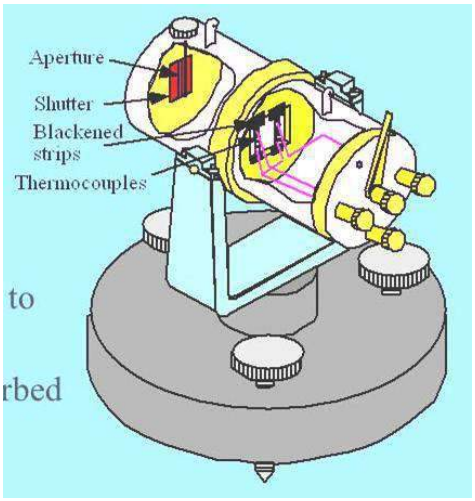
المحاضرة الاولى

بعض اجهزة قياس الاشعاع الشمسي

1- اجهزة Pyrheliometer

وهي عبارة عن اجهزة دقيقة توضع في مراكز الابحاث وبعض المحطات الرئيسية وتستعمل هذه الاجهزة لقياس الاشعة الشمسية المباشرة الواردة عموديا.

وتشمل قراءتها مساحات واسعة ومن جملة هذه الاجهزة جهاز انكستروم (Angstrom Pyrheliometer) الذي يتكون من شريط مضلل من مادة المنغنين (Manganine) (نحاس مع قليل من المنغنيز والنيكل) يسخن كهربائيا الى درجة حرارة شريط مماثل له معرض لأشعة الشمس وتعتبر هذه الطاقة الكهربائية مساوية للطاقة الشمسية المستلمة من قبل الشريط المعرض للشمس كما في الشكل التالي :

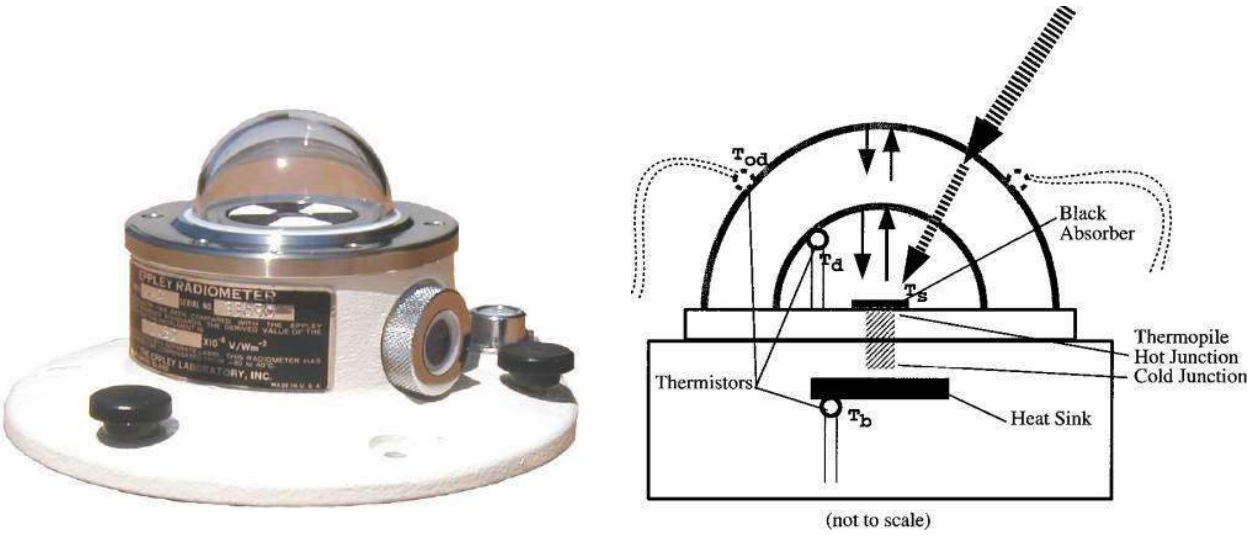


2- اجهزة Pyranometer

تستعمل هذه الاجهزة لقياس الاشعة القصيرة الكلية (الاشعة الشمسية المباشرة + الاشعة الجوية القصيرة).

ومن هذه الاجهزة جهاز (Eppley Pyranometer) الذي يتكون من حلقتين من الفضة تطلى الداخلية باللون الاسود والخارجية باللون الابيض

(كلوريد المغنسيوم) وتغطى هاتين الحلقتين بغطاء من الزجاج او الكوارتز يسمح للأشعة القصيرة بالمرور من خلاله ويعمل على حمايتها من العوارض الجوية والغبار . كما في الشكل التالي :



تستند قياسات الاشعة على العلاقة بين الفرق في درجة حرارة الحلقتين السوداء والبيضاء ومجموع الطاقة القصيرة الواردة من الشمس والجو . عند استعمال مثل هذه الاجهزة يجب تحاشي الاشعة الصناعية وعدم تعرضها للظل وعدم وضعها بالقرب من جدار ابيض كما يجب ان يكون الغطاء الزجاجي نضيفاً .

3- اجهزة قياس محصلة الاشعاع (Net Radiometers)

تتكون مثل هذه الاجهزة من عنصرين حساسين متشابهين يوضع الواحد خلف الاخر حيث يكون الوجه الاسود لأحدهما مواجها للسماء والوجه الاسود الثاني مواجها للأرض ويمكن ايجاد محصلة الاشعاع اعتمادا على الفرق بين درجتي الحرارة لهذين العنصرين وتطبق المعادلة التالية لاستخراج محصلة الاشعاع

$$R_n = K\,(T_u - t_d)$$

T_u = درجة حرارة العنصر المتجه وجهه الاسود الى السماء

T_d = درجة حرارة العنصر المتجه وجهه الاسود الى الارض

K = عدد ثابت يتوقف على الخصائص الفيزياوية للجهاز والجو المحيط به

4- اجهزة قياس سطوع الشمس جهاز كامبل ستوكس : Compbell stokes

ويسمى الجهاز بمسجل مدة سطوع الشمس لقياس الفترة الزمنية التى تسطع فيها الشمس ويتركب الجهاز من الأجزاء التالية .

أ- كرة من الزجاج النقى الشفاف قطرها حوالى 10 سم .

ب- حامل نصف دائرى تثبت عليه الكرة الزجاجية بواسطة قطعتين من النحاس مستديرتين على امتداد محور الكرة ، ويلاحظ أن هذا الحامل يشترك في المركز مع الكرة كما أنه يحمل تدريجاً خاصاً بدرجات خطوط العرض .

