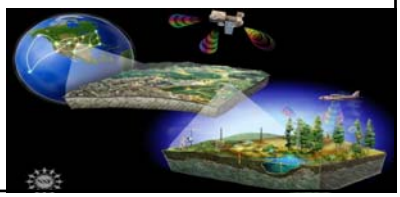
المناخ و الأرصاد الزراعية
المحاضرة الثامنة
الهطول

اعداد
د . قيس علي سلطان



2026

١- 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 ولذلك فإن الهطول هو العنصر المكمل لدورة الماء في الطبيعة .
- تحدث عملية الهطول من الغيوم نتيجة نمو مكونات الغيمة (قطرات مائية ، بلورات جليدية) حتى تبلغ قطر 0.2 – 0.1 مم و أكثر لا تستطيع بعده أن تبقى معلقة في الغلاف الجوي فتبدأ بالسقوط .

2

١- الهطول ونظريات الهطول

- السحب التي نراها سابحة في الجو هي مصدر جميع أشكال الهطول غير أنَّه كثيراً ما يتم الهطول من السحب نحو سطح الأرض دون أن يصل إليها.
- وإذا ما بلغها فإنَّه قد يطرأ عليه تحوّل 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.

3

٢- آلية نمو مكونات السحب وحدوث الهطول

- ليس بالضرورة أن يؤدّي التكاثف إلى الهطول، بل أحياناً كثيرة تتشكَّل السحب وتتبدَّد دون أن تؤدّي إلى هطولات والعكس صحيح.
- إنَّ هطول نواتج التكاثف من السحب يتعلَّق بحجم مكونات السحابة ووزنها، ومدى قدرة الهواء على حملها، ولكي يتم الهطول لابدَّ 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، تفسّر نمو قطرات الماء السريع على بلورات الجليد في السحب الباردة، والثانية، تفسّر نمو قطرات الماء المختلفة الأحجام في السحب الدافئة.

4

الأولى- 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 أنَّ 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 أنَّ ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح المائية أكبر ممَّا هو عليه فوق السطوح الجليدية وبصورة خاصة في المجال الحراري بين (-٥ْم إلى - ٢٥مْ).

5

الأولى- نظرية بيرجيرون (Bergeron Theory)

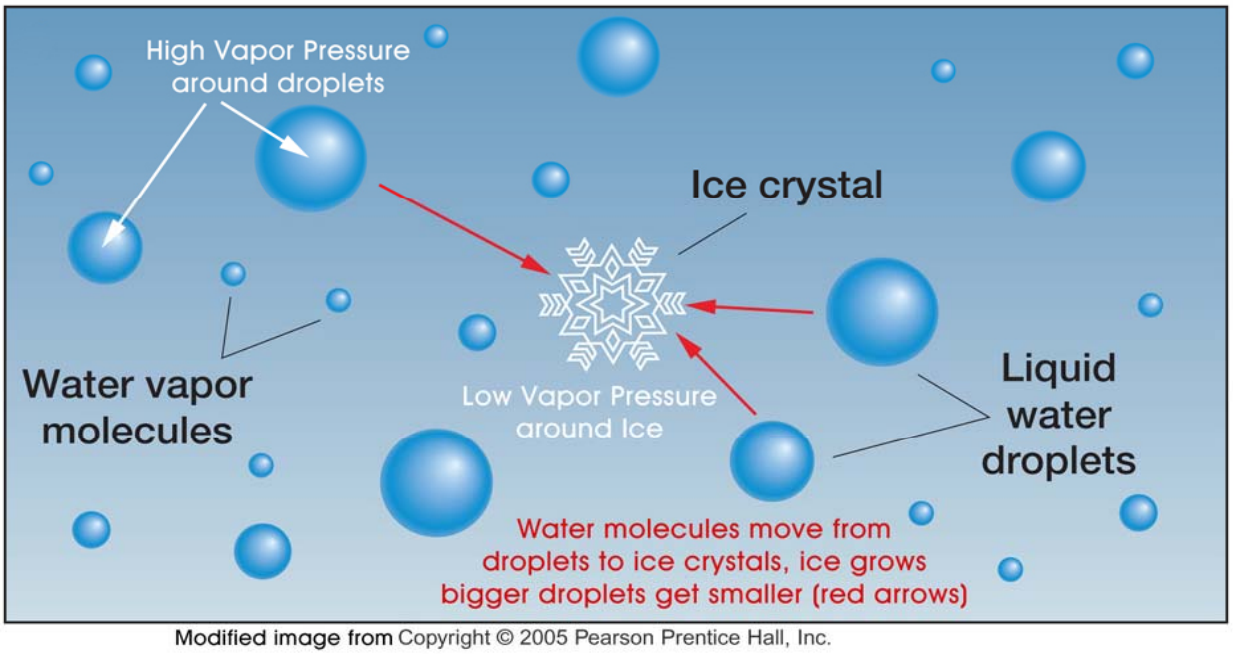
- إنَّ الهطول حسب نظرية بيرجيرون يحصل نتيجة وجود بلورات الجليد إلى جانب قطيرات الماء فوق المبرَّدة في الأجزاء الباردة من السحب التي تقل درجة حرارتها عن (-١٠مْ).
- ونظراً لفارق ضغط بخار الماء المشبع فوق السطوح الجليدية والمائية، فإنَّ بخار الماء الناتج عن التبخر من سطح قطيرات الماء ينتقل في حالته الغازية 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 أنَّ وجود نويات التكاثف ضروري لتشكل قطرات الماء، كما أنَّ نويات التجمد ضرورية لتشكل جزيئات الجليد عند درجات حرارة منخفضة جداً بين (- ١٥مْ إلى -٢٥مْ).
- وفي حال خلو السحب من التيارات الرأسية فإنَّ بلورات الجليد تبدأ بالحركة نحو الأسفل تحت تأثير وزنها، وتصطدم خلال الهبوط داخل السحب ببلورات الجليد التي هي أصغر منها حجماً وتتحوَّل إلى شرائح ثلجية.

6

الأولى- نظرية بيرجيرون (Bergeron Theory)

- أمَّا إذا اصطدمت خلال هذه الحركة بقطيرات الماء فوق المبردة فإنَّ بلورات الجليد تأخذ شكل البرد الهش نتيجة التجمد السريع المباشر لهذه القطيرات على هذه البلورات،
- وفي حال وجود تيارات دوامية داخل السحب فإنَّها تحمل هذه العناصر في سلسلة من الحركات الهابطة والصاعدة وتتحول الشرائح إلى بَرد.
- غير أن هذه النظرية لا تعطي تفسيراً لبعض الحقائق، إذ نجد أنَّ السحب الركامية فوق المحيطات المدارية تعطي مطراً غزيراً وهي على ارتفاع أكثر من ٢٠٠٠ م وقممها ذات درجات حرارة موجبة كذلك الحال في عروض المنطقة الوسطى فإنَّ الهطول الصيفي يأتي من السحب الركامية التي لاتصل درجة حرارتها إلى التجمد.

7



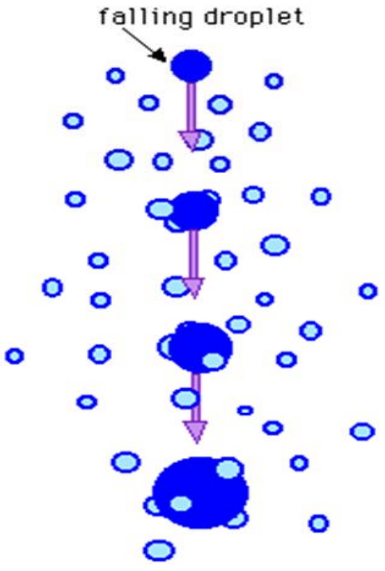
Modified image from Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

الثانية ـ نظرية التصادم والالتحام (Collision and coalesnce)

- لقد تبيَّن أن نظرية بيرجيرون غير قادرة على تفسير سبب نمو مكونات السحب الدافئة التي هي عبارة عن قطيرات مائية حرارتها فوق الصفر وبالتالي الأمطار الغزيرة الهاطلة منها.
- لقد أكد بعض العلماء، أنَّ 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 أيَّد 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 .

9

- 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



Droplet Growth
by
Collision – Coalescence

الثانية ـ نظرية التصادم والالتحام (Collision and coalesnce)

- والشرط الأساسي لحدوث التصادم ثم الالتحام في السحب الدافئة هو تواجد قطيرات من الماء متفاوتة الأحجام داخل السحابة نفسها، حتى تتهيأ الفرصة ليصطدم الكبير منها بالأصغر حجماً،
- وتؤدّي 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 أنَّه من الممكن أن تنمو البلورات الجليدية في السحب الباردة باصطدامها بالقطيرات فوق المبرودة.
- وتتضح عملية التصادم والالتحام في النمو السريع لسحب الركام المزني وخاصة في مراحلها الأولية.

11

٣ـ أشكال الهطول (Forms of precipitation)

- للهطول أشكال مختلفة، بعضها سائل، والأخر صلب، وفيما يلي وصف لأشكال الهطول وهي :
- **١ـ الرذاذ (Drizzle):**

هطول بصورة قطيرات مائية دقيقة لا يتجاوز قطرها ٥٠٠ ميكرون، يهطل الرذاذ من السحب الطبقية بكميات قليلة لا يتجاوز معدّلها ١ مم/سا

- **٢ـ المطر (Rain):**

هطول سائل يزيد قطر قطيراته المائية عن ٥٠٠ ميكرون وتهطل الأمطار بشكل عام من السحب المزنية الطبقية المتوسطة ومن سحب الركام المزني بشكل زخات عنيفة.

12

٣- أشكال الهطول (Forms of precipitation)

٣- الثلج (Snow):

- هطول صلب على شكل بلورات جليدية ذات مظهر نجمي سداسي لا يزيد قطرها عن ٥.٢سم،
- ويتكوَّن الثلج نتيجة لانخفاض درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة التجمد فتتحوَّل القطرات المائية إلى بلورات رقيقة من الثلج ، وتسقط نحو سطح الأرض في حال عجز الهواء عن حملها .
- هناك ترابط بين هطول الثلج وانخفاض درجة الحرارة والدليل على ذلك هو تمركُّز 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 والمزني الطبقي يحدث ترسب جزء من بخار الماء الموجود فيها فوق نويات التجمد على شكل بلورات جليدية تسقط نحو الأرض عندما تصبح أثقل من الهواء الذي يحملها .

٣- أشكال الهطول (Forms of precipitation)

٣- الثلج (Snow):

- ويشترط عند تساقط الثلج أن تكون درجة الحرارة الهواء ما دون مستوى قاعدة الغيمة و سطح الأرض لا تزيد عن 4 مº وكلما كانت درجة الحرارة أخفض كانت فرص احتمال هطول الثلج أكبر، لذا نجد أن العواصف الثلجية في بلادنا تقترن بالجبهات الهوائية الباردة .
- ويتعرَّض الثلج أحياناً أثناء هطوله إلى ذوبان جزئي أو كلي وهذا يتوقَّف على درجة حرارة الطبقة الهوائية الفاصلة بين السحب المثلجة وسطح الأرض، فإذا كانت درجة الحرارة أعلى بكثير من درجة التجمد حدث ذوبان كلي للثلج متحولاً إلى مطر، أمَّا إذا كانت درجة الحرارة قريبة من درجة التجمد فإنه يتعرض لذوبان جزئي فيهطل على شكل ثلج ممزوج .

٣- أشكال الهطول (Forms of precipitation)

٤- البرد (Hail):

- هطول صلب على شكل كرات جليدية، تكون الواحدة عادة بحجم حبات الخرز(٠.٥ سم)غير أنَّه كثيراً ما تسقط حبات من البرد وقطرها أكثر من ١٠ سم ووزنها حوالي ٥٠٠غ.
- تعتبر **غيوم الركام المزني** 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 وجزيئات جليدية في قطاعها العلوي.
- تنشأ داخل هذه الغيوم تيارات صاعدة تحمل قطيرات الماء المبردة وغير المبردة إلى ارتفاعات شاهقة، تبلغ درجة الحرارة عندها حوالي – ٤٠مْ 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.

15

Figure H2 Photograph of the largest officially recognized hailstone
to fall in the United States (© National Center for Atmospheric Research/University Corporation for Atmospheric Research/National Science Foundation; used with permission).

16

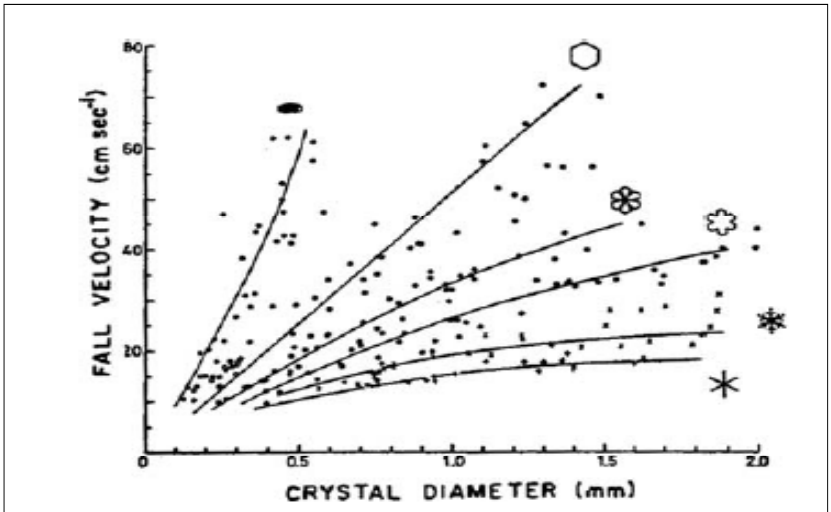


Figure P11 Variation with size of observed terminal fall velocities (symbols) and velocities computed from drag data (lines) for ice crystals of various shapes, −10°C, 1000 mb (from Pruppacher and Klett, 1997).

17

٣- أشكال الهطول (Forms of precipitation)

- تمتاز حبات البرد ببنية طبقية تتكون من عدة طبقات متعاقبة من جليد شفاف و غير شفاف أو نصف شفاف . وتعود هذه البنية الطبقية الى الفروق في معدل تراكم قطرات الماء فوق المبردة و تجمدها على بلورات الجليد .
- إنَّ تشكُّل البرد وسقوطه يتطلب نشاطاً كبيراً في التيارات الصاعدة واحتواء غيوم الركام المزني على مكونات مختلفة، فضمن مناطق محددة من الغيوم الركامية المزنية المتصفة بنشاط شديد في تياراتها الصاعدة مما يجعلها تقوى على حمل قطرات الماء المبردة و غير المبردة الى ارتفاعات شاهقة من الغيوم ذات حرارة منخفضة جداً قد تصل الى – 30 م° و حتى - 50 م° مما يسمح لتلك القطرات السائلة بالتجمد على بلورات الجليد متحولة الى حبات برد .
- من النادر أن يهطل البرد في المناطق القطبية الباردة والمدارية الحارة وأكثر مناطق هطوله بين خطي عرض 30- 60 شمالاً وجنوباً.
- أمَّا في حوض المتوسط فإنَّ سقوط البرد يتركَّز في فصل الشتاء مرافقاً للجبهات الباردة الشديدة الفعالية وخاصةً في شهر شباط.
- كما يكثر هطوله في فصل الربيع مقترناً بالتيارات الهوائية الحملانية ، وأكثر أوقات حدوثه في ساعات بعد الظهيرة.

18

٣- أشكال الهطول (Forms of precipitation)

توجد محاولات في كثير من البلدان لمكافحة حدوث البرد باستخدام بعض الوسائل ومن أهمها :

١- استخدام صواريخ مضادة للبرَد ومتفجرة، حيث تقذف الصواريخ من الأرض فتعمل على تمزيق الدورات التي تغذي تشكُّل البرد.

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

19

٤- نماذج الهطول

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

- النموذج الحملاني .
- النموذج الجبهي .
- النموذج التضاريسي .

20

٤- نماذج الهطول
آ- النموذج الحملاني (Convectional Type):

تهطل الأمطار في هذا النموذج نتيجة التسخين الشديد لسطح الأرض وهذا يؤدّي إلى ارتفاع الهواء الرطب على شكل تيارات صاعدة، متكثفاً بخار مائه ومشكّلاً سحب الركام والركام المزني التي تنهمر منها الأمطار بغزارة، وتتوقف غزارة الأمطار على عدة عوامل من أهمها:

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

٢- كمية بخار الماء المحمولة : فإذا كانت كمية بخار الماء المتصاعد منخفضة فإنَّ ذلك لا يؤدّي إلى تشكل السحب الممطرة ويحدث بدلاً من ذلك إثارة الأتربة والغبار كما يحدث في الصحاري.

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

21

٤- نماذج الهطول
آ- النموذج الحملاني (Convectional Type):

٤- 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 البقعي 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 كم٢ وهو يعقب التسخين الشمسي الشديد لبعض بقع سطح الأرض بخاصة في فصل الصيف، ويقترن هطول المطر بحدوث عواصف رعدية وأحياناً هطول البرد.

22

٤- نماذج الهطول
آ- النموذج الحملاني (Convectional Type):

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 وبعرض عشرات الكيلومترات ويدوم لعدة ساعات (١-٣ ساعة) .

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

23

٤ - نماذج الهطول
ب– النموذج الجبهي (Frontal Type):

- يحدث هذا النوع من الهطول في الأماكن التي يتم فيها تلاقي وتقابل الكتل الهوائية المتباينة في صفاتها من حيث درجة الحرارة والرطوبة بزاوية حادة.
- وهذا يؤدّي 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 تتحدَّد صفات 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 ٦-١٢ ساعة.
- يغلب هذا النموذج من الهطول على المناطق الواقعة بين خطي عرض 30 - 60 شمالاً وجنوباً وخاصة في نصف السنة الشتوي.

24

٤ - نماذج الهطول
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 اصطدامية بالحاجز الجبلي ، ويمكن للجبال أن تؤثّر على الهطول بالطرق التالية:

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

٢- تزيد الجبال من فاعلية الهطول الجبهي ومدته ، لأنَّها تقلّل من سرعة حركة الجبهات والمنخفضات الجوية، وهذا يزيد من مدة الهطول .

25

٤ - نماذج الهطول
ج – النموذج التضاريسي (Orographie Type):

٣- تعمل على إحداث تجمُّع للهواء في الأودية والأحواض الجبلية مما ينشّط من عدم استقراره وارتفاعه للأعلى وبصورة عامة فإنَّ 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 حمولتها على السفوح المواجهة. مثال على ذلك الأمطار الغزيرة التي تهطل على السفوح الغربية المواجهة للبحر في القطر العربي السوري أمَّا السفوح الشرقية المطلة على سهل الغاب فهي تتلقى كميات أقل من الهطول لأنه في منطقة الظل المطري.

26

٥ - التوزع اليومي للهطولات

- في حالة الأمطار الجبهية لا يمكن الحديث عن نظام يومي محدد للهطول، إذ أنَّه من الممكن أن تسجَّل أكبر كمية هطول يومية في أي ساعة من ساعات اليوم حسب موعد وصول الجبهتين الحارة والباردة ونشاط وفعالية الجبهة الباردة .
- بينما يسلك منحنى الأمطار يومياً نظاماً محدداً في حال كون نموذج الهطول من النوع الحملاني.
- في (النظام القاري) يتمَّيز منحنى الهطول اليومي بوجود نهايتين عظيمتين للهطول مطريتين أولهما في ساعات بعد الظهيرة (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) .

27

٥ - التوزع اليومي للهطولات

- أمَّا في المناطق البحرية (النظام البحري) يُميَّز في منحنى 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.

28

٦ - التوزع السنوي للهطول و النظم المطرية

- كما هو معلوم إنَّ 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 توفُّر العوامل المؤدِّية للهطول، واستناداً إلى التركيز الشهري والفصلي للأمطار السنوية يمكن تمييز عدة نظم مطرية سنوية على سطح الكرة الأرضية :

١- النظام الاستوائي :

- يسود هذا النظام حتى خط العرض 10º شمالاً وجنوباً ، ويتميز باستمرار الهطول على مدار السنة لأن أشعة الشمس هي دوماً شبه عموديه على هذه المناطق وتتراوح كمية الأمطار السنوية في المناطق الخاضعة لهذا النظام بين 1500 – 2500 مم/سنة.

29

٦ - التوزع السنوي للهطول و النظم المطرية

٢ -النظام المداري القاري :

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

٣- النظام المداري البحري :

يشبه النظام الاستوائي من حيث استمرارية الهطولات على مدار السنة ، إلا أنَّ نموذج الهطول مختلف فالهطولات الصيفية هي ذات طبيعة حملانيه ، بينما الهطولات الشتوي تسببّها الرياح التجارية البحرية الرطبة ، غير أنَّ الهطول الأعظمي يتركَّز في فصل الصيف ، ويتراوح معدل الأمطار السنوي بين 1000 - 2000 مم/سنة .

٤- النظام المداري الموسمي:

تهطل الغالبية العظمى من أمطاره في فصل الصيف بسبب الرياح الموسمية الصيفية الجنوبية ، يتراوح معدَّل أمطاره السنوية بين 1000- 3000 مم / سنة .

30

٦ - التوزع السنوي للهطول و النظم المطرية

٥- النظام المتوسطي :

نظام الأمطار السائد في غربي القارات من العروض المعتدلة الدافئة بين خطي عرض 30º - 40º شمالاً وجنوباً كما هو الحال في حوض المتوسط حيث يتميز هذا النظام بشتاء ماطر وصيف جاف وأمطاره من النموذج الجبهي.

٦- نظام شرق القارات (النظام الصيني) :

يتميَّز بأنَّ 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 الشرقية ، و جنوب شرق الولايات المتحدة و شرق أستراليا .

31

٦ - التوزع السنوي للهطول و النظم المطرية

٧- نظام غرب أوروبا:

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

٨- النظام القاري المعتدل:

نظام هطول مطري سنوي في داخل القارات في العروض المعتدلة الباردة (شرق أوروبا و وسطها ، سهول أمريكا الشمالية و الوسطى) . يتميز بهطول دائم مع اعظمي مطري في أواخر الربيع والصيف واصغري مطري في الخريف والشتاء .

32

٦ - التوزع السنوي للهطول و النظم المطرية

٩- النظام الصحراوي :

أمطاره السنوية قليلة حيث لا يزيد معدلها عن 250 مم وإن كان يتدنى إلى ما دون 50 مم في أحيان كثيرة . و هذه الكمية المحدودة من الهطولات لا تخضع لنظام معين و ثابت ، إنما يختلف وقت حدوثها تبعاً لموقع الصحراء من النظام المطري السائد حولها . و قد تتوقف الأمطار لعدة سنوات في الصحراء و تهطل أمطار عاصفية أحياناً .

١٠- النظام القطبي :

نتيجة لسيطرة الضغوط المرتفعة فوق المناطق القطبية فترة طويلة من السنة فإن التهطال فيها قليل، مع نهاية عظمى في الصيف وصغرى في الشتاء فوق اليابسة ، و العكس فوق المناطق البحرية .

33

٧ - التوزع الجغرافي للهطول المطري و العوامل المؤثرة عليه

إنَّ كمية الأمطار تختلف اختلافا كبيراً بين منطقة وأخرى وهذا دليل على الأحوال الجوية المتباينة ، والذي يحدّد كمية الأمطار وشدتها أمران رئيسيان هما وفرة بخار الماء وشدة حركة الصعود الهوائية وهناك مجموعة من العوامل تتحكم في توزيع الأمطار الهاطلة سنوياً على سطح الأرض وأهم هذه العوامل:

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

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

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

٤- مدى التعرض للاضطرابات الجوية الجبهية وللأعاصير المدارية.

34

٧ - التوزع الجغرافي للهطول المطري و العوامل المؤثرة عليه

على ضوء ما تقدَّم فإنَّه يمكن القول أنَّ المناطق الوفيرة الأمطار على سطح الكرة الأرضية هي :

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

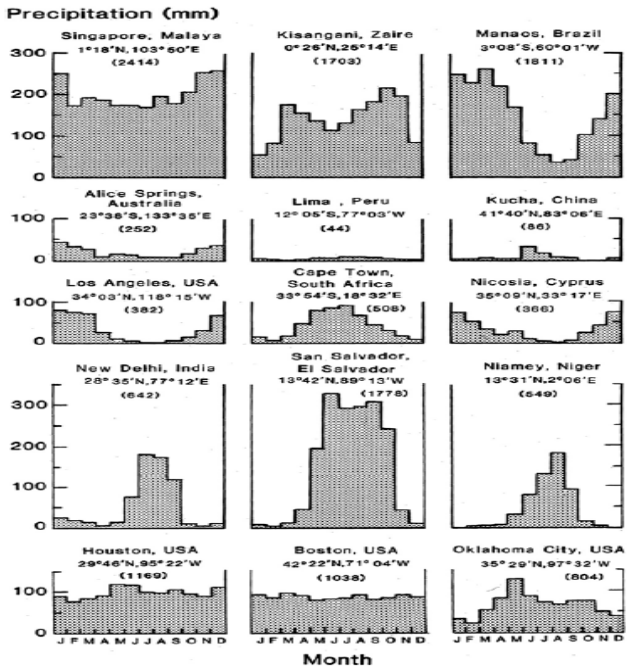
٢- الأجزاء الغربية من القارات الواقعة في العروض المعتدلة بين خطي عرض 40º - 60º شمالاً وجنوباً وأمطار سنوية تتجاوز 750 مم .

٣- مناطق المناخ الموسمي في العالم (شرق وجنوب شرق آسيا) وغرب أفريقيا .

كما يمكن تحديد المناطق التالية القليلة الأمطار :

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

35



36

Figure P14 Seasonal precipitation distribution at selected groups of stations.

الجدول التالي يبين توزع الأمطار الشهرية و السنوية بالمم للأنظمة المطرية المختلفة

والجدول رقم (17) يبين توزع الامطار الشهرية والسنوية بالمم للانظمة المطرية المختلفة :

نظام المطر	كانون١	تشرين٢	تشرين١	ايلول	آب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	آذار	شباط	كانون٢	السنة
الاستوائي	160	270	620	480	230	250	470	430	220	250	140	65	3585
المداري القاري	-	-	19	77	145	121	33	20	3	-	-	-	418
المداري البحري	64	72	182	167	108	93	130	156	53	54	36	51	1167
المداري الموسمي	2	21	88	297	419	709	520	16	3	-	1	2	2078
المتوسطي	160	140	42	8	-	-	1	20	46	102	147	202	868
شرق القارات	17	46	33	364	415	286	479	332	133	70	60	30	2265
غرب أوروبا	150	138	104	87	80	62	56	68	69	83	96	133	1126
القاري	44	52	55	42	43	59	90	71	55	37	31	42	622
صحراوي	-	-	4	27	72	48	7	5	1	-	-	-	164
قطبي	25	13	13	8	10	2.5	2.5	2.0	5	8	5	15	109.5

37

٨- 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 فعَّالة تقوم مقام نويات التكاثف مثل الثلج الجاف المكون من بلورات ثاني أوكسيد الكربون المبرد إلى حوالي – 80 °م تحت الصفر .
- وكذلك الهواء السائل ويود الفضة ، مما يسبّب اختلالاً في مكونات السحب وزيادة محتوياته من قطيرات الماء بسبب تجمُّع 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.

38

٨- الاستمطار (الأمطار الصناعية)

- وهكذا يتم اختيار أنواع السحب التي يمكن حقنها بنويات التكاثف وذلك باستخدام الطائرات أو بقذفها من الأرض بصواريخ تنفجر عند الارتفاعات المناسبة في السحب مخلّفةً أبخرة من المواد المحفِّزة لتكوين القطيرات المائية .
- وقد تبيَّن من التجارب المختلفة أنَّ فعالية هذه الطريقة تتركَّز في الغيوم الداكنة السوداء، كذلك فإنَّ عدالة التوزيع المطري غير محققة ، ولا يمكن إجراء الاستمطار ما لم تكن هناك غيوم سابحة في الجو.
- ونشير إلى أنَّ فعالية الاستمطار وفق التقارير والدراسات تتراوح بين 5 - 20 % من الهطولات الطبيعية وذلك حسب الطرق العلمية المستخدمة .

39

كميات الهطول (مم) اللازمة لإنتاج محصول إقتصادي لأهم المحاصيل الحقلية في سوريا

المحصول	الهطول الادنى للإنتاج	الهطول الأعلى للإنتاج	المحصول	الهطول الادنى للإنتاج	الهطول الأعلى للإنتاج
شعير عربي	١٨٥	٥٠٠	بطاطا	٥٥٠	١٠٠٠
قمح	٢٠٠	٥٠٠	شوندر سكري	٥٥٠	١٠٠٠
عدس	٣٠٠	٦٠٠	فصة	٦٠٠	١٢٠٠
حمص	٤٠٠	٧٠٠	بطيخ احمر	٣٥٠	٦٠٠
فول حقلي	٤٥٠	١٠٠٠	دخان	٤٠٠	١٠٠٠
فول صويا	٥٠٠	١٠٠٠	البرسيم الأبيض	٨٠٠	١٤٠٠
عباد الشمس	٤٠٠	٨٠٠	كزبرة	٤١٠	٦٥٠
ذرة بيضاء حبية	٤٢٥	١٠٠٠	شمرة	٤٢٥	٦٥٠
ذرة أمريكية	٨٠٠	١٤٠٠	حبة البركة	٤٠٠	٦٠٠

40