً، وتؤدي التيارات الصاعدة والهابطة نفسها في السحابة دوراً فعالاً في تحقيق التصادم والالتحام. ويزداد التصادم والالتحام، ويصبح أكثر فعالية كلما ازداد عدد القطيرات كبيرة الحجم، كما أنه من الممكن أن تنمو البلورات الجليدية في السحب الباردة باصطدامها بالقطيرات فوق المبرودة. وتتضح عملية التصادم والالتحام في النمو السريع لسحب الركام المزفي وخاصة في مراحلها الأولية.

### • Collision coalescence process

- Water droplets collide and increase in size until large enough for gravity to pull them out of the cloud
- Occurs in tropics and warmer midlatitudes
- Precip leaves cloud as liquid water



الشكل (2) نمو مكونات الغيمة وحدوث الهطول وفق نظرية التصادم والالتحام

### 3- أشكال الهطول (Forms of precipitation):

للهطول أشكال مختلفة (الشكل رقم 3)، بعضها سائل، والآخر صلب، وفيما يلي وصف لأشكال الهطول وهي:

#### 1- الرذاذ (Drizzle):

هطول بصورة قطيرات مائية دقيقة لا يتجاوز قطرها 500 ميكرون، يهطل الرذاذ من السحب الطبقيّة بكميات قليلة لا يتجاوز معدلها 1 م/سا.

#### 2- المطر (Rain):

هطول سائل يزيد قطر قطيرات مائة عن 500 ميكرون وتهطل الأمطار بشكل عام من السحب المزمنة الطبقيّة المتوسطة ومن سحب الركام المزمي بشكل زخات عنيفة.

#### 3- الثلج (Snow):

هطول صلب على شكل بلورات جليدية ذات مظهر نجمي لا يزيد قطرها عن 2.5 سم، ويتكوّن الثلج نتيجة لانخفاض درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة التجمد، فتنحول القطرات المائية إلى بلورات رقيقة من الثلج، وتسقط نحو سطح الأرض في حال عجز الهواء عن حملها هناك ترابط بين هطول الثلج انخفاض درجة الحرارة والدليل على ذلك هو تمركز الهطولات الثلجية على المرتفعات وفي العروض العليا، وأيضاً مع قدوم كتل هوائية باردة، فعندما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد داخل غيوم الطبقي المتوسط والمزيد الطبقي يحدث تحول بجزء من بخار الماء الموجود فيها إلى بلورات جليدية، ويشترط عند هطول الثلج أن تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون  $4^{\circ}$  م وكلما كانت درجة الحرارة أخفض كانت فرص احتمال هطول الثلج أكبر، لذا نجد أنّ العواصف الثلجية في بلادنا تقترن بالجبهات الهوائية الباردة، ويتعرّض الثلج أحياناً أثناء هطوله إلى ذوبان جزئي أو كلي وهذا يتوقف على درجة حرارة الطبقة الهوائية الفاصلة بين السحب المتلجة وسطح الأرض، فإذا كانت درجة الحرارة أعلى بكثير من درجة التجمد حدث ذوبان كلي للثلج متحولاً إلى مطر، أمّا إذا كانت درجة الحرارة قريبة من درجة التجمد فإنه يتعرض لذوبان جزئي فيهطل على شكل ثلج ممزوج.

#### 4- البرد (Hail):

هطول صلب على شكل كرات جليدية، تكون الواحدة عادة بحجم حبات الخرز (0.5 سم) غير أنّه كثيراً ما تسقط حبات من البرد وقطرها أكثر من 10 سم ووزنها حوالي 500 غ. تعتبر غيوم الركام المزمي الغيوم، الوحيدة التي تؤدّي إلى هطول البرد، وهي غيوم العواصف الرعدية التي تتصف بشدة اضطرابها، والمكونة في العروض الوسطى من قطيرات مائية سائلة في القسم السفلي منها وقطيرات مائية فوق مبردة مختلطة مع شرائح ثلجية في قطاعها الأوسط وجزئيات جليدية في قطاعها العلوي، تنشأ داخل هذه الغيوم تيارات صاعدة تحمل قطيرات الماء المبردة وغير المبردة إلى ارتفاعات شاهقة، تبلغ درجة الحرارة عندها