ج- مقطع من إناء معدنى كروى حفرت فيه ثلاثة أزواج من المجارى يدخل في احداهما خرائط التسجيل المناسبة لفصل الشتاء وُيدخل في الآخر خرائط الاعتداليين وفى الثالث خرائط الصيف، وقد صمم هذا المقطع بحيث تقع بؤرة الكرة الزجاجية التى تعمل كعدسة لامة على خرائط التسجيل دائماً .

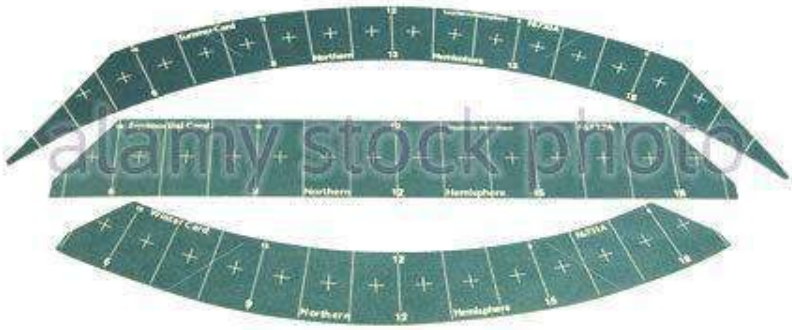
د- حامل على شكل متوازى مستطيلات تقريباً به مجرى أفقى محفور فى منتصفه سهم، وترتكز المجموعة السابقة على هذا الحامل بواسطة مسمارين وبحيث يقابل السهم قيمة خط عرض المكان المعرض فيه الجهاز على تدرج الحامل النصف دائرى .

ه- قاعدة متحركة مثبت فيها الحامل بها ثلاث فتحات طويلة ترتكز بواسطة مسامير محورية على قاعدة ثابتة وهذه القاعدة الأخيرة متصلة بالحامل الرأسى المثبت في الأرض .

عمل الجهاز :

تعمل الكرة الزجاجية كعدسة لامة تجمع أشعة الشمس في بؤرتها ، ولما كانت الشمس تتحرك حركة ظاهرية من الشرق إلى الغرب فإن البؤرة تتحرك من الغرب إلى الشرق على الخريطة الخاصة بالتسجيل حيث تترك على هذه الخريطة خطاً محترقاً يتوقف طوله أو اتصاله على مدة سطوع الشمس طول اليوم . ونظراً لأن خط سير البؤرة يتغير بتغير درجة ميل أشعة الشمس

في الفصول المختلفة فقد صممت الخرائط التى تستخدم في هذا الجهاز بثلاثة أشكال ، يستخدم أحدها في فصل الصيف والثانى في فصل الشتاء والثالث في الاعتداليين الربيع والخريف.



المحاضرة الثانية

أجهزة قياس درجات الحرارة :

هناك عدة طرق لقياس درجات الحرارة منها : ـ

ـ المحارير الزئبقية والكحولية وهي اجهزة سهلة الاستعمال ودقيقة لحد ما ورخيصة ومن هذه المحارير .

أ ـ المحرار الاعتيادي

ب ـ محارير التربة

ج ـ محارير النهائية العظمى

وهي محارير زئبقيـة تتكون من مســـتودع للزئبق وانبوبة مدرجـة ويوجـد في منطقـة الاتصـال عنـق ضيق يســـمح للزئبـــق بالمـرور فـي حـــالة زيادة درجات الحرارة ويعيق رجوعه عند انخفاضها . وهناك محارير تحتوي على مؤشر في نهاية العمود الزئبقي يتحرك في حالة زيادة الحرارة ويبقى في مكانه في حالة انخفاضها ويمكن ارجاع هذا المؤشر الى الدرجة الحالية بواسطة المغناطيس اما النوع الاول من المحارير فيتم ارجاع الزئبق فيه بواسطة الرج .

د ـ محارير النهاية الصغرى :

وهي محارير كحولية تحتوي على مؤشر يبقى ثابتاً في مكانه عند ازدياد درجات الحرارة ويتحرك في حالة انخفاضها حيث يتم قياس الدرجات الصغرى في اليوم الثاني وارجاع المؤشر اما بالمغناطيس او ميلان المحرار عمودياً حتى يصل الى الدرجة الحالية عند القرائة .

٢ ـ المحارير التي تتأثر بتبدل الضغط والحجم : ـ

نتيجة اختلاف درجات الحرارة مثل المحرار ذو الحجم الثابت وهي غالية الثمن ولا تستعمل في محطات الانواء الجوية والزراعية .

٣ ـ المحارير الكهربائية : ـ

تعتمد على اختلاف المقارنة الكهربائية نتيجة اختلاف درجات الحرارة وهي محارير سهلة الاستعمال .

٤ ـ المحارير الضوئية :

وتستعمل مثل هذه المحارير لقياس درجات الحرارة العالية في علوم الفلك وعلوم المعادن .

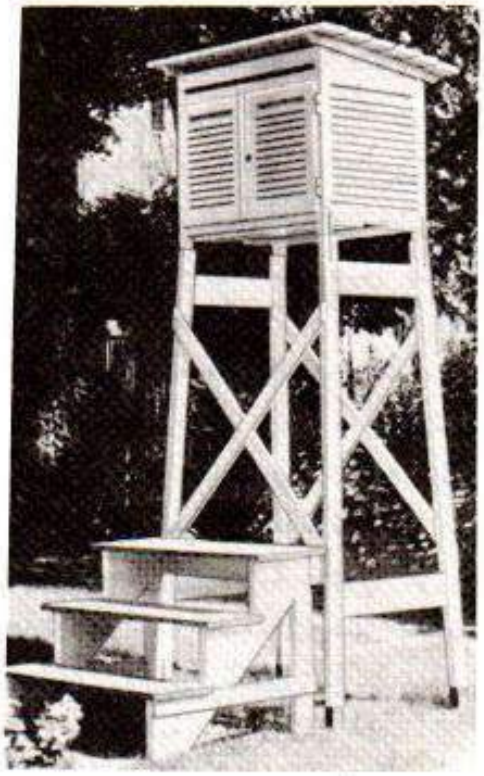
٥ ـ المحارير المعدنية : ـ

وهي تعتمد على تمدد المعادن وتقلصها نتيجة اختلاف درجات الحرارة .

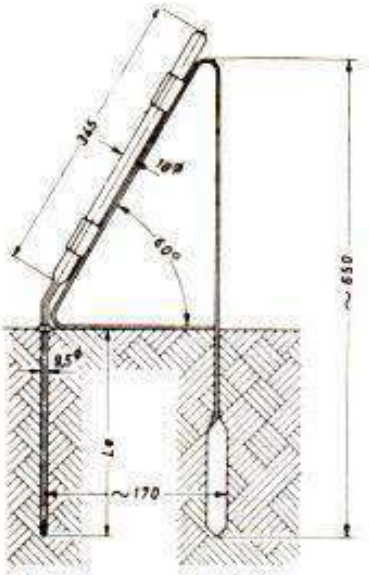
٦ ـ اجهزة تسجيل الحرارة (Thermograph)

وهي تعتمد على نفس الاساس كما في المحارير المعدنية مع اضافة اسطوانة تغلف بأوراق بيانية خاصة (جارتات) وتحتوي على مؤشر يوضع فيه حبر خاص يسجل درجات الحرارة خلال ساعات اليوم .

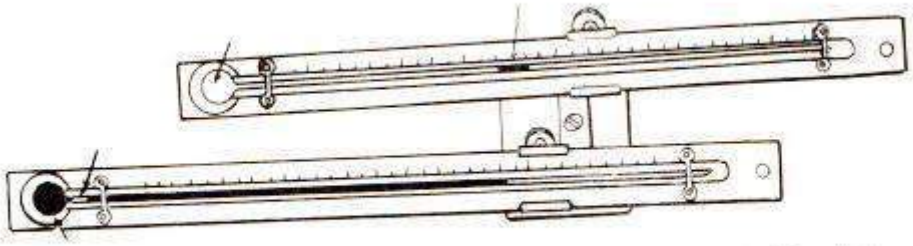
والاشكال التالية تمثل بعض اجهزة القياس .



صندوق المحارير

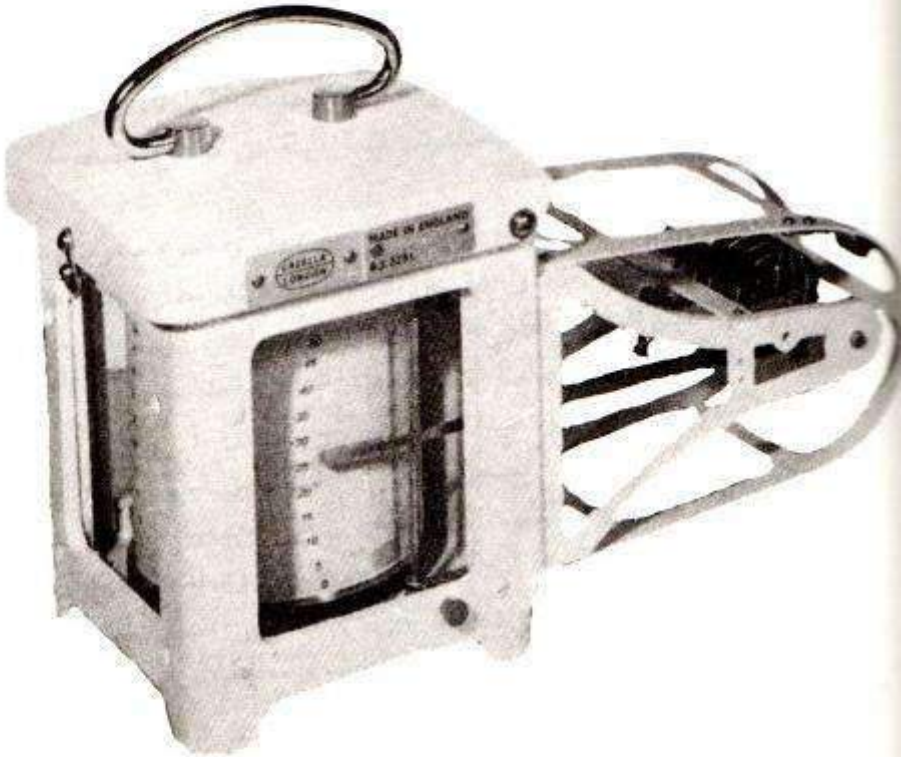


محرار لقياس حرارة التربة



محرار الدرجة العظمى والصغرى

محرار اعتيادي زئبقي



جهاز مسجل الحرارة (Thermograph)

اجهزة قياس الرطوبة النسبية

هناك عدة اجهزة نستطيع بواسطتها معرفة الرطوبة النسبية واهمها :

١ . المحرار الرطب والجاف

عبارة عن محرارين عاديين يحاط مستودع احدهما بقطعة مبللة من القماش متصلة باناء يملأ بالماء . شكل رقم (٣٠)

شكل رقم (٣٠) المحرار الرطب والجاف

ان فكرة هذا الجهاز مبينة على اساس اختلاف درجات الحرارة بين المحراريين الرطب والجاف نتيجة للتبخر . اذ كلما زاد النقص في التشبع (الرطوبة النسبية قليلة) كلما زاد التبخر من قطعة القماش وبالتالي زيادة الفرق بين المحرارين اذ يمكن استخراج الرطوبة النسبية من الجدول او الخطوط البيانية شكل رقم (٣١) الخاصة او مسطرة الرطوبة وادناه مثال توضيحي لذلك لو فرضنا درجة حرارة المحرار الجاف (٥٠) فْ والمحرار الرطب (٤٨) فْ فيكون الفرق بينهما (٢) فْ وتكون الرطوبة النسبية ٨٧ ٪ حسب الجدول التالي .

٢ . بسيكروميتر Psychrometer

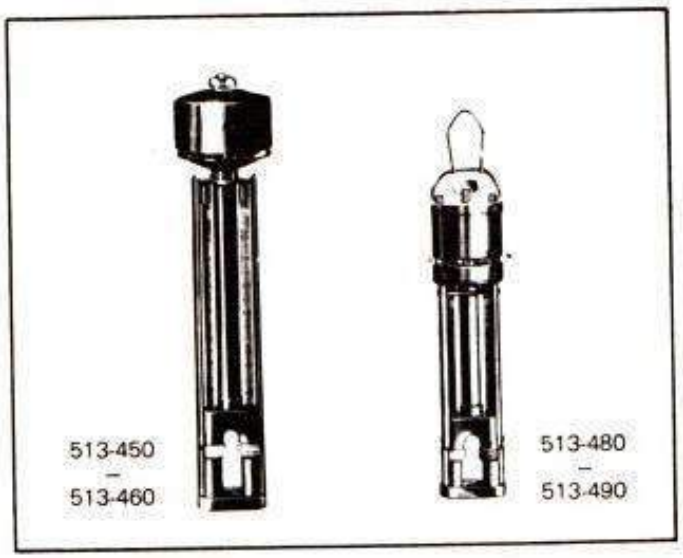
وهي اجهزة مبنية على نفس الاساس كما في المحرار الرطب والجاف . وهناك انواع عديدة منها .

أ . بسيكروميتر الدوار Sling Psychrometer

ب . بسيكروميتر القياسي Standard Psychrometer

جـ . بسيكروميتر اسمان Assmann Psychrometer

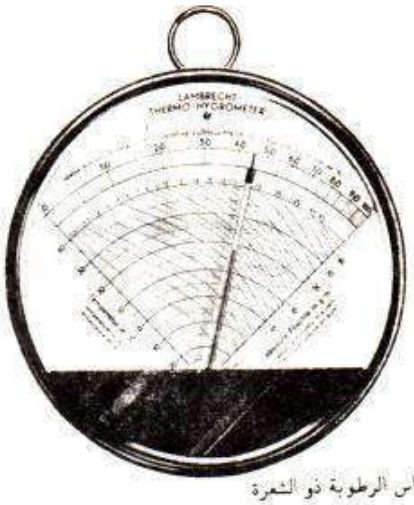
يتكون هذا الجهاز من محرارين رطب وجاف محاطين بغطاء لحجب اشعة الشمس المباشرة لتقليل تأثير الاشعاع . وهناك مروحة لسحب الهواء من انبوبة المحرارين . تصل دقة هذه الاجهزة الى ± ١ ٪ .



شكل رقم (٣٢) جهاز البسكروميتر

٣ . مقياس الرطوبة ذو الشعرة Hair Hygrometer

ان هذه الاجهزة مبنية على اساس اختلاف تمدد وتقلص الشعر (شعر الانسان او الحيوان) نتيجة اختلاف الرطوبة في الجو . وتكون احدى النهايتين ثابتة اما النهاية الثانية فمتصلة بواسطة عتلات بمؤشر يوضح مقدار الرطوبة النسبية على مدرج (Scale) . شكل رقم (٣٣)



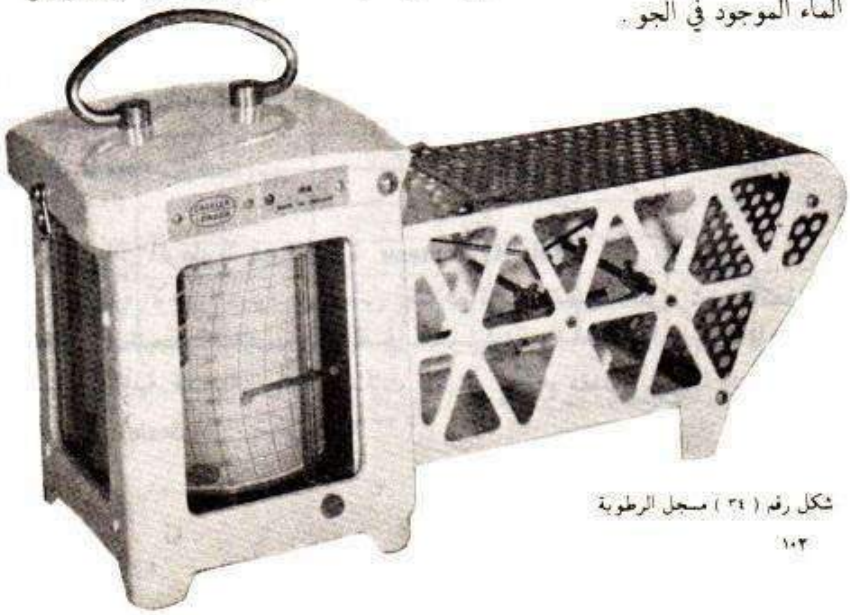
شكل رقم (٣٣) جهاز مقياس الرطوبة ذو الشعرة

ان حساسية هذه الاجهزة قليلة وتتأثر بغبار الجو والدهون والمركبات الكيمياوية لذلك يجب تنظيف وتعيير هذه الاجهزة بين حين وآخر .

٤ . مسجل الرطوبة Hygrograph

وهو مبني على نفس الاساس كما في الجهاز السابق وهناك مؤشر يملأ بحبر خاص يسجل الرطوبة النسبية لساعات اليوم المختلفة على اوراق بيانية خاصة حول اسطوانة دوارة شكل رقم (٣٤)

٥ . هناك انواع اخرى من الاجهزة تعتمد على انتقال الاشعة تحت الحمراء تسمى (Infrared) وتعتمد هذه الاجهزة على نسبة امتصاص الاشعة من قبل بخار الماء الموجود في الجو .



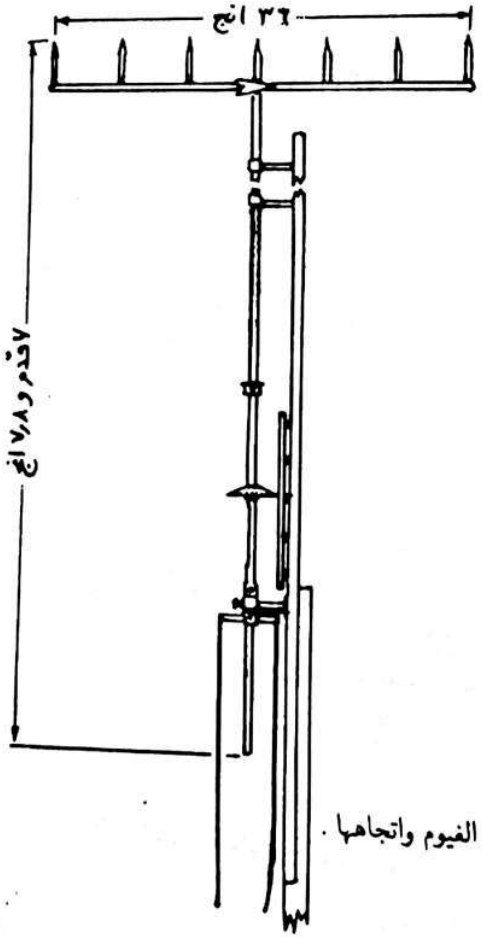
شكل رقم (٣٤) مسجل الرطوبة

المحاضرة الثالثة

قياس الغيوم

من المهم جداً معرفة وتقدير وقياس كمية الغيوم ، اتجاهها ، سرعتها ارتفاعها ، سمكها ، تكوينها وشكلها .

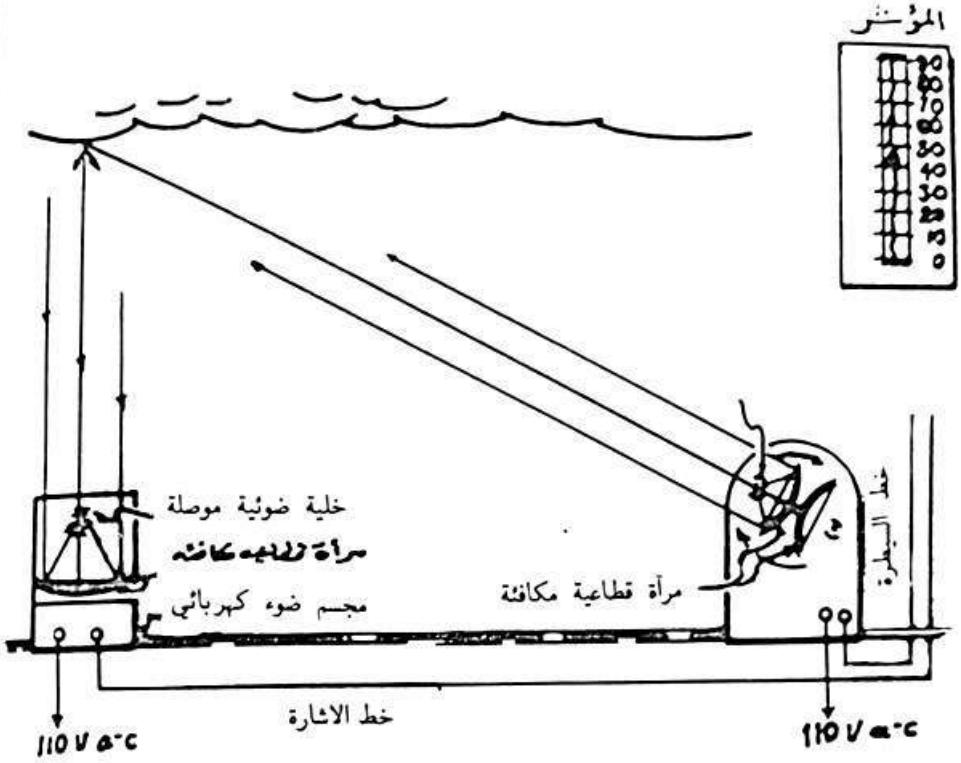
يمكن تقدير سرعة الغيوم واتجاهها عبر جهاز النيفوسكوب (Nephoskop) الشكل رقم (٤١) . وتستطيع معرفة حجم الغيوم وابعادها بواسطة جهازين من



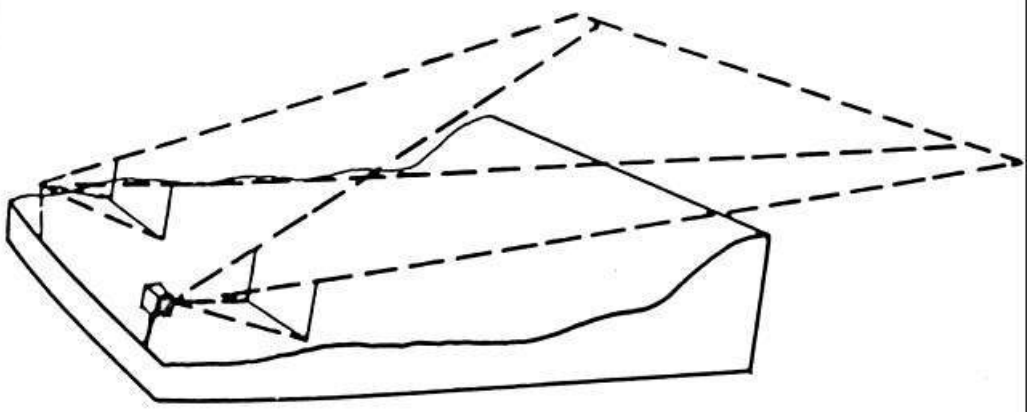
شكل رقم (٤١) جهاز نيفوسكوب لرصد سرعة الغيوم واتجاهها .

المحاضرة الثالثة

الات التصوير شكل رقم (٤٢) كذلك تستطيع معرفة ارتفاع السطح السفلي للغيوم بواسطة البالونات او الراديو صوند او اجهزة الثدولايت او السايلوميتر (٤٢ ب) ويستعمل الرادار في معرفة كل مايتعلق بالغيوم في الوقت الحاضر .



شكل(٤٢ ب)جهاز السايلوميتر لقياس ارتفاع الغيوم



شكل رقم (٤٢أ) استخدام آلات التصوير لقياس الغيوم

المحاضرة الثالثة

قياس الهطول

من المهم جداً معرفة المعدلات الشهرية والفصلية والسنوية والحدود العليا والدنيا والحياد العياري للسواقط في المنطقة حيث لها فائدة كبيرة في تصنيف مناخها وتحديد نوعية المزروعات الاقتصادية واجراء العمليات الزراعية كالحراثة والبذار وفترات السقي والحصاد .

يقاس الهطول بوحدات الطول كالملم او الانج الذي يعني سمك السواقط فوق السطح في فترة زمنية معينة .

يمكن حساب كمية المياه الساقطة في منطقة ذات محطات متعددة كما يلي :

١ . طريقة المتوسط الحسابي

حيث يقسم مجموع كميات الهطول لكافة المحطات على عددها

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + Pn}{N}$$

٢ . طريقة المتوسط الموزون

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون فروقات بين كميات السواقط والمساحات التي تمثلها المحطات . توصل المحطات بخطوط ويقام على منتصفها اعمدة بحيث تشكل مضلعات مختلفة المساحات تمثل كل منها محطة معينة وتحسب كمية السواقط كما يلي :

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + AnPn}{A}$$

حيث تمثل A_1, A_2, An = مساحة المضلعات ذات السواقط P_1, P_2, Pn على التوالي ويمثل A المساحة الكلية للمنطقة . لاحظ الشكل رقم (٤٧ أ) التوضيحي .

٣ . طريقة خطوط المطر المتساوية

هي الخطوط الموصلة بين المحطات المتساوية بكمية الهطول (تعتبر كمية الهطول الحقيقية لحساب خطوط المطر المتساوي ولا تعدل حسب مستوى سطح البحر) .

فلو فرضنا ان A_1, A_2, An تمثل مساحة الارض بين خطوط المطر المتساوية التي تسقط فيها كميات الهطول التالية P_1, P_2, Pn على التوالي يمكن ايجاد كمية الهطول حسب المعادلة السابقة . لاحظ شكل (٤٧ ب) التوضيحي .

المحاضرة الثالثة

٤. كيفية استخراج البيانات المفقودة للمحطات المهملة القياس خلال فترة معينة.

في حالة تعطل بعض المحطات عن القياس لفترة معينة يمكن تقدير كمية الهطول فيها عن طريق خطوط المطر المتساوي او عبر المعادلة التالية.

$$P_x = \frac{N_x \left(\frac{P_1}{N_1} + \frac{P_2}{N_2} + \dots \frac{Pn}{Nn} \right)}{n}$$

حيث ان

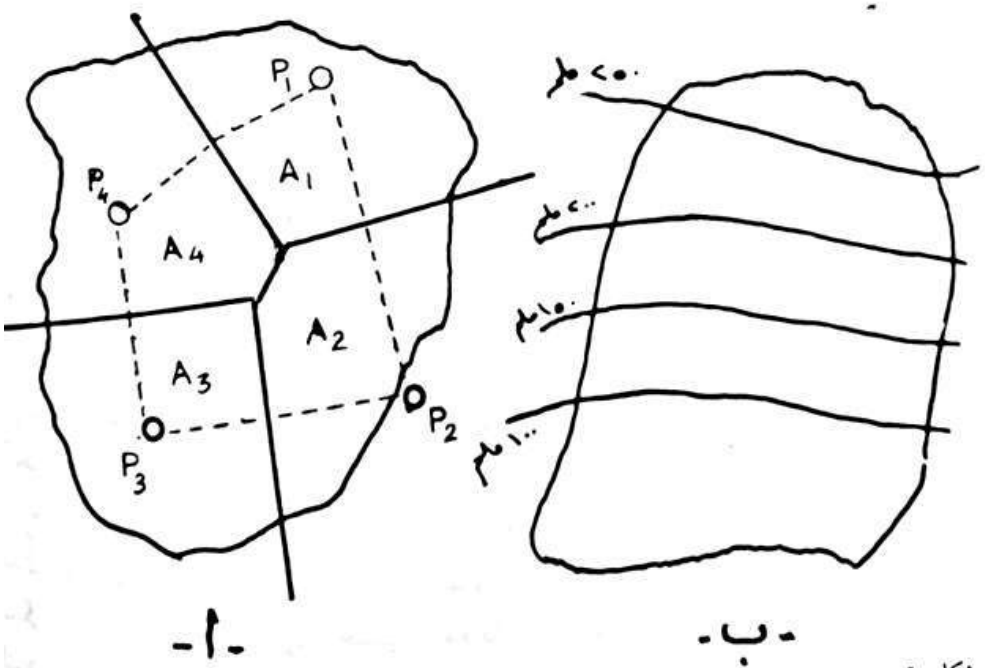
P_x = كمية الهطول غير المقاسة لفترة زمنية معينة

N_1, N_2, N_n = متوسط الهطول السنوي للمحطات المجاورة

P_1, P_2, P_n = كمية الهطول لنفس الفترة في المحطات المجاورة

N_x = متوسط الهطول السنوي للمحطة المفقودة البيانات

n = عدد المحطات عدى المحطة المفقودة



شكل رقم (٤٧) حساب متوسط الامطار بطريقة المتوسط الموزون (أ) وبطريقة خطوط المطر المتساوي (ب).

المحاضرة الثالثة

اجهزة قياس الامطار

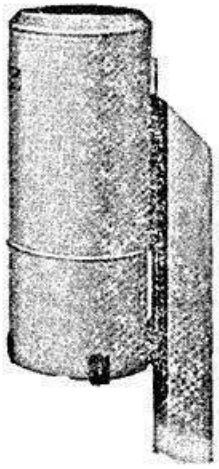
قياس الامطار عملية سهلة وغير معقدة حيث يمكن اجرائها باستعمال الاجهزة التالية .

١ ـ مقياس المطر Raingauge

وهو اسطوانة يوضع بداخلها اناء لتجميع المطر ويوضع فوق الاسطوانة قمع معلوم الفتحة لاستلام الامطار ، ويلحق بهذا الجهاز انبوبة القياس الخاصة بذلك . لاحظ شكل رقم (٤٨) .

٢ ـ مقياس المطر المرئي Visual Raingauge

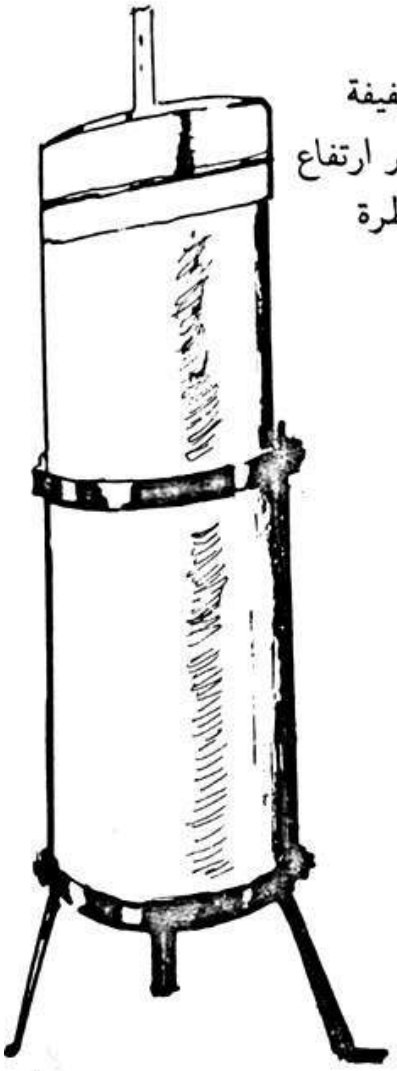
وهو وعاء زجاجي مدرج نستطيع بواسطته قرائة كميات الامطار بصورة مباشرة . لاحظ الشكل رقم (٤٩) .



شكل رقم (٤٨) مقياس المطر

شكل رقم (٤٩) مقياس المطر المرئي

المحاضرة الثالثة



شكل رقم (٥٠) مقياس المطر ذو الطوافة .

٣ ـ مقياس المطر ذو الطوافة .

وهو اسطوانة داخلها طوافة متصلة بمسطرة خفيفة مدرجة . فعند سقوط المطر ترتفع المسطرة بتأثير ارتفاع الطوافة حيث نستطيع قرائة كمية المطر على المسطرة المدرجة مباشرة لاحظ الشكل رقم (٥٠)

٤ ـ مسجل الامطار recording Raingauge

وهو اسطوانة داخلها طوافة متصلة بمؤشر يوضع فيه حبر خاص فعند سقوط الامطار ترتفع الطوافة ويرتفع المؤشر الذي يسجل كمية الامطار على اوراق بيانية ملفوفة على اسطوانة تدور بواسطة ساعة .

يتم التفريغ ذاتياً بواسطة عملية السيفون (لاحظ شكل رقم (٥١)

ب ـ اجهزة قياس الثلج

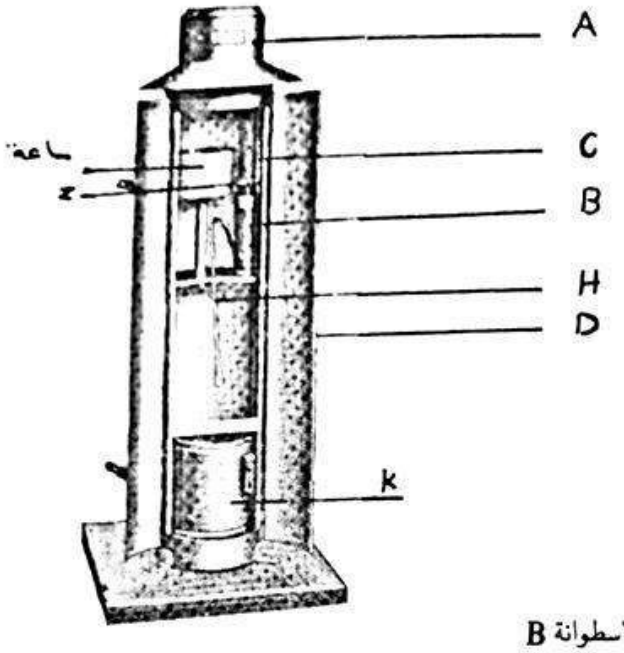
يمكن قياس الثلج بواسطة عدة طرق وهي :

١ . بطريقة الذوبان حيث يذوب الثلج بعد تجمعه باجهزة المطر الاعتيادية .

٢ . قياس سمك الثلج بواسطة مسطرة وينبغي هنا معرفة كثافة الثلج ايضاً .

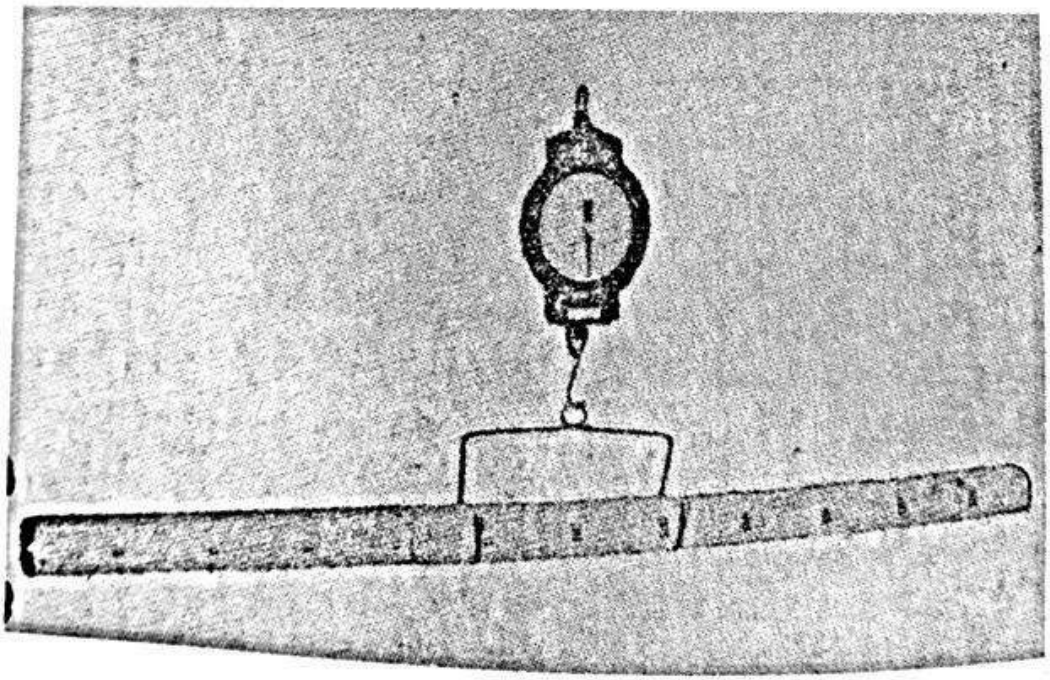
٣ . بواسطة انبوبة قياس الثلج المدرجة المعروفة الوزن وبعد وضعها في الثلج توزن مرة ثانية والفرق بين الوزنين هو كمية المياه الساقطة (لاحظ الشكل رقم (٥٢)

المحاضرة الثالثة



A - قمع استقبال المطر
B - اسطوانة تجمع الامطار
C - طوافة
D - غلاف الجهاز
K - اناء تجمع الامطار بعد التفريغ من الاسطوانة B
H - انبوبة التفريغ (طريقة السيفون).
Z - مؤشر التسجيل

شكل رقم (٥١) مسجل الامطار



شكل رقم (٥٢) مقياس الثلج

قياس التبخر : ـ

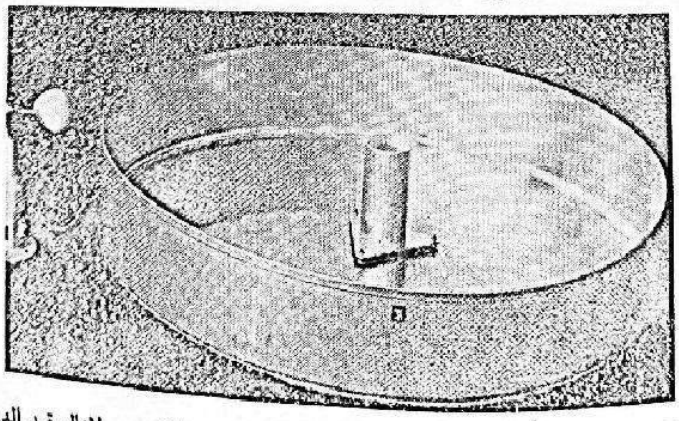
من العوامل المهمة جداً للزراعة التي يجب دراستها ومعرفتها كمية التبخر / نتح التي تقاس عادةً بوحدة الطول (بالملم او الانج) وقياس التبخر / نتح من العمليات المعقدة وبالاخص التبخر / نتح الحقيقي المتأثر بعوامل عديدة كما شرح ذلك سابقاً .

توجد طرق عديدة لقياس التبخر / نتح منها

١ ـ التبخر من المسطحات المائية :

أ ـ حوض التبخر : ـ Water Pans .

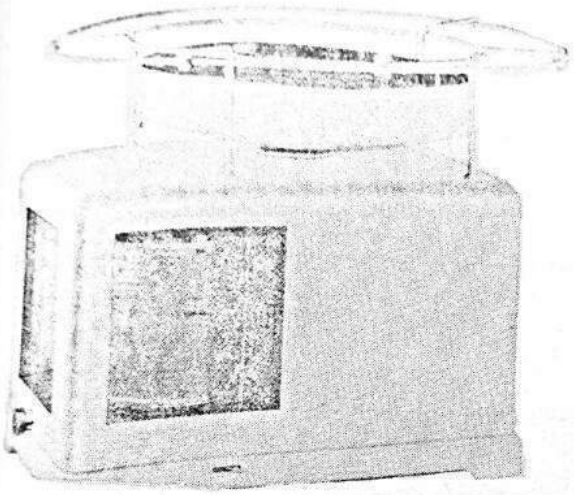
وهي احواض معدنية مطلية باللون الابيض يوضع في وسطها مقياس التبخر ان مقدار التبخر (ملم او انج) خلال فترة زمنية معينة (عادة يوم واحد) هو مقدار النقص في مستوى ارتفاع الماء في الحوض خلال نفس الفترة من انواع هذه الاحواض هي (Pan A) الامريكي* والتجارب . شكل رقم (٥٨)



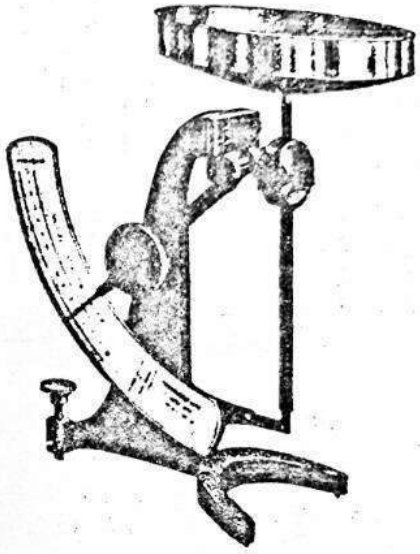
* و (G G A) السوفيتي وهناك نوع ثالث مقترح يجمع بين مزايا النوعين لازال قيد الدرس

ب ـ ميزان التبخر

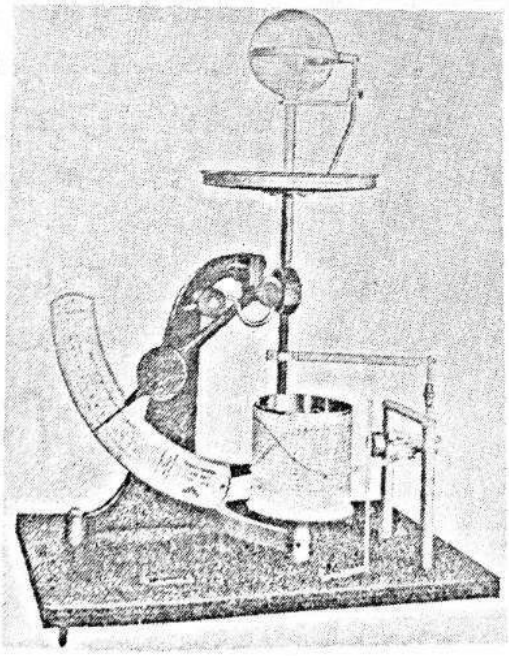
وهو اناء اشبه بكفة الميزان يملأ بالماء ويتصل بواسطة عتلات بمؤشر لرسم الخط البياني على اوراق بيانية خاصة ملفوفة حول اسطوانة تدور بواسطة ساعة . ان فكرة هذا الجهاز مبنيـة على اساس فقدان الوزن نتيجة التبخر شكل رقم (٥٩)



مسجل التبخر



نوع (Wild)



شكل رقم (٥٩) بعض اجهزة قياس وتسجيل التبخر

توجد اخطاء في قياسات الجهازين (أ ، ب) حيث انها تعطي ارقاماً اعلى من التبخرات الحقيقية من المسطحات المائية وذلك لتأثيرها بالاشعاعات الشمسية ويمكن استعمالها للمقارنة بين المناطق المناخية والاشهر المختلفة

جـ ـ الطرق الحسابية :

يمكن تقدير التبخر عن طريق المعادلات الحسابية فلقد وجد (1931, PRESCOTT) في استراليا بأن التبخر يتعلق بالمعدل السنوي للنقص في التشبع حسب المعادلتين التاليتين .

$$Ew = 230\ Sd$$
$$ew = 21\ Sd$$

حيث يعني : ـ

Ew = مجموع التبخر السنوي من المسطحات المائية (انج)

ew = مجموع التبخر الشهري من المسطحات المائية (انج)

Sd = المعدل السنوي للنقص في التشبع (انج / زئبق)

اما دالتون (DALTON) فقد اعتمد على النقص في التشبع (E- e) وعلى سرعة الرياح (ميل / ساعة) عند مستوى سطح الماء (Uo) في ايجاد التبخر (V) كما في المعادلة التالية

$$V = (E-e)(0{,}40 + 0{,}108\ Uo)$$

٢ ـ التبخر / نتح من الاراضي : ـ

يكون التبخر من الاراضي اكثر تعقداً من المسطحات المائية وذلك لاشتراك تأثير عوامل التربة والغطاء النباتي بالاضافة الى تأثير العوامل الجوية .

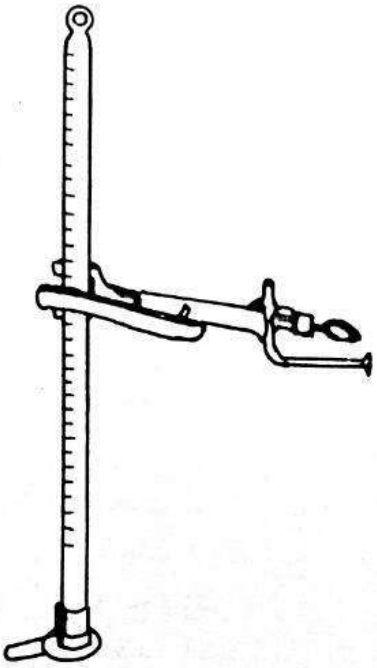
يمكن قياس التبخر او التبخر نتح من الاراضي حسب مايلي : ـ

أ ـ انبوبة التبخر Piche Evaporimeter

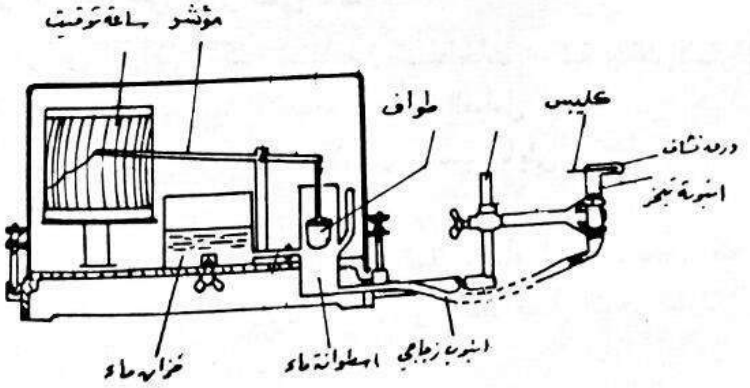
وهي انبوبة مