

مقرّر الأرصاد الجوية والمناخ الزراعي
المحاضرة النظرية الخامسة 2018/11/7

- الصقيع Frost
- الضغط الجوي Atmospheric pressure

1- الصقيع Frost:

عرّفت منظمة الأرصاد الجوية العالمية (WMO) الصقيع بأنه تدني درجة الحرارة بالقرب من سطح الأرض وعلى ارتفاع ما بين 5 سم إلى ارتفاع مترين إلى ما دون الصفر المئوي، سواءً تكونت بلورات جليدية أم لم تتكون وتؤثر تأثيراً سلباً على المزروعات وتؤدي إلى تلفها.

يُعتبر الصقيع من المظاهر المائية الجوية الدالة على انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون نقطة التجمد. وهو عبارة عن ظاهرة مناخية خطيرة تهدد الإنتاج الزراعي، وليس له ميعاد ثابت أو مؤكد ودرجات شدته متفاوتة من سنة لأخرى، وبالتالي يوجد صعوبة في أمور التحكم فيه. ولذلك تحسب فترة النمو للمزروعات على أساس الفترة الخالية من الصقيع. وهناك ثلاثة أنواع من الصقيع:

أ- الصقيع الأبيض:

سمي بذلك نظراً لما يتركه من بلورات ثلجية على أوراق النباتات وأفرعها والأسطح التي يلامسها. ويمثله الصقيع الذي يحدث في الليالي الصافية والساكنة الرياح ذات الجو الجاف حيث الرطوبة النسبية فيها منخفضة فتظهر البلورات الثلجية بمجرد انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي، كما هو واضح في الشكل رقم (1).

ويُطلق أيضاً على هذا النوع من الصقيع اسم الصقيع الإشعاعي للأشعة الناتجة عن النشاطات اليومية لدرجة الحرارة. وتتوقف شدته على التباين الحراري الكبير بين درجة حرارة النهار والليل، وتزداد خطورته مع تزايد هذا الفرق.

ويحدث هذا النوع من الصقيع في فصل الربيع، ولذلك يطلق عليه الصقيع الربيعي أي من نهاية شباط وحتى نهاية نيسان تبعاً للتفاوت البيئي في البلاد. ويرافق هذا النوع من الصقيع المرتفعات الجوية التي تمتاز بصفاء الجو واستقراره مع وجود الهواء البارد قليل الرطوبة أو الجاف، وقد يرافقه الانقلاب الحراري في الجو.



الشكل رقم (1) تأثير الصقيع الأبيض على بعض النباتات

ب- الصقيع الأسود:

يأتي هذا النوع من الصقيع مع توافد الكتل الهوائية الباردة، وترافقه الرياح وتنخفض درجة الحرارة إلى ما دون (0) درجة مئوية. وإنَّ الرياح الشديدة البرودة هي الأساس في قساوة هذا النوع من الصقيع على النباتات والزراعات القائمة. وإنَّ الفترة التي يستمر فيها هذا النوع والانخفاض يتوقف عليها درجات الضرر والتأثير.

وقد سميَّ بالصقيع الأسود نظراً لما يتركه من لون أسود على الأعضاء النباتية التي أصابها بعد مروره. كما هو واضح في الشكل رقم (2)، ويقع هذا الصقيع في الشتاء ويطلق عليه (الصقيع الشتوي)، عندما يكون شديداً لا تنفع معه المقاومة. ولحسن الحظ تكون الأشجار والنباتات المعمرة في حالة سكون وقت قدومه. وتتأثر فقط الأشجار دائمة الخضرة وخاصة الزيتون كما حدث في صقيع 1973 في أقصى حلب.

وعندما تكون الرياح المرافقة خفيفة تقلَّ نسبة الأضرار التي يحدثها وعندئذٍ يمكن التدخل والتخفيف من ضرره. وقد يؤثر هذا الصقيع على التربة فيفتتها ويشققها ويؤثر في المجموع الجذري بدرجة أساسية.



الشكل رقم (2) تأثير الصقيع الأسود على النباتات

ج- الصقيع المختلط:

وهو الصقيع الناتج عن كتلتين هوائيتين مختلفتين وتشكل الصقيع اليومي من النوع الأول ويحدث في فصل الخريف ولذلك يطلق عليه أيضاً (الصقيع الخريفي). وتكون خطورته في قدومه مبكراً. وقد أدى الصقيع الخريفي في الغاب إلى خسارة كبيرة حيث أثر على الأقطان المزروعة بصورة مبكرة (4-8) تشرين الأول.

ملاحظة: لا توجد حدود فاصلة بين أنواع الصقيع ولكنها ذكرت للتمايز أولاً وللطابع الغالب عليها ثانياً.

2- عتبة المقاومة:

إن مستوى عتبة المقاومة يتعلّق بالحالة الفيزيولوجية وبشروط البرودة أي انخفاض الحرارة. فمثلاً أزهار التفاح يصيبها الصقيع في سنة على درجة (-2) م، وفي سنة أخرى على درجة (-3) م حيث أنّ نمط الصقيع ليس واحداً في كل سنة كما وأن سرعة النمو مختلفة وكذلك قد تكون ظروف التغذية متفاوتة. ويوضّح الجدول رقم (1) درجات خطورة الصقيع ويظهر لنا أن عتبة الصقيع تبدأ دائماً تحت الصفر خصوصاً وأن أغلب أنواع الفاكهة والخضراوات تتأثر ما بين الدرجتين (-1 حتى -6) م. وتختلف درجات الصقيع من محصول إلى آخر اختلافاً بيئياً، وكذلك نوعية تأثيرها على الثمار الصغيرة والثمار العاقدة أو العاقدة حديثاً فالأزهار فالبراعم الزهرية.

وتُستعمل نماذج مختلفة من المزدوجات الحرارية ومقياس الرطوبة وأجهزة التنبؤ عن لحظة وقوع الصقيع. وقد تمتد في حالات الإصابة الشديدة إلى الأوراق والأغصان الصغيرة التي هي على درجة كبيرة من المقاومة ضد أي تأثير.

جدول (1) عتبة المقاومة لصقيع بعض المزروعات والأشجار المثمرة (درجة مئوية)

المحصول	الثمار	الأزهار	البراعم الزهرية
المشمش	1-	2-	2.5-
التفاح	2-	2-	3.5-
الدراق	1.1-	2-	3.5-
الكرز	1-	2.2-	2.2
العنب	2-	2.5-	3-
القطن	1-	2-	2-
البطاطا	1-		

وتبيّن نتيجة لدراسات حقلية مخبرية متواصلة أنّه من الصعب تحديد عتبة الصقيع بشكل دقيق، وأنّه حتى الآن تعتمد على التجربة ولم تحدّد بصورة جلية واضحة. ولكن يمكننا القول بأنّه يجب التحضير للصقيع، وأن تكون الأجهزة على أهبة الاستعداد، وإذا وصلت درجة الحرارة إلى -1°C واستمرت لأكثر من نصف ساعة فيجب أن يبدأ بالمقاومة حتى يمكن الوصول إلى درجة الحرارة المنخفضة بأقصى سرعة ممكنة.

3- الضغط الجوي Atmospheric pressure

توجد المادة بشكل صلب أو سائل أو غازي. فالغازات تستطيع أن تتمدّد أو تتضغط بسهولة بخلاف الحالة الصلبة والسائلة. وهذه الميزة للغازات هامة جداً لبعض العمليات الجوية كتشكّل العواصف الرعدية Thunderstorms. ومن الخواص الهامة للغازات المكان الذي يشغله عدد محدد من جزيئات الغاز. فمثلاً يوجد حوالي 10×25^{18} جزيئة هواء في كل سم² عند مستوى سطح البحر (أي حوالي حجم رأس الإصبع الصغير فوق قاعدة الظفر). والوزن الكلي للجزيئات في وحدة الحجم عبارة عن الكثافة density. حيث 1 سم³ من الهواء عند مستوى سطح البحر كتلته تساوي 1.2×10^{-3} غرام أي كثافته تساوي 1.2×10^{-3} غ/سم³.

ويُعتبر الضغط الخاصة الحجمية الثانية للغازات. ويُحدّد الضغط كقوة تمارس على وحدة المساحة على أي سطح مستو، واتجاه السطح لا يؤثر على هذا الضغط. والضغط الممارس كلية في الغلاف الجوي الذي لا تحجزه جدران خارجية في أي اتجاه ينشأ عن وزن الهواء بضغط من الأعلى إلى الأسفل بفعل الجاذبية الأرضية.

نستنتج مما سبق أنّ للهواء وزناً وأنّ الضغط الجوي هو القوة التي يضغط بها الهواء على وحدة المساحة. وللجاذبية الأرضية تأثير على الغلاف الجوي الذي يدور مع الأرض ويرتبط بها. والقوة هي عبارة عن عدد وسرعة جزيئات الهواء التي تصطدم بسطح ما، فعندما يزداد ضغط الهواء يزداد عدد الجزيئات التي توجد في حجم معين من هذا الهواء، وعندما ينخفض الضغط فإنّ جزيئات أقل توجد في نفس الحجم.

ويمكن تعريف الضغط الجوي بأنّه: "القوة المؤثرة على وحدة مساحة السطح المعرض لهذا الضغط نتيجة تصادم جزيئات الهواء بصورة عمودية عليه". وبمعنى آخر هو: "وزن عمود من الهواء يمتد من سطح الأرض وحتى طبقات الجو العليا على أساس انعدام التيارات الصاعدة أو النازلة في الجو". ويقاس الضغط الجوي بوحدات الطول كالمم أو السم حيث يقارن مع عمود من الزئبق أو الماء بضغط على نفس السطح. ولتتطابق الوحدات مع تعريف الضغط استعملت وحدات البار "Bar" وهو الضغط

الناتج عن وزن الهواء الجوي على سم² واحد. ونظراً لصغر التغيرات في الضغط الجوي فلقد قُسم البار إلى وحدات المليبار "Millibar" حيث أن كل بار واحد يساوي ألف مليبار. ويطلق على الضغط الجوي عند سطح البحر ودرجة حرارة 15 م وخط عرض 45 اصطلاح الضغط الجوي القياسي، ويساوي 1013.2 مليبار، أو 760 مم زئبق، أو 1033 سم ماء. ويمكن تحويل وحدات المليبار إلى مم زئبق بسهولة حيث أن كل مليبار يعادل 0.75 مم زئبق. وبسبب تغير الضغط الجوي تتشكّل الظواهر الجوية كالرياح والسحب وأنواع الهطول. ولذلك يعدّ الضغط الجوي عاملاً رئيسياً من عوامل المناخ بالرغم من كونه عنصراً يقل أهمية عن الحرارة والهطول.

3-1- العوامل المؤثرة في تغيرات الضغط الجوي:

يتغير الضغط الجوي بالزيادة أو النقصان تبعاً للعامل المؤثر ودرجات التأثير. وبالتالي يؤثر على الضغط الجوي مجموعة من العوامل تجعله متغيراً، وأهم هذه العوامل المؤثرة في تغيرات الضغط الجوي الآتي:

أ- الارتفاع عن سطح البحر:

ينخفض الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن سطح البحر، ويزداد بزيادة الانخفاض عن سطح البحر. حيث يبلغ متوسط الضغط الجوي على سطح البحر 1013 مليبار وعلى ارتفاع 1.5 كم فوق سطح البحر 850 مليبار وعلى ارتفاع 3 كم = 700 مليبار وارتفاع 6 كم = 500 مليبار وارتفاع 10 كم = 300 مليبار. ويلاحظ أنّ معدل تناقص الضغط الجوي مع الارتفاع ليس ثابتاً بل يتوقف على درجة الحرارة والرياح وكثافة الهواء. ويبيّن الشكل (3) أنّ الضغط يتغير مع الارتفاع. حيث ينخفض بمقدار مليبار واحد لكل 10 متر في الكيلومترات الدنيا القليلة. وبسبب قابلية الهواء للانضغاط فإن الضغط ينخفض مع الارتفاع ويصبح أبطأ في الارتفاعات الكبيرة.

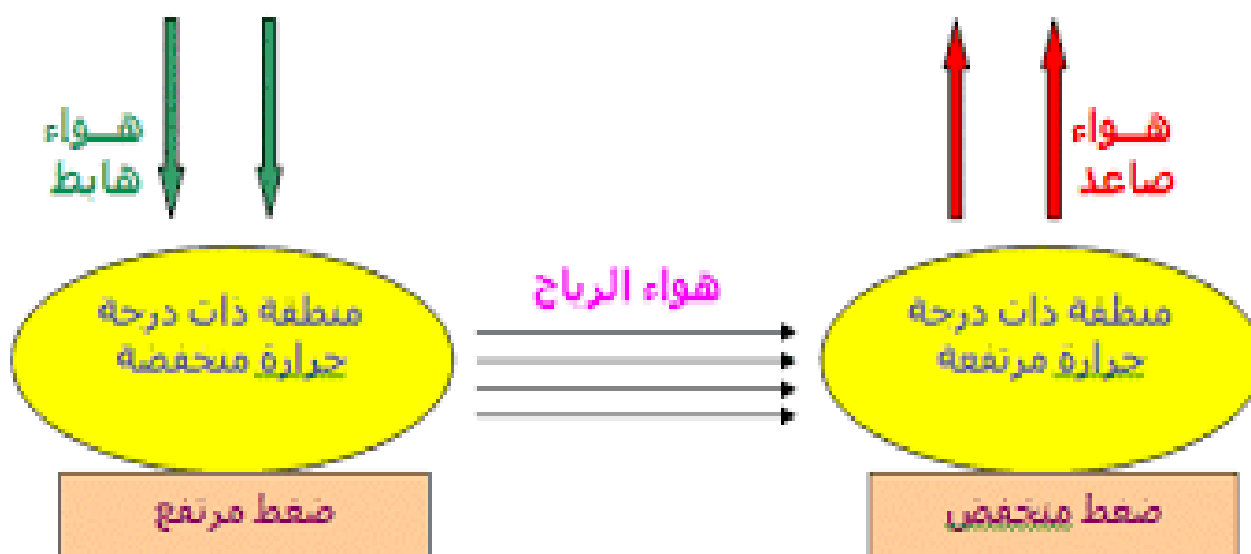


الشكل رقم (3) اختلاف الضغط مع الارتفاع

ونلاحظ أيضاً أنَّ الضغط يتغير أفقياً ولكن أقل بكثير من التغيرات الشاقولية (التغير مع الارتفاع). ونادراً ما يتجاوز تغير الضغط أفقياً (مع المسافة) 3 مليبار/100 كم أو أقل من ذلك عند مستوى البحر. إذاً الاختلافات الأفقية للضغط تكون صغيرة وهي مسؤولة عن الرياح. والتغيرات في الضغط على طول أي سطح أفقي (مثلاً مستوى البحر) يجب أن تزداد خلال التغيرات في حجم الغلاف الجوي بشكل وسطي، لأنَّ الضغط يُقاس بالوزن على وحدة المساحة في الغلاف الجوي، أي يجب أن تكون الجزيئات في عمود الهواء فوق نقطة ذات ضغط عال أكثر من عمود الهواء فوق نقطة حيث الضغط منخفض.

ب- الحرارة:

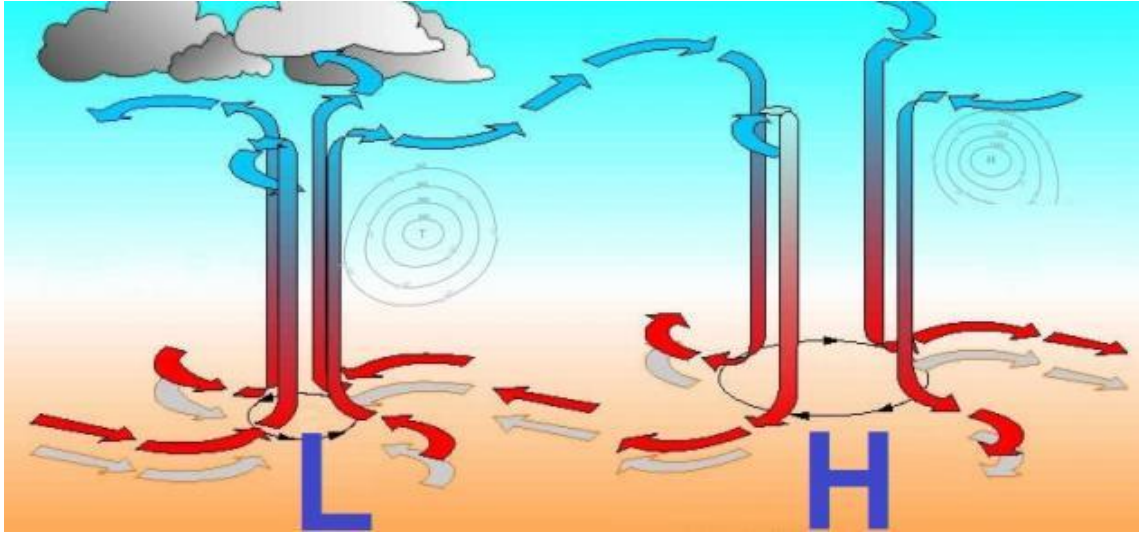
يختلف الضغط الجوي من مكان لآخر نتيجة لاختلاف درجة الحرارة، وبذلك تعتبر درجة الحرارة أهم العوامل المؤثرة على تغير الضغط الجوي. فإذا سخن الهواء تمدد وخف وزنه وزاد حجمه وقلت كثافته، وبالتالي يخف الضغط الناتج عنه، وينتج عن ذلك أنَّ كل منطقة حارة هي ذات ضغط جوي منخفض، وكل منطقة باردة هي منطقة كثيفة الهواء وذات ضغط جوي مرتفع، كما في الشكل رقم (4).



الشكل رقم (4) تأثير درجة الحرارة على الضغط الجوي

ج- الرطوبة:

يزداد الضغط الجوي في الجو الجاف ويقل في الجو المشبع بالرطوبة أي ببخار الماء. وتفسير ذلك يعود إلى أنَّ كثافة الهواء الجاف أكبر من كثافة الهواء الرطب المحمل ببخار الماء. فبخار الماء إذاً أخف من الهواء الجوي العادي وهو أخف من الهواء في الطبقات الجوية السفلية، وكلما ازدادت نسبته في هذا الهواء أدت لانخفاض الضغط، الشكل رقم (5).

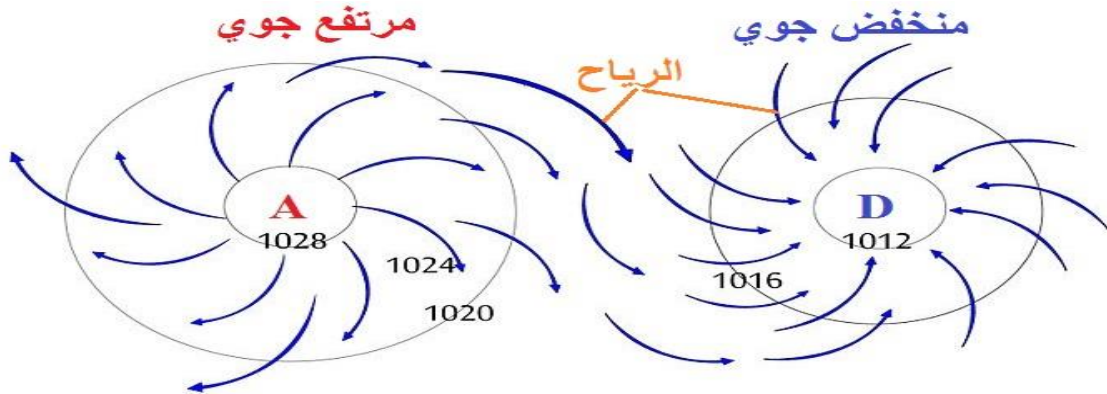


الشكل رقم (5) تأثير الرطوبة على الضغط الجوي

د - اليابسة والمحيطات:

يزداد الضغط الجوي فوق سطح اليابسة في الشتاء وينخفض في الصيف بينما يزداد فوق المسطحات المائية في الصيف وينخفض في الشتاء. وسبب هذا التباين إلى أن سطح الأرض يكتسب الحرارة ويمتصها بسرعة فيسخن ويفقدها بسرعة فيبرد، في الوقت الذي تكون فيه المسطحات المائية على نقيض ذلك إذ تكتسب الحرارة وتمتصها ببطء ولذلك فهي تسخن ببطء وتفقد حرارتها ببطء وبالتالي تبرد ببطء.

وتمثل هذه الحالة التغيرات الفصلية أو السنوية للضغط الجوي. فعندما يحل البرد محلّ الحر في منطقة ما نتيجة الانتقال من فصل لآخر، تتحوّل المنطقة من مركز ضغط منخفض إلى مركز ضغط جوي مرتفع كما هي الحال في منطقة وسط آسيا حيث تكون هذه المنطقة مركز ضغط جوي منخفض في فصل الصيف تتحوّل إلى مركز ضغط جوي مرتفع في فصل الشتاء. ومعنى ذلك أن الضغط يتغير مع الوقت في المكان الواحد. (الشكل رقم 6)، حيث يكون الجزء الأكبر من هذه التغيرات في المناطق وراء المدارية Extratropical التي تكون ذات طبيعة غير نظامية تحدث بوساطة الاجتياح الحيني للهواء الذي يحتوي كثافة متغيرة وسطياً.



الشكل رقم (6) يظهر الضغط الجوي المنخفض والمرتفع

هـ- التغيرات اليومية:

تخضع التغيرات اليومية للضغط الجوي للتأثيرات المحلية على الضغط مثل المرتفعات أو المنخفضات الجوية. وأكثر ما تكون هذه التغيرات واضحة في المناطق الاستوائية تليها خطوط العرض المتوسطة وتندعم في القطبين.

ويتوقف التغير اليومي للضغط على الأيام الصافية والأيام المظطربة أو الملبدة بالغيوم. وأيضاً على الوضعية المكانية التي يؤثر فيها خط العرض وفصول السنة والموقع. وبشكل عام تسهم التغيرات اليومية diurnal oscillation النظامية في تغير الضغط بصورة أقل. حيث تؤدي هذه التغيرات إلى قمتين (حوالي الساعة 10 صباحاً والساعة 10 مساءً)، وإلى نهايتين صغريتين (حوالي 4 صباحاً و 4 مساءً). والاختلاف بين النهايتين العظمى والصغرى يصبح كبيراً قرب خط الاستواء (بحدود 3 مليبار) وينخفض عملياً إلى الصفر في المناطق القطبية.

وهذه التقلبات (التغيرات) المنتظمة في الضغط تشبه حركات المد والجزر في المحيطات لكن هذه الحركات تنتج عن جذب القمر والشمس، بينما تغيرات الضغط في حالة الغلاف الجوي تسود فيها حالة التسخين اليومي ودورة التبريد. وتتلازم تقلبات الريح اليومية مع ارتحال النهايات الصغرى والعظمى للضغط يومياً حول الكرة الأرضية، وتكتشف بصعوبة في الارتفاعات القليلة من الغلاف الجوي وتصبح قوية بين 80 و 100 كم ارتفاع.

3-2- خطوط الضغط المتساوية Isobars:

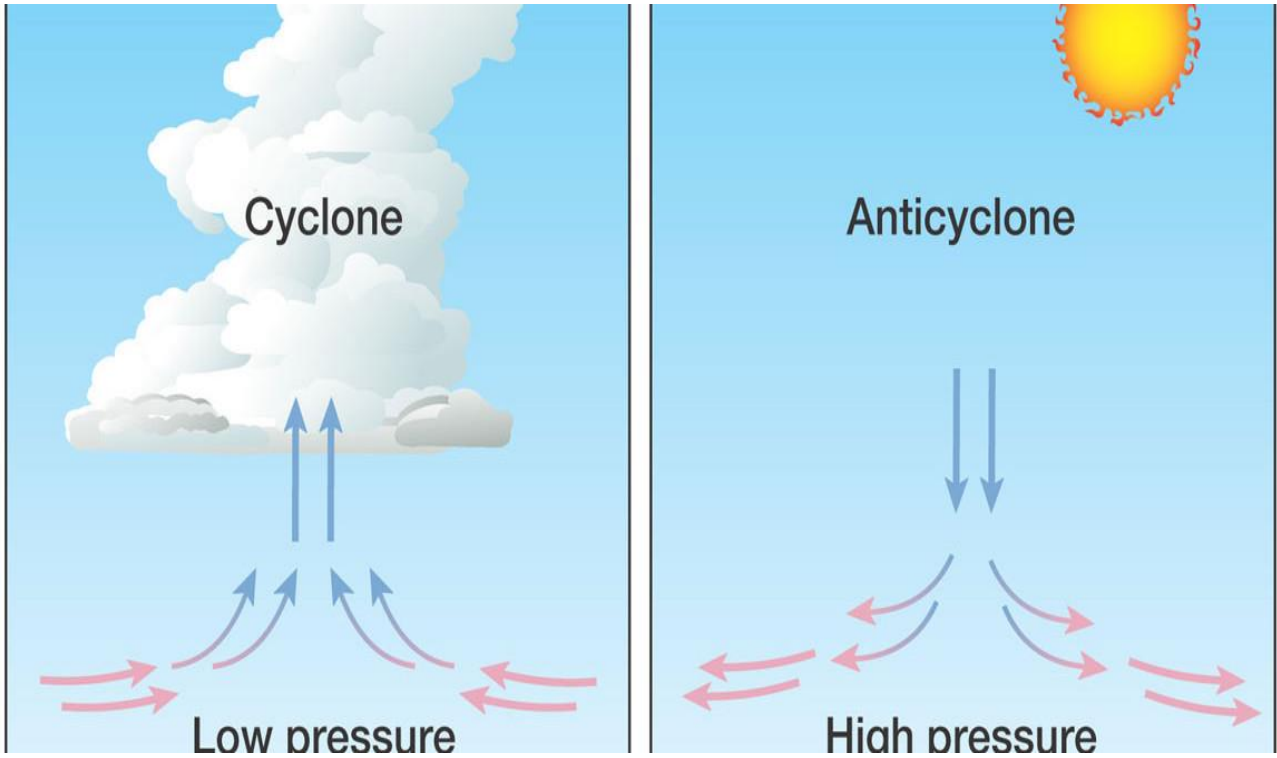
خطوط الضغط المتساوية هي خطوط ترسم على الخرائط وتصل بين المناطق ذات الضغط المتساوي خلال فترة زمنية معينة، والضغط الذي تشير إليه هذه الخطوط هو ضغط معدل لمستوى سطح البحر حيث تظهر مناطق الكرة الأرضية المختلفة وكأنها جميعاً عند مستوى سطح البحر. وبما أنه لا يمكن رسم كل خطوط الضغط المتساوية على خريطة الكرة الأرضية نظراً لكثرة عددها، لذلك نختار الخطوط التي يكون الفرق بينها حوالي 3، 4 أو 5 مليبار. وتشكل هذه الخطوط نوعاً من التضاريس يطلق عليه اصطلاح التضاريس البارومترية (الشكل رقم 7) ولهذه التضاريس شكلان شائعان هما:

- خطوط مستقيمة أو متعرجة ممتدة شرقاً وغرباً.

- خطوط على شكل دوائر متحدة المركز تشكل ما يسمى مراكز الضغوط، وهذه المراكز على

نوعين:

أ- مراكز ضغوط مرتفعة أو ما يسمى الأعاصير المضادة " Anticyclones " والتي تمتاز بخطوط ضغوط مفتوحة يزداد الضغط فيها من الخارج نحو الداخل، ولذا تتجه الرياح نحو الحواف من الداخل إلى الخارج. وتمتاز مناطق الضغوط المرتفعة بطقس جميل وجاف وبارد.

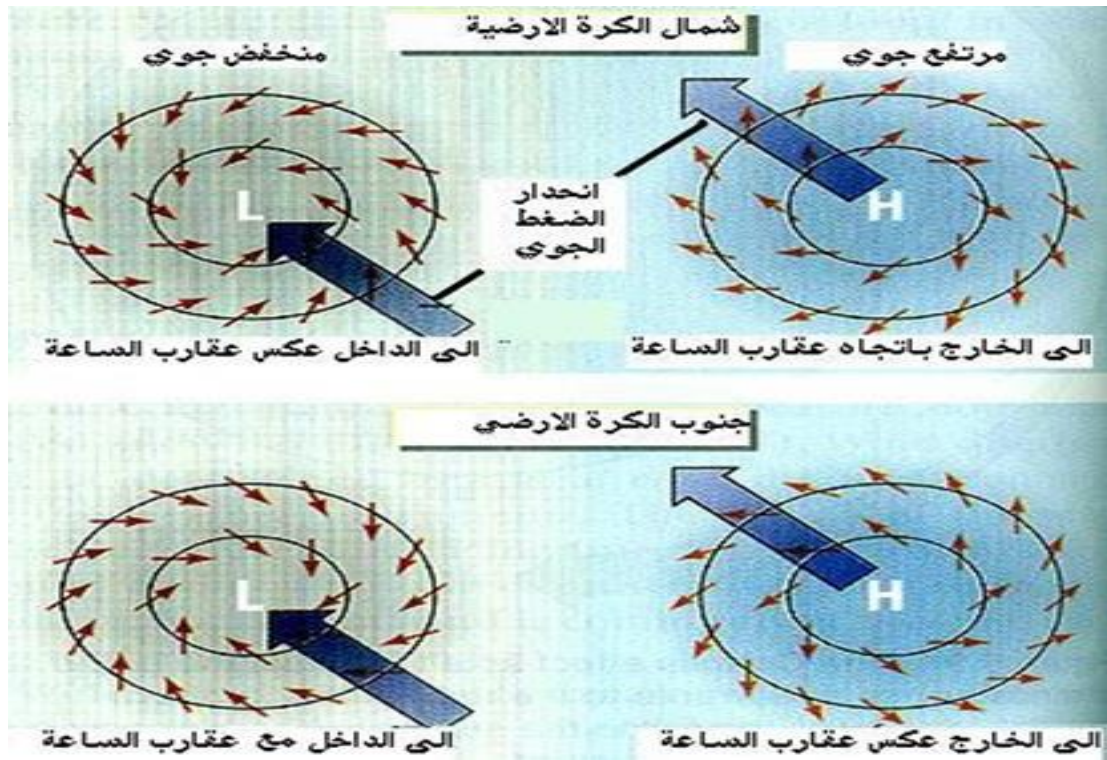


الشكل رقم (8) مراكز الضغط المرتفعة والمنخفضة لنصف الكرة الأرضية

ويُطلق على التغيُّر في الضغط بين خطوط الضغط المتساوية اصطلاح تدرج الضغط "Pressure gradient" ويُقاس هذا التدرج عبر الاتجاه الذي يحصل عنده أعلى تغيير في الضغط لأقصر مسافة بين الخطوط، وتكون هذه الخطوط متقاربة كلما كان التدرج عالياً، ولذا فإن عدد هذه الخطوط يتضاعف عندما يتضاعف التدرج، وكلما زاد التدرج زادت شدة الانحدار "Steepness" بين الخطوط.

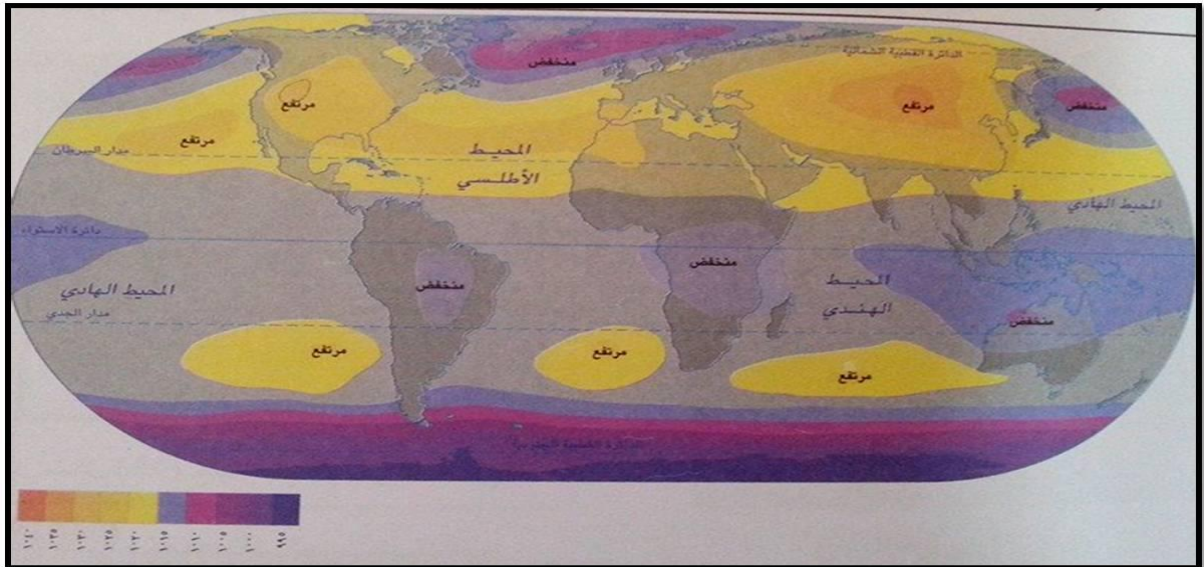
وبأخذ متوسط الضغوط عند سطح البحر لخطوط العرض المختلفة على مدار السنة، فإننا نحصل على نظام عام للكرة الأرضية. ويُلاحظ أيضاً أنَّ الخطوط المستقيمة تكثر في جنوب نصف الكرة الجنوبي حيث تسود البحار في هذه المنطقة.

أمَّا في نصف الكرة الشمالي فتسود مراكز الضغوط المرتفعة والمنخفضة وذلك لأنَّ المناطق المرتفعة في نصف الكرة الشمالي (الشكل رقم 9)، والتي تعمل على إعاقة الحركة الحرة للرياح والاختلاف الكبير في درجات الحرارة الفعلية للمناطق المتباعدة في هذا النصف، تسبب تكون تلك المراكز في هذا النصف الشمالي.



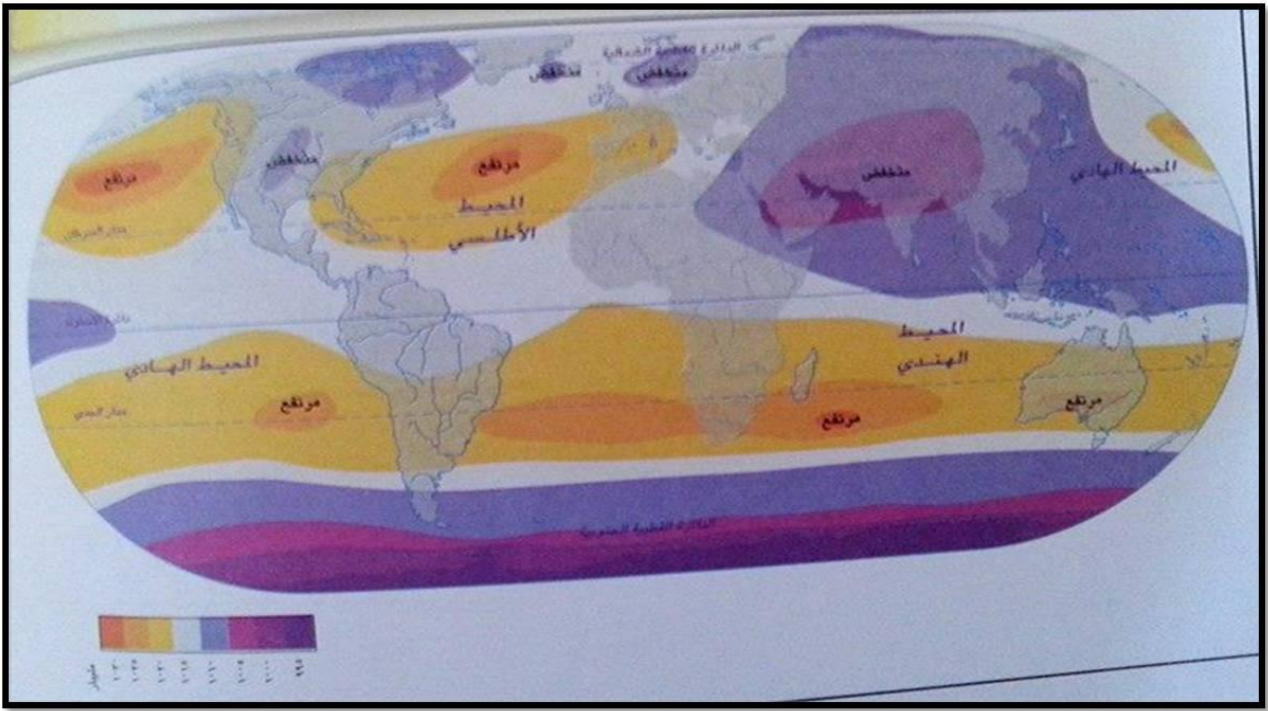
الشكل رقم (9) توزع الضغط الجوي في نصفي الكرة الأرضية

ويؤثر اختلاف توزيع الحرارة فوق سطح الأرض إلى اختلاف توزيع المراكز المرتفعة والمنخفضة كما أشرنا سابقاً. ويوضح الشكلان (10 و 11) المناطق التي تسودها المراكز المرتفعة (الخطوط المنقطعة في الشكلين) والمناطق التي تسودها المراكز المنخفضة (الخطوط المستمرة في الشكلين)، وكذلك خطوط الضغط المتساوية شبه المستقيمة الأخرى، لفصل الشتاء والصيف على التوالي.



الضغط الجوي في العالم في فصل الشتاء

الشكل رقم (10) الضغط الجوي في فصل الشتاء



الضغط الجوي في العالم في فصل الصيف

الشكل رقم (11) الضغط الجوي في فصل الصيف

وبمقارنة هذين الشكلين مع بعضهما نلاحظ أنَّ مناطق الضغوط المرتفعة والأخرى المنخفضة والتي يطلق عليها اسم مراكز التأثير Centers of action تختلف حسب الفصول.

ففي الشتاء تكون القارات أكثر برودة من البحار مما يؤدي إلى تشكّل ضغوط مرتفعة فوق القارات وضغوط منخفضة فوق البحار، ومثال ذلك المراكز الكبيرة ذات الضغوط المنخفضة في المحيط الهادي وفي المحيط الأطلسي، والمراكز الكبيرة ذات الضغوط المرتفعة فوق قارة أمريكا الشمالية وفي قلب سيبيريا أمّا في الصيف فينعكس الوضع فتقوى مراكز الضغوط المنخفضة القطبية على القارات، بينما تتمركز مراكز الضغوط المرتفعة المدارية فوق المحيطات.

وإذا دققنا النظر في مصورات خطوط الضغط المتساوية تمكنا من ملاحظة مايلي:

أ- وجود منطقة ضغوط منخفضة دائمة في جوار خط الاستواء تدعى منطقة الهدوء الاستوائي تهب عليها من جانبيها رياح آتية من الشمال الشرقي في نصف الكرة الشمالي ومن الجنوب لشرقي في نصف الكرة الجنوبي، ويطلق على هذه الرياح اسم رياح الأليزة.

ب- منطقة ضغوط مرتفعة توجد بالقرب من خط عرض 30° في كل من نصفي الكرة، وهذه الضغوط مستمرة تقريباً في نصف الكرة الجنوبي ومجزأة في النصف الشمالي بسبب تداخل اليابسة والبحر في هذه المنطقة.

ج- منطقة ضغوط منخفضة توجد وراء المنطقتين المداريتين بالقرب من خط عرض 60° في كل من نصفي الكرة الأرضية، وهذه الضغوط موزعة توزيعاً منتظماً في نصف الكرة الجنوبي وغير منتظم في نصفها الشمالي.

_____ انتهت المحاضرة _____

-المرجع: المناخ والأرصاد الزراعية (جامعة البعث) ل: د. حسن شهاب و د. هيثم أحمد
-الصور والمخططات من شبكة الانترنت