علم المناخ والأرصاد الجوية

يشكل الغلاف الجوي للأرض النظام الحيوي الذي يضم المحيط الحيوي بكل مكوناته، حيث تتفاعل عناصره بشكل مستمر مع الأنشطة البشرية المختلفة، ولعل أكثر هذه الأنشطة تأثراً بهذا التفاعل هو النشاط الزراعي بمختلف مجالاته. فالزراعة بأبعادها الإنتاجية والاقتصادية والاجتماعية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالأحوال الجوية والمناخية السائدة، بل يمكن القول إن نجاح العملية الزراعية أو فشلها يتوقف إلى حد كبير على مدى فهم واستيعاب هذه العلاقات المعقدة بين الغلاف الجوي والكائنات الحية النباتية والحيوانية.

يهدف هذا المقرر الدراسي إلى تعريف طلاب الهندسة الزراعية بالمفاهيم الأساسية لعلم الأرصاد الجوية الزراعية، وتزويدهم بالمعرفة اللازمة لفهم التفاعلات بين العناصر المناخية والإنتاج الزراعي، مع التركيز بشكل خاص على التطبيقات العملية لهذا العلم في ظروف سوريا المناخية المتنوعة.

المصطلحات الأساسية:

علم الأرصاد الجوية (Meteorology): هو العلم الذي يدرس التغيّرات المستمرة في طبقات الجو المختلفة وطرق قياس هذه التغيرات.

علم المناخ (Climatology): هو العلم الذي يتناول دراسة الظواهر الجوية لفترة كافية من الزمن، خاصّة ما يتعلّق منها بسطح الأرض.

الطقس (Weather): مصطلح يدل على حالة الجو من حرارة وضغط ورياح وتساقط (مطر، ثلج، برد) وجفاف، وساعات سطوع الشمس، وظهور الرطوبة والغبار، ونحوه، في فترة قصيرة من الزمن، وفي مكان محدّد على سطح الأرض. وغالباً ما تقتصر الفترة الزمنية للطقس على يوم أو بضعة أيام. ويمكن القول بأنّ الطقس عبارة عن حالة متغيّرة وغير مستقرة حتى في اليوم الواحد الذي قد يتغيّر فيه الطقس مراراً ويتقلّب.

إذاً الطقس هو حالة الجو في مكان ما خلال فترة زمنية قصيرة قد تكون جزء من يوم أو يوم أو أسبوع.

المناخ (Climate): هو الصورة العامّة لحالة الطقس في منطقة أو إقليم بصرف النظر عن حجمه واتساعه، فقد يمتد ليشمل العالم بأسره أو قد ينكمش ليصبح جزءاً من المنطقة أو الإقليم. ويمكن معرفة مناخ المنطقة بعمل المتوسطات اليومية والفصلية والسنوية لعناصر المناخ الهامة (كالحرارة والضغط والرياح والتساقط ونحوها).

إذاً المناخ هو الحالة المتوسطة للجو في مكان ما خلال فترة زمنية طويلة تزيد عن 30سنة.

جدول 1: مقارنة بين الطقس والمناخ

	الطقس (Weather)	المناخ (Climate)
المقياس الزمني	قصير (ساعات - أيام)	طويل (سنوات - عقود)
التغير	سريع ومستمر	بطيء وتدريجي
الدراسة	الأرصاد الجوية	علم المناخ
التنبؤ	تنبؤات جوية يومية	سيناريوهات مناخية
مثال	ماطر اليوم	المنطقة المتوسطية مناخها ماطر شتاءً

أقسام علم المناخ:

علم المناخ (Climatology) يرجع أصل هذه الكلمة إلى اللغة اليونانية، ويتألف هذا المصطلح من مقطعين:

Climat: وتعني الميل أي ميل مكان ما من الأرض عن الشمس و logy: وتعني علم.

يهتم هذا العلم بمعالجة أنماط سلوك الجو في مكان ما خلال فترة طويلة من الزمن، وهو بذلك يعنى بنتائج العمليات التي تتم في الجو أكثر من اهتمامه بأعمالها اللحظية.

يقسم هذا العلم على ضوء مقياس المعالجة المناخية إلى:

1. علم المناخ العام (Macroclimatology): يركز على دراسة مظاهر المناخات في مناطق كبيرة من العالم والحركات الجوية الكبرى التي تشكل القوى الأساسية في خلق تلك المناخات.

2. علم المناخ المتوسط (Mesoclimatology): يهتم بدراسة مناخ مناطق ذات مساحة جغرافية محددة أو ذات صفات معينة، كمناخ جبال الألب، أو مناخ المدن الكبرى، أو مناخ التندرا.

3. علم المناخ التفصيلي (Microclimatology): يعرف بعلم المناخ السطحي أو التفصيلي، والذي يهتم بدراسة المناخ القريب من سطح الأرض والملامس لها، وذلك ضمن منطقة صغيرة جداً على مستوى الحقل.

عناصر وعوامل المناخ (Climate Elements & Factors):

عناصر المناخ: هي تلك العناصر التي يعد كل منها بمثابة مكون جزئي لظاهرة مناخية مثل: الإشعاع والحرارة ورطوبة الجو والهطل وحركة الهواء والتبخر وغيرها.

وهذه العناصر هي نتيجة تفاعل بين عدد من العوامل المناخية مثل: التضاريس واختلاف الليل والنهار وخطوط العرض والطول ونوع التربة والنباتات والقرب والبعد عن البحر وغيرها.

عناصر المناخ وأهميتها الزراعية:

درجة الحرارة (Temperature): تؤثر على جميع العمليات الحيوية في النبات، من الإنبات حتى النضج. حيث لكل نبات مجموعة حرارية مثلى للنمو، ويتم حساب الوحدات الحرارية اللازمة لنضج المحاصيل بناءً على درجات الحرارة اليومية.

الهطل (Precipitation): وهو المصدر الرئيسي للمياه في الزراعة البعلية. تختلف المحاصيل في احتياجاتها المائية وتوزيعها خلال موسم النمو.

الرطوبة الجوية (Humidity): تؤثر على معدلات النتح والتبخر، كما ترتبط بانتشار بعض الأمراض الفطرية.

الرياح (Wind): تؤثر على تلقيح المحاصيل وانتشار البذور، ولكنها قد تسبب أضراراً ميكانيكية وأضراراً للتربة.

جدول 2: العناصر الأساسية للأرصاد الجوية ووحدات قياسها

العنصر	الرمز	وحدة القياس	جهاز القياس
الإشعاع الشمسي	Rs	واط/م^2	بيرانومتر (Pyranometer)
درجة حرارة الهواء	T	درجة مئوية	ترمومتر (Thermometer)
الرطوبة النسبية	RH	%	هيغرومتر (Hygrometer)
سرعة الرياح	U	م/ثا	أنيمومتر (Anemometer)
اتجاه الرياح	WD	درجة	دوارة رياح (Wind Vane)
كمية الأمطار	P	مم	مقياس مطر (Rain Gauge)
التبخر	E	مم/يوم	أحواض التبخر (Evaporation Pan)
الضغط الجوي	P	هكتوباسكال	بارومتر (Barometer)

الأقسام الرئيسة للعوامل المؤثرة في المناخ:

1. العوامل المرتبطة بالأشعة الشمسية وجغرافية الأرض يمكن تقديرها بشكل رياضي.
2. الخصائص الطبيعية الثابتة للأرض.
3. العوامل التي تتغيّر تغيُّراً طفيفاً من وقت لآخر ومن مكان لآخر تبعاً للنشاطات الجوية والطبيعية التي ينشأ عنها اختلاف في نوع النبات أو في حركة الرياح الثانوية واتجاهها.

علم الأرصاد الزراعية (Agrometeorology):

هو العلم الذي يدرس الظروف الجوية والمناخية والمائية وتأثيرها المتبادل في الإنتاج الزراعي.

إذاً علم الأرصاد الزراعية هو المادة العلمية الخاصّة المرتبطة بالقوانين والنظريات والطرائق والمفاهيم التي تدرس علاقة الزراعة بالطقس والمناخ.

تشكل علم الأرصاد الزراعية في نهاية القرن التاسع عشر كفرع تطبيقي من علم الأرصاد الجوية، يرتبط هذا العلم بعلاقة وثيقة مع كل من: فيزياء الغلاف الجوي - علم التنبؤ الجوي – الفيزياء – الجغرافيا – علم التربة – علم الفيزيولوجيا وإنتاج المحاصيل.

طرق دراسة الأرصاد الزراعية:

1. طريقة الرصد المتوازي أو المتزامن لقياس العناصر المتيورولوجية ولحالة النباتات:

• تسمح هذه الطريقة بتحديد العلاقة بين ظروف الطقس ونمو وتطور المحاصيل الزراعية وإنتاجيتها.

• وهي الطريقة الأساسية لدراسة الأرصاد الزراعية التي اقترحها العالم الروسي برونوف.

• يجري قياس العناصر بصورة موازية أو متزامنة مع مراقبة تطور النباتات الزراعية في الظروف الحقلية.

• تسمح هذه الطريقة بتحديد العلاقة الكمية بين نمو النباتات وتطورها وقيم محددة من الضوء والحرارة والرطوبة.

2. طريقة مواعيد الزراعة المختلفة

• تعتمد على زراعة الصنف أو الهجين في الحقل على فترات 5-10 أيام خلال فترة نمو النبات المدروس.

• تُجرى المراقبة الموازية على تطور النباتات وظروفها الجوية في مكان واحد.

• النباتات المزروعة في فترات مختلفة تخضع لظروف جوية غير متماثلة.

• يمكن الحصول على معلومات حول تأثير مجموع القيم الرصدية المتنوعة في النبات المدروس في منطقة ما حتى في عام واحد.

• تسرع هذه الطريقة دراسة النباتات المقاومة لظروف الطقس غير المناسبة بصورة كبيرة.

3. طريقة الزراعة الجغرافية

• تزرع الأصناف المدروسة (الهجن) من النباتات في مناطق جغرافية مختلفة (أي في ظروف مناخية مختلفة).

• تسمح هذه الطريقة بالإجابة على سؤال: كيف أن زراعة الصنف في مناطق مناخية مختلفة بطريقة الزراعة على فترات سريعة تقع في ظروف مختلفة من الرطوبة ودرجة الحرارة وطول النهار.

4. طريقة التجارب الحقلية

- يتم خلالها التحكم ببعض ظروف الوسط، وخاصة رطوبة التربة من خلال عمليات الري.
- تدرس تأثير هذا العنصر خلال المراحل المختلفة.
- تدرس الاحتياجات المائية في مختلف أنواع الترب وفي ظل ظروف جوية مختلفة.

5. طريقة القياسات غير المباشرة باستخدام الحوامات والطائرات والأقمار الصناعية

تسمح هذه الطريقة بتحديد ظروف الرطوبة وحالة المزروعات وغيرها من الصفات على مساحات كبيرة من الأرض.

6. طريقة الفيتوترون (حجر النمو)

تسمح بإجراء دراسة رد فعل النباتات عند تراكيب مختلفة من الضوء والحرارة والرطوبة في غرف ذات مناخ اصطناعي.

7. طريقة الإحصاء الرياضي

تحدد هذه الطريقة علاقة تطور النباتات ونموها وتشكل المحصول مع ظروف الطقس، التي تسمح بمعالجة وتحليل أعداد هائلة من المعطيات الرصدية.

8. طريقة النماذج الرياضية

تتضمّن وضع موديلات رياضية تسمح بوصف تأثير الظروف الميتورولوجية على نمو وتطوّر وإنتاجية نبات معين، أي إيجاد العلاقة الكميّة بين أهم العناصر المناخية المحدّدة للنمو والإنتاج في منطقة معينة وبين حالة وإنتاجية النبات، هذه الطريقة لا غنى عنها لوضع معادلات التنبؤ المختلفة.

تطور علم الأرصاد الجوية والمناخ:

بدأ تاريخ تطور علم الأرصاد الزراعية منذ أول كتاب عن علم الأرصاد الجوية للعالم اليوناني أرسطو (348–322 ق.م)، وكان يتضمن مشاهدات اليونانيين القدامى لظواهر الجو والمحاولات الأولى لتفسيرها. وقد حدد أرسطو في البداية تغيرات الطقس بتغيرات اتجاه الريح.

في العصور الوسطى، سُجلت معلومات عن الظواهر الخطرة للطقس. وبدأت المرحلة الحديثة في تطور علم الجو مع اكتشاف أجهزة الرصد في القرن السادس عشر، عندما ابتكر غاليلو ميزان الحرارة عام 1593، ثم اختراع مقياس الضغط الجوي من قبل تورشيلي عام 1643. وقد شاع استخدام المنهج العلمي في دراسة كل من الطقس والمناخ الذي ساهم كل من فرانسيس بيكون (Francis Bacon, 1561–1626) ورينيه ديكارت (René Descartes) في وضع الأسس الفلسفية والعلمية لدراسة الظواهر الجوية، كما وضع روبرت بويل (Robert Boyle, 1627–1691) الأسس الأولى لمبادئ التحريك الحراري (thermodynamics) في دراسة الغلاف الجوي، مكتشفاً العلاقة بين الضغط وحجم الغاز (قانون بويل).

وفي عام 1930، نشر كل من كوين (Köppen) وجيجر (Geiger) كتاباً مؤلفاً من خمسة أجزاء، اهتم الجزء الأول منها بالمناخ العام، بينما درست الأجزاء الباقية موضوعات المناخ الإقليمي.

ويمكن تلخيص التطور الحالي لعلم المناخ (Climatology) وعلم الأرصاد الجوية (Meteorology) وتوسع مجالاتهما بالنقاط التالية:

1. ازدياد شبكة محطات الرصد الجوي في العالم، مما أتاح تغطية مكانية وزمانية أفضل للبيانات الجوية.
2. ازدياد المعرفة بالأجواء العليا عن طريق استخدام الطائرات والأقمار الصناعية (satellites)، مما ساهم في فهم أعمق لطبقات الغلاف الجوي العليا.
3. استخدام أجهزة الرادار (radar) التي أسهمت في دراسة بعض الظواهر الجوية العنيفة كالأعاصير (cyclones) والعواصف الرعدية.
4. تطور وسائل الاتصال وتبادل المعلومات، مما ساعد في تطوير مجال التنبؤ الجوي (weather forecasting) وتقدم الدراسات الإقليمية.
5. استخدام الحاسبات الإلكترونية (computers) في الدراسات الجوية والمناخية، مما أتاح إجراء عمليات محاكاة معقدة ونمذجة رقمية للمناخ.

المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO (World Meteorological Organization):

تأسست أول منظمة للأرصاد الجوية عام 1873، ثم تحولت إلى منظمة عالمية للأرصاد الجوية عام 1951. وهي تتبع هيئة الأمم المتحدة، ومقرها مدينة جنيف. وتحوي اختصاصات تؤمن بواسطتها التحكم بشبكة الأرصاد الجوية في الدول المختلفة، وتوفر المعلومات وتبادلها من بلد لآخر فتخدم العالم أجمع.

ويمكن تلخيص برنامج الأنشطة التقنية والعلمية للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية بالنقاط التالية:

1. برنامج عالمي لمراقبة الطقس(Global Weather Watch)
2. برنامج بحوث للأرصاد الجوية العالمية(World Weather Research Programme)
3. برنامج للتعاون الفني في مجال الأرصاد الجوية العالمية Technical Cooperation) Programme)

تطور الأرصاد الجوية في القطر العربي السوري:

أحدثت المديرية العامة للأرصاد الجوية لأول مرة في عام 1953 تابعة لوزارة الدفاع، وتوالت زيادة عدد المحطات وتحسين تجهيزها بالمعدات وأجهزة الرصد المتطورة وزيادة عدد العاملين. وكانت محطتا حلب ودمشق أولى المحطات التي تم إنشاؤها عام 1951. وفي عام 1955 أنشئت مدرسة الرصد الجوي. وفي عام 1985 أصبح عدد محطات الرصد 494 موزعة على الشكل التالي:

25 محطة رصد جوي علوي

13 محطة مناخية رئيسة

86 محطة مناخية عادية

325 محطة مطرية

9 محطات زراعية

وتوزع هذه المحطات بصورة غير منتظمة في القطر، حيث تحظى المنطقة الغربية والوسطى بأكثف شبكة رصدية.

أنواع المحطات الموجودة في سورية:

1- محطات الراديو سوند (Radiosonde): توجد في دمشق وحلب، وتعطي معلومات عن الحرارة والرياح والضغط الجوي حتى ارتفاع 30-40 كم، باستعمال جهاز خاص لسبر طبقات الجو يسمى الراديو سوند، والذي يطلق في اليوم مرتين في الساعة 12 و14 بتوقيت غرينتش. وأثناء صعوده يعطي معلومات تتلقاها محطات أرضية خاصة وتحللها.

2- محطات مناخية أساسية: تجري 24 أو 8 رصدات يومياً موزعة توزيعاً متساوياً في اليوم.

3- محطات مناخية عادية: تقوم بأخذ ثلاث رصدات يومياً في الساعة (8-14-20) حسب التوقيت المحلي.

4- محطات أرصاد للشؤون الزراعية: وهي موزعة في بعض المحافظات ومراكز البحوث الزراعية.

5- محطات مطرية: يوجد منها حالياً أكثر من 472 محطة، تقوم المديرية العامة للأرصاد الجوية بجمع البيانات وتحليلها وتشارك بالمؤتمرات التي تنظمها المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

طرق الرصد الجوي:

تتم عملية الرصد الجوي بعدة طرق تشمل:

1. المحطات السطحية: تنتشر المحطات السطحية في المناطق المأهولة والمناطق الزراعية، وتقوم بقياس جميع العناصر الجوية على ارتفاع قياسي (عادة 2 متر لدرجة الحرارة والرطوبة، و10 متر للرياح).

2. الرصد العلوي: يتم باستخدام البالونات المزودة بأجهزة استشعار ترسل بياناتها إلى المحطات الأرضية، وتصل إلى ارتفاعات تزيد عن 30 كم.
3. الأقمار الاصطناعية: توفر الأقمار الاصطناعية صوراً شاملة للغطاء السحابي ودرجات حرارة سطح البحر ومحتوى الغلاف الجوي من بخار الماء.
4. الرادار الجوي: يستخدم لرصد هطول الأمطار وتحديد شدته وحركته، وهو مهم جداً للإنذار المبكر بالعواصف.

الأقمار الصناعية (Satellites):

لا يمكن رصد الغلاف الجوي للكرة الأرضية بصورة وافية من سطح الكرة الأرضية، حيث تغطي المحيطات حوالي 70% من الكرة الأرضية، والبقية تسوده نسبة كبيرة من الجبال والثلوج والصحاري والأدغال. وكذلك في المناطق الأهلّة بالسكان، فمحطات رصد الطقس لا تعطي صورة حقيقية ومصدقة بسبب وجود الأبنية.

وقد ساعدت أقمار الطقس على الرصد الكامل للكرة الأرضية، فهذه الأقمار مزودة بآلات تصوير ترسل صوراً واضحة للغيوم، وكان لهذه الصور أهمية كبيرة، وخاصة فوق المحيطات، لتحديد مواقع العواصف بدقة.

توجد أقمار صناعية في كل من القطبين الشمالي والجنوبي، وأقمار صناعية ثابتة تبقى فوق مكان ثابت على خط الاستواء. وفائدة الأقمار الصناعية الثابتة هي أن تقدير نظم الطقس بالزمن يمكن أن يرى بواسطة مقارنة صور المنطقة لنفسها بفواصل زمنية قصيرة كل نصف ساعة، حيث يظهر تطور العواصف الرعدية.

وتظهر صور الأقمار الصناعية معلومات نوعية عن الطقس، وخاصة فوق المحيطات البعيدة حيث يكون الرصد التقليدي صعباً جداً، كالمعلومات التالية:

- تدل حركة الغيوم على سرعة الرياح.
- تقدم الصور تحت الحمراء معلومات عن حرارة سطح الأرض وحرارة قمم الغيوم.

الراديوسوند (Radiosonde):

هو جهاز قياس جوي متكامل يطلق إلى الغلاف الجوي بواسطة بالون مملوء بالهيليوم أو الهيدروجين. يرتفع الجهاز بسرعة منتظمة ليصل إلى ارتفاع يتراوح بين 30 و35 كيلومتراً قبل أن ينفجر البالون ويهبط الجهاز بمظلة صغيرة.

يقوم الجهاز بقياس درجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي، ويُرسل هذه البيانات لاسلكياً إلى محطة أرضية كل بضع ثوانٍ. تُستخدم هذه القياسات بشكل أساسي في التنبؤات الجوية اليومية، وتغذية نماذج

المحاكاة الحاسوبية، ودراسة التغيرات المناخية طويلة المدى. يُعد الراديو سوند المصدر الأكثر دقة للمعلومات الرأسية للغلاف الجوي رغم تطور تقنيات الأقمار الصناعية.

المهام الأساسية لعلم الأرصاد الزراعية والمناخ الزراعي:

1. دراسة طبيعة تأثير الظروف الجوية والمناخية في الإنتاج الزراعي في قطاع جغرافي خلال فترة من الزمن.
2. وضع طرق تقييم بصور كميّة عن تأثير العوامل الجوية في تطوّر إنتاجية المزروعات وحالتها وفي المراعي والحيوانات وفي انتشار آفات وأمراض المحاصيل الزراعية.
3. إعداد طرق التنبؤ في الأرصاد الزراعية.
4. دعم وتوزيع الأصناف الجديدة والمحاصيل الزراعية الهجينة، وإتباع الوسائل الأكثر استعمالاً لمصادر المناخ بهدف زيادة الإنتاج الزراعي.
5. وضع الطرق لمكافحة التأثيرات غير الملائمة للطقس والمناخ، ودراسة طرق استصلاح المناخ الأصغري (microclimate) للحقول.
6. تدعيم الاستخدام التفاضلي للتقنية الزراعية بتلاؤم مع الظروف الجوية المعقدة والمرتقبة، مع الأخذ بعين الاعتبار التقنية التكثيفية لزراعة المحاصيل.
7. المساهمة في تنظيم الدورة الزراعية في أية منطقة وبرمجتها.
8. الربط بين عوامل البيئة وتأثيرها في النبات المزروع مما يهدف إلى انتخاب الأنواع والأصناف الملائمة لكل منطقة.
9. إعلان الفترات المناسبة للزراعة والعمليات الزراعية أو المفكرة الزراعية (زراعة – جني – معاملة).
10. وضع برامج الري المناسبة.
11. تحليل معلومات الرصد الزراعي الدولي والاستفادة منها في الرصد الزراعي المحلي.
12. تحديد أنواع الانجراف الهوائي والمائي وطرق الحدّ منه.

تطبيقات الأرصاد الجوية

يدخل علم الأرصاد الجوية في مجالات عديدة تخدم كل الكائنات الحية وتستثمر معلوماته في:

- أبحاث الفضاء وإطلاق الصواريخ والأقمار الصناعية.
- الزراعة وما يلزمها من الناحية التطبيقية.
- المواصلات البرية والبحرية والجوية.
- تحركات قطع الجيش من القوات المسلحة والآليات والمعارك الحديثة التي تعتمد على المدفعية بأنواعها وإطلاق القذائف والصواريخ المضادة.

- الدراسات الجيولوجية والجغرافية.
- استغلال الثروات والمصادر الطبيعية في البلاد.
- توجيه العمارات وهندسة تنظيم المدن.
- استغلال الطاقات الكهربائية والمائية.
- انتشار الأوبئة والأمراض والحشرات.
- السدود وعمل الخزانات.
- التلوث ومدى ارتباطه بالجو المحيط.
- الطرقات الرئيسية من الدرجة الأولى والدولية.

أهمية الأرصاد الجوية في المجال الزراعي:

تكمن أهمية الأرصاد الجوية في المجال الزراعي في قدرتها على:

1. توفير بيانات دقيقة عن الأحوال الجوية الحالية.
2. إصدار نشرات وتحذيرات جوية مبكرة للظواهر الجوية الشديدة.
3. المساعدة في التخطيط للعمليات الزراعية المختلفة.
4. توفير الأساس العلمي للدراسات المناخية طويلة المدى.