حوالي -40م وتكون السيادة هناك لبلورات الجليد، مما يجعل تلك القطيرات تتجمد حول بلورات الجليد وتتحول إلى كرات جليدية تستقطب حولها بعض البلورات الجليدية الموجودة في القسم العلوي من الغيمة لتصبح من الكبر الذي يجعلها تسقط تحت تأثير ثقلها. وحسب قوة التيارات الصاعدة فإنه من الممكن أن تتعرض هذه الكرات إلى عدة عمليات رفع وهبوط، مما يجعل حبات البرد تبدو بشكل طبقات متعاقبة (طبقات من الجليد الشفاف وغير الشفاف) والبعض يقول أن البنية الطباقية لحبات البرد يعود إلى الفرق في معدل تراكم قطرات الماء فوق المبردة وتجمدها على بلورات الجليد، غير أن هناك آراء حديثة تخالف ما سبق ذكره حول نمو حبات البرد، حيث ترى تلك الآراء أن البرد يتشكل ضمن مناطق محددة من سحب الركام المزني تتصف بنشاط شديد في تياراتها الصاعدة، مما يجعلها تقوى على حمل قطرات الماء فوق المبردة إلى ارتفاعات كبيرة ضمن السحب وتكون درجة الحرارة فيها منخفضة جداً قد تصل حتى 50°م تحت الصفر.

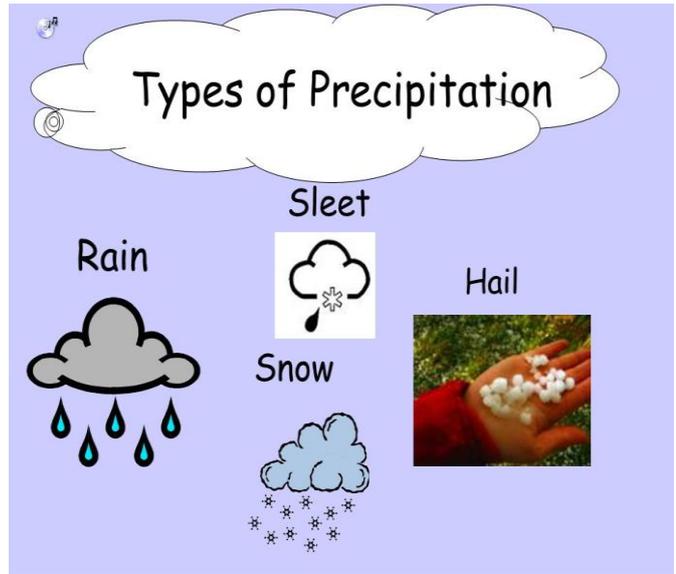
وهذا يسمح لتلك القطيرات السائلة بالتجمد على بلورات الجليد بسرعات مختلفة متحولة إلى حبات من البرد. ومهما يكن من أمر فإنَّ تشكل البرد وسقوطه يتطلب نشاطاً كبيراً في التيارات الصاعدة واحتواء غيوم الركام المزني على مكونات مختلفة، لذا من النادر أن يهطل البرد في المناطق القطبية الباردة والمدارية الحارة وأكثر مناطق هطوله بين خطي عرض 30-60 شمالاً وجنوباً، أمّا في حوض المتوسط فإنَّ سقوط البرد يتركز في فصل الشتاء مرافقاً للجبهات الباردة الشديدة الفعالية وخاصة في شهر شباط، كما يكثر هطوله في فصل الربيع مقترناً بالتيارات الهوائية الحملانية، وأكثر أوقات حدوثه في ساعات بعد الظهر. ويؤدي هطول البرد إلى إحداث أضرار كبيرة للمزروعات والأشجار المثمرة مثل تمزيق الأوراق ونشويه الثمار وكسر الأفرع الفتية والنموات الغضة وتساقط الأزهار والثمار وغيرها..... وقد شهدت الأجزاء الوسطى من سوريا في محافظات حمص وحماه وإدلب في شهر أيار من عام 1983م عواصف وبرد عنيفة قضت على مساحات كبيرة من المحاصيل الشتوية (قمح وشعير وغيرها) الذي كان على أبواب حصاده، فقد وصل وزن حبة البرد إلى أكثر من (300 غ) في بعض الأماكن (قرية حاصور في محافظة حمص).

**توجد محاولات في كثير من البلدان لمكافحة حدوث البرد باستخدام بعض الوسائل (الشكل رقم 4)**

**ومن أهمها:**

1- استخدام صواريخ مضادة للبرد ومتفجرة، حيث تقذف الصواريخ من الأرض فتعمل على تمزيق الدورات التي تغذي تشكل البرد.

2- تشجيع تشكل المطر الاصطناعي من الغيوم الخطرة قبل أن يتشكل البرد، وذلك بقذف الغيوم بالوقت المناسب بواسطة الثلج الكربوني ويود الفضة وغيرها من المواد.



الشكل رقم (3) أشكال الهطول



الشكل رقم (4) طرق منع تشكُّل البرد

#### 4- نماذج الهطول:

اعتماداً على الطريقة التي يتم فيها صعود الهواء على تكاثف بخار مائة يمكن التمييز بين ثلاثة نماذج رئيسية من الهطول المطري وهي:

#### آ- النموذج الحملاني (Convective Type):

تهطل الأمطار في هذا النموذج نتيجة التسخين الشديد لسطح الأرض وهذا يؤدي إلى ارتفاع الهواء الرطب على شكل تيارات صاعدة، متكتفاً بخار مائه ومشكلاً سحب الركام والركام المزني التي تنهمر منها الأمطار بغزارة، كما في الشكل رقم (5) وتتوقَّف غزارة الأمطار على عدة عوامل من أهمها:

1- نشاط التيارات الصاعدة: فكلما كان تسخين الأرض الإشعاعي شديداً، زاد نشاط التيارات الصاعدة، ونمت السحب الركامية متحولة إلى ركامية مزنية واشتدت فعَّاليتها وغزارة أمطارها.

2- كمية بخار الماء المحمولة: فإذا كانت كمية بخار الماء المتصاعد منخفضة فإن ذلك لا يؤدي إلى تشكّل السحب الممطرة ويحدث بدلاً من ذلك إثارة الأتربة والغبار كما يحدث في الصحاري.

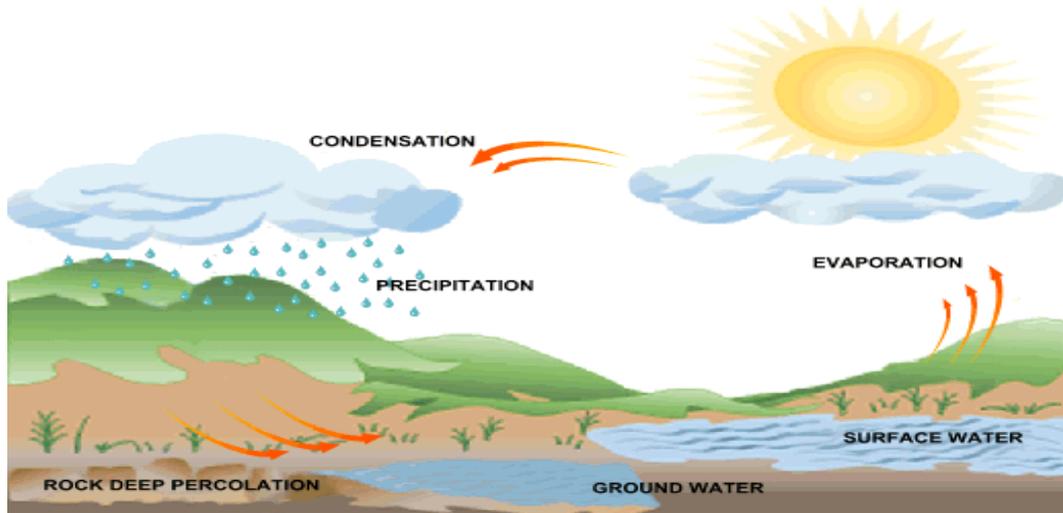
3- درجة حرارة طبقة تشكّل السحب: كلما كانت درجة حرارة طبقة تشكّل السحب أعلى، كان النمو الشاقولي للسحب أكبر، وكانت نقطة التكاثف أعلى وهذا يعني أنّ قدرة الهواء على استيعاب بخار الماء تكون أكبر. كما أنّ الحرارة الكامنة المنطلقة أثناء التكاثف تكون أكبر وبالتالي تزداد فعالية السحب الركامية.

4- الفرق بين حرارة الأرض وحرارة طبقة السحب، فكلما اشتد الفرق بينهما ازدادت غزارة الأمطار وقد يكون هطول الأمطار خفيفاً أو عنيفاً حسب درجة عدم الاستقرار والارتفاع درجة حرارة السحب. بصورة عامة، يغلب على هطول الحملاني طابع العنف، حيث يكون الهطول على شكل زخات قوية لفترات قصيرة نسبياً، ويغلب عليها الطابع البقي في العروض المعتدلة وبالاعتماد على الانتشار المساحي للهطول الحملاني يمكن أن نميز بين ثلاثة أنواع منه:

أ- هطول حملاني مبعثر: على شكل زخات قوية لا تدوم لفترة زمنية تزيد عن ساعة، وتتراوح المساحة التي تسقط فيها بين 20-30 كم<sup>2</sup> وهو يعقب التسخين الشمسي الشديد لبعض بقع سطح الأرض خاصة في فصل الصيف، ويقترن هطول المطر بحدوث عواصف رعدية وأحياناً هطول البرد.

ب- هطول حملاني خطي: الذي يحدث بسبب التسخين الشمسي للأراضي المرتفعة في المناطق المدارية. عندما يمر هواء رطب غير مستقر فوق سطح أدفا، كما يمكن أن تتحرك الخلايا الحملانية مع الرياح بشكل مواز للجبهة الباردة أو لمقدمة الجبهة الحارة، ويمتد هذا الهطول بشكل خطي بطول عدة مئات من الكيلومترات ويعرض عشرات الكيلو مترات ويدوم لعدة ساعات (3-1 ساعة).

ج- الهطول الحملاني الإعصاري الذي يحدث في الأعاصير المدارية ويدوم لفترة طويلة نسبياً وفوق مساحات كبيرة، ويتصف بغزارته الشديدة.

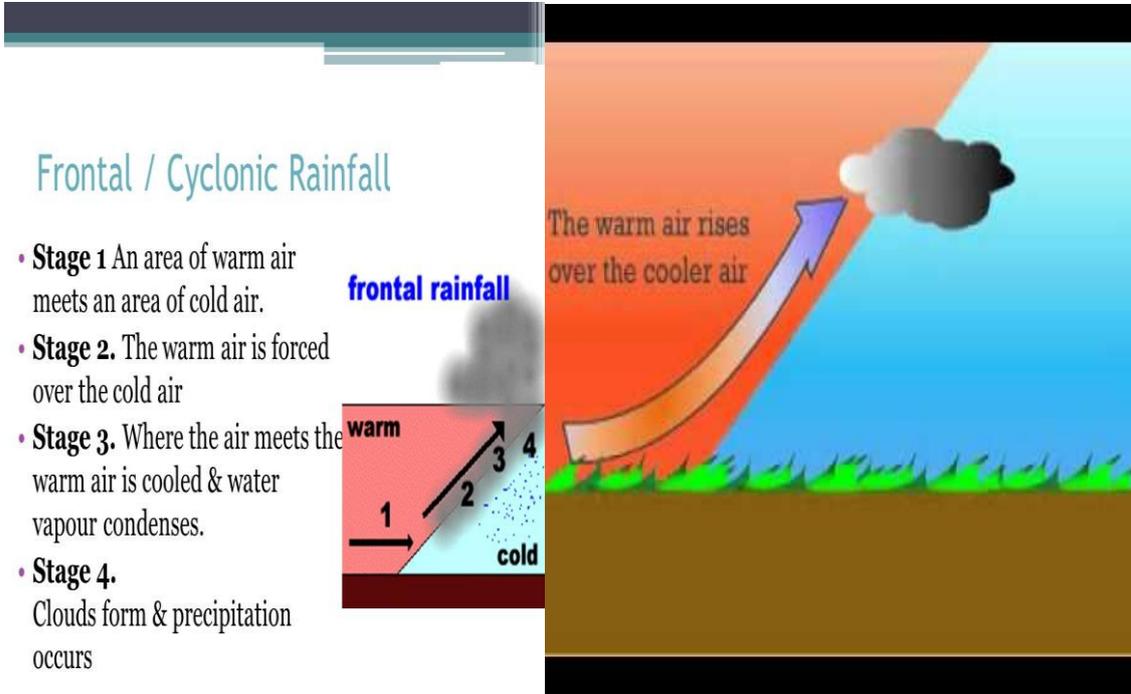


الشكل رقم (5) نموذج الهطول الحملاني

## ب- النموذج الجبهوي (Frontal Type):

يحدث هذا النوع من الهطول في الأماكن التي يتم فيها تلاقي وتقابل الكتل الهوائية المتباينة في صفاتها من حيث درجة الحرارة والرطوبة بزواوية حادة، كما في الشكل رقم (6)، وهذا يؤدي إلى نشوء حركة الهواء الشاقولية ويتم مثل هذا التلاقي والتصادم في العروض الوسطى، مما يؤدي إلى نشوء المنخفضات الجوية الجبهية، وحسب نشاط الحركة الصاعدة للهواء وكمية بخار الماء المحمولة تتحدد وصفات الهطول من حيث الغزارة، وتبلغ غزارة الهطول أشدها عند مرور الجبهة الباردة الذي يقترن أحياناً بحدوث العواصف الرعدية، ويتميز هذا النموذج بكونه أقل غزارة من الهطول الحملاني ولكنه أكثر ديمومة، إذ قد يدوم لفترة قد تمتد من 6-12 ساعة.

يغلب هذا النموذج من الهطول على المناطق الواقعة بين خطي عرض 30-60 شمالاً وجنوباً وخاصة في نصف السنة الشتوي.



الشكل رقم (6) نموذج الهطول الحملاني

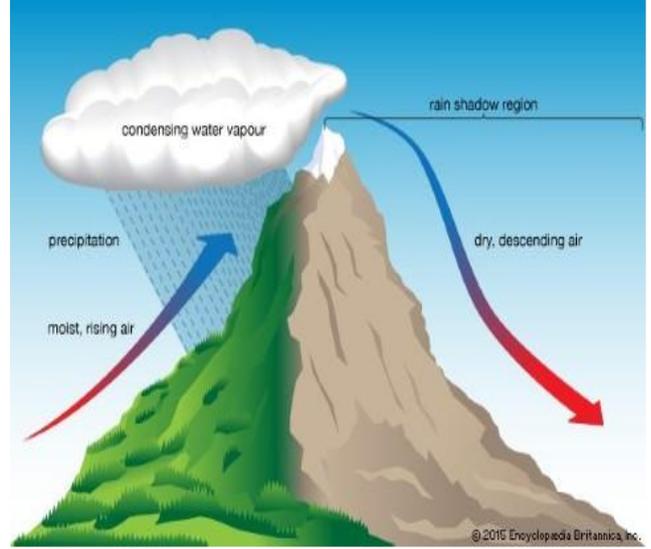
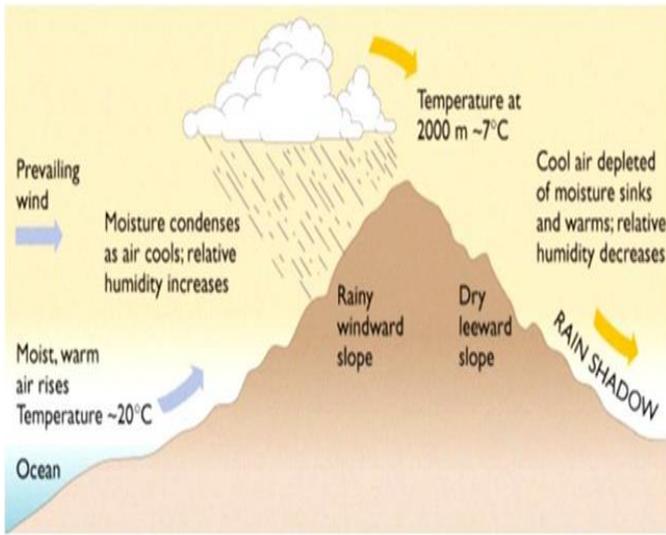
## ج - النموذج التضاريسي (Orographie Type):

يحدث هذا النوع من الهطول عندما تصطدم كتلة هوائية رطبة بحاجز جبلي مجبراً إياها على الصعود والتكاثف وتتشكل السحب ويحدث الهطول الذي تتوقف شدته على سرعة الهواء ودرجة رطوبته وزاوية اصطدامه بالحاجز الجبلي، (الشكل رقم 7) ويمكن للجبال أن تؤثر على الهطول بالطرق التالية:

1- تشكّل الجبال محرّكاً لعدم الاستقرار الحملاني، حيث تزيد الحركة التصاعديّة للرياح وتجعلها أكثر فعّالية.

2- تزيد الجبال من فاعلية الهطول الجبهي ومدته، لأنها تقلل من سرعة حركة الجبهات والمنخفضات الجوية، وهذا يزيد من مدة الهطول.

3- تعمل على إحداث تجمع للهواء في الأودية والأحواض الجبلية مما ينشط من عدم استقراره وارتفاعه للأعلى وبصورة عامة فإن كمية الأمطار تتزايد مع الارتفاع إلى حد معين ثم تبدأ بالتناقص بسبب انخفاض كمية بخار الماء بعد ذلك الارتفاع، وتكون السفوح المواجهة للرياح الرطبة أكثر أمطاراً من السفوح المعاكسة لها لأن السفوح المعاكسة لاتجاه الرياح تكون واقعة في منطقة الظل المطري (Rain shadow) لأن الرياح تصبح من النوع الهابط الذي يتسخن ذاتياً، وبسبب انخفاض رطوبتها لأنها تكون قد أفرغت قسماً كبيراً من حملتها على السفوح المواجهة. مثال على ذلك الأمطار الغريزة التي تهطل على السفوح الغربية المواجهة للبحر في القطر العربي السوري أمّا السفوح الشرقية المطلة على سهل الغاب فهي تتلقى كميات أقل من الهطول لأنه في منطقة الظل المطري.



شكل (7) نموذج الهطول التضاريسي

## 5- التوزع اليومي للهطولات:

يختلف منحني الهطول اليومي للأمطار باختلاف نموذج الهطول السائد. فحيث تسود الأمطار الجبهية لا يمكن الحديث عن نظام يومي محدد للهطول، إذ أنه من الممكن أن تسجل أكبر كمية هطول يومية في أي ساعة من ساعات اليوم حسب موعد وصول الجبهتين الحارة والباردة ونشاط وفعالية الجبهة الباردة، بينما يسلك منحني الأمطار يومياً نظاماً محدداً في حال كون نموذج الهطول من النوع الحملاني. بصورة عامة، يمكن التمييز بين نظامين للهطول اليومي في العروض المنخفضة وصيف العروض المعتدلة حيث يتحكم في الهطول المطري التسخين والتبريد الإشعاعيان، أحدهما في داخل القارات (النظام القاري) ويتميز منحني الهطول اليومي فيه بوجود نهايتين عظيمتين للهطول مطريتين أولهما في ساعات بعد الظهر (14-17) ويعود إلى التسخين الشديد لسطح الأرض وثانيهما في ساعات الصباح الباكر

وسببه التبريد الشديد لسطح الأرض وكذلك وجود نهايتين صغريتين، أحدهما في ساعات الليل الأولى (بعد غروب الشمس) والآخرى في فترة ما قبل الظهيرة (سا 8-11).

أمّا في النظام الآخر فيسود المناطق البحرية (النظام البحري) حيث يميّز في منحني الهطول اليومي أعظمية واحدة في ساعات الليل نتيجة كون سطح البحر أكثر حرارة من الطبقات الهوائية التي تعلوه من اليابسة المجاورة له، ونهاية صغرى واحدة في فترة ما بعد الظهيرة حيث يكون عندها سطح البحر أبرد من الجو المحيط واليابسة المجاورة له.

## 6- التوزع السنوي للهطول والنظم المطرية:

كما هو معلوم فإنّ بعض مناطق الأرض تتلقى كميات كبيرة من الأمطار وعلى مدار السنة، وبالمقابل فإن هناك مناطق يتركز فيها الهطول في فترات محددة من السنة لا تتجاوز ثلاثة أو أربعة أشهر، وهذا يعود إلى مدى درجة توفّر العوامل المؤدية للهطول، واستناداً إلى التركيز الشهري والفصلي للأمطار السنوية يمكن تمييز عدة نظم مطرية سنوية على سطح الكرة الأرضية، ويتميز نظام الأمطار بكميات الأمطار التي تهطل في السنة ويعدد الأيام الممطرة وتوزيعها على مدار السنة، إن النظم المطرية تبين أنواع المناخات على سطح الكرة الأرضية، ويختلف نظام الأمطار حسب اختلاف التضاريس، وحسب الموقع الجغرافي. وفيما يلي عرض مختصراً لأهم النظم المطرية:

### 1- النظام الاستوائي:

يسود هذا النظام حتى خط العرض 10° شمالاً وجنوباً، ويتميّز باستمرار الهطول على مدار السنة لأن أشعة الشمس هي دوماً شبه عمودية على هذه المناطق وتتراوح كمية الأمطار السنوية في المناطق الخاضعة لهذا النظام بين 1500 - 2500 مم / سنة. وهي ذات طبيعة حملانية، وهناك فترتين أعظمتين في أعقاب الاعتدالين، وفترتين صغريتين في أعقاب الانقلابين.

### 2- النظام المداري القاري:

وهو ما يُعرف بالنظام السوداني، حيث تنقسم السنة إلى نصفين، نصف صيفي مطير، ونصف شتوي جاف، وقد يمتد من حدود النظام الاستوائي وحتى خط عرض 18° شمال وجنوب خط الاستواء وذلك في الأجزاء الداخلية والغربية من القارات، أمطاره ذات طبيعة حملانية، تتراوح كميتها السنوية بين 400-1000 مم/سنة.

### 3- النظام المداري البحري:

يشبه هذا النظام النظام الاستوائي من حيث استمرارية الهطولات على مدار السنة، إلا أنّ نموذج الهطول مختلف فالهطولات الصيفية هي ذات طبيعة حملانية، بينما الهطولات الشتوية تسببها الرياح

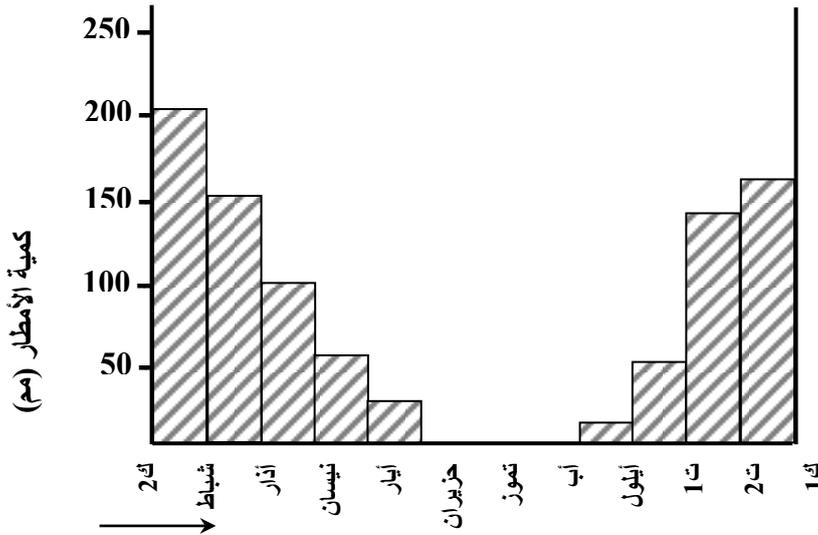
التجارية البحرية الرطبة، غير أنّ الهطول الأعظمي يتركز في فصل الصيف ويسود هذا النظام في الأجزاء الشرقية من القارات المطلة على سواحل المحيطات كما هو الحال في سواحل موزمبيق وجنوب شرق الولايات المتحدة وشرق أمريكا الجنوبية، ويتراوح معدل الأمطار السنوي بين 1000-2000 مم/سنة.

#### 4- النظام المداري الموسمي:

تهطل الغالبية العظمى من أمطاره في فصل الصيف بسبب الرياح الموسمية الصيفية الجنوبية، يسود هذا النظام بوجه خاص في جنوب وجنوب شرق القارة الآسيوية، يتراوح معدّل أمطاره السنوية بين 1000-3000 مم/سنة وأحياناً أضعاف ذلك كما هو الحال في بلدة تشيرابونجي الهندية التابعة لولاية أسام تتلقى سنوياً حوالي 11437 مم/سنة.

#### 5- النظام المتوسطي:

نظام الأمطار السائد في غربي القارات من العروض المعتدلة الدافئة بين خطي عرض 30-40 شمالاً وجنوباً كما هو الحال في حوض المتوسط ومنطقة الكاب (جنوب غرب أفريقية) وولاية كاليفورنيا، وأواسط تشيلي وجنوب غرب أستراليا حيث يتميز هذا النظام بشتاء ماطر وصيف جاف وأمطاره من النموذج الجبهي شكل (8).



شكل (8) بيروت (متوسطي)

#### 6- النظام الصيني:

يسود في الأجزاء الشرقية من القارات نظام مطريّ سنويّ يختلف عما يسود في الأجزاء الغربية من العروض المعتدلة الدافئة. ففصل الصيف هو فصل الهطول الأعظمي بسبب سيادة الرياح البحرية الرطبة وفصل الشتاء تهطل فيه كميات من الأمطار أقل بكثير من تلك التي تهطل في الصيف يسود هذا النظام في الصين الجنوبية والشرقية وشرق أستراليا وجنوب شرق الولايات المتحدة.

## 7- نظام غرب أوروبا:

نظام مطري سنوي يسود على السواحل الغربية للقارات بين خطي عرض 40-60 شمالاً وجنوباً ويتميز باستمرارية هطوله على مدار السنة مع تزايد ملحوظ في أشهر الشتاء والخريف كمية الأمطار السنوية تتراوح بين 1000-1500 مم/سنة.

## 8- النظام القاري المعتدل:

نظام هطول مطري سنوي في داخل القارات في العروض المعتدلة الباردة (أواسط أوروبا وشرقها، وأمريكا الشمالية الوسطى) يتميز بهطول دائم مع اعظمي مطري في أواخر الربيع والصيف واصفري مطري في الخريف والشتاء.

## 9- النظام الصحراوي:

أمطاره السنوية قليلة حيث لا يزيد معدلها عن 250 مم وإن كان يتدنى إلى ما دون 50مم في أحيان كثيرة (3 مم في وادي حلفا)

## 10- النظام القطبي:

نتيجة لسيطرة الضغوط المرتفعة فوق المناطق القطبية فترة طويلة من السنة فإن التهطل فيها قليل، مع نهاية عظمى في الصيف وصغرى في الشتاء.

## 7- التوزيع الجغرافي للهطول والعوامل المؤثرة على ذلك:

إذا لاحظنا سجلات قياس الأمطار في بقاع العالم، لوجدنا أن كمية الأمطار تختلف اختلافاً كبيراً بين منطقة وأخرى وهذا دليل على الأحوال الجوية المتباينة، والذي يحدّد كمية الأمطار وشدها أمران رئيسيان هما وفرة بخار الماء وشدة حركة الصعود الهوائية وهناك مجموعة من العوامل تتحكم في توزيع الأمطار الهائلة سنوياً على سطح الأرض وأهم هذه العوامل:

1- درجة القرب من المسطحات المائية، فكلما ازداد البعد عن البحار والمحيطات تتدنى كميات الأمطار السنوية.

2- الارتفاع عن سطح البحر ومظهر التضاريس ومحور امتدادها إذا كان متعامداً أو موازياً لوجهة الرياح الرطبة الهابة (تجاه السفوح).

3- نوعية الكتلة الهوائية التي تهب (بحرية أم قارية) ودرجة استقرارها.

4- مدى التعرض للاضطرابات الجوية الجبهية وللأعاصير المدارية.

وعلى ضوء ما تقدّم فإنه يمكن القول أن المناطق الوفيرة الأمطار على سطح الكرة الأرضية هي:

1- المنطقة الاستوائية، والأجزاء الشرقية من القارات في العروض المدارية التي تزيد أمطارها السنوية عن 1500مم.

2- الأجزاء الغربية من القارات الواقعة في العروض المعتدلة بين خطي عرض 40-60 شمالاً وجنوباً وأمطار سنوية تتجاوز 750 مم.

3- مناطق المناخ الموسمي في العالم (شرق وجنوب شرق آسيا) وغرب أفريقيا معدلها السنوي يزيد عن 150سم.

#### كما يمكن تحديد المناطق التالية القليلة الأمطار:

- 1- الصحاري المدارية وشبه المدارية الواقعة بين خطي عرض 20-35 شمالاً وجنوباً.
- 2- المنطقتان القطبيتان اللتان تتدنى الأمطار السنوية فيهما إلى القيم المعروفة في صحاري العروض المعتدلة وسبب جفافهما برودة الهواء الشديدة وقلة مقدرته على حمل بخار الماء.

#### 8- الاستمطار (الأمطار الصناعية):

يُقصد بالاستمطار هو أمطار السحب القابلة للإمطار، وذلك بتوليد حالات فوق الإشباع داخل السحب عن طريق حقن السحب ذات القطيرات المائية فوق المبردة بنويات فعالة تقوم مقام نويات التكاثف مثل الثلج الجاف المكون من بلورات ثاني أكسيد الكربون المبرّد إلى حوالي - 80 م وكذلك الهواء السائل ويود الفضة، مما يسبّب اختلالاً في مكونات السحب وزيادة محتوياته من قطيرات الماء بسبب تجمّع جزيئات بخار الماء حول نويات التكاثف مما يحفّز تكوين القطيرات المائية تمهيداً لسقوطها عند اختلال الاستقرار الجوي.

ومن الضروري معرفة مواصفات السحب، بالإضافة إلى تحديد الامتداد الأفقي للسحاب ومعرفة الامتداد الرأسي.

وكلما كانت قاعدة السحب الركامية قريبة من سطح الأرض وكان لونها قاتماً وكان امتدادها الرأسي كبيراً زادت فرصة سقوط المطر منه إذا تم حقنها بالثلج الجاف أو غيره.

وهكذا يتم اختيار أنواع السحب التي يمكن حقنها بنويات التكاثف وذلك باستخدام الطائرات أو بقذفها من الأرض بصواريخ تنفجر عند الارتفاعات المناسبة في السحب مخلفة أبخرة من المواد المحفّزة لتكوّن القطيرات المائية وقد تبيّن من التجارب المختلفة أنّ فعالية هذه الطريقة تتركز في الغيوم الداكنة السوداء، كذلك فإنّ عدالة التوزيع المطري غير محققة، ولا يمكن إجراء الاستمطار مالم تكن هناك غيوم سابحة في الجو.

ومن المفيد ذكره أنّ القطر العربي السوري ينفذ أعمال الاستمطار بالتأثير الفعّال على الغيوم صناعياً منذ عام 1991 من خلال مشروع الاستمطار الذي تغطّي أعماله كامل الأراضي السورية خلال الموسم المطري الممتد من تشرين الثاني وحتى أيار من كل موسم، وذلك بالتعاون مع الجانب الروسي، وقد نفذت وتنفذ العديد من الدول العربية تجارب ومشاريع استمطار (سورية، المغرب، ليبيا، الأردن والسعودية) لكنّ

السمة المشتركة التجارب أنَّها محدودة وتستخدم تقانات جاهزة دون التركيز على تطوير التقانات والأساليب العلمية بما يتوافق مع مواصفات الغيوم التي تتواجد في الدول العربية. ونشير إلى أنَّ فعالية الاستمطار وفق التقارير والدراسات تتراوح بين 5-20% من الهطولات الطبيعية وذلك حسب الطرق العلمية المستخدمة.

\_\_\_\_\_ انتهت المحاضرة الثامنة \_\_\_\_\_

-المرجع: المناخ والأرصاد الزراعية (جامعة البعث) ل: د. حسن شهاب و د. هيثم أحمد  
-بعض المعطيات والصور والمخططات من شبكة الانترنت (تاريخ الزيارة 2018/11/27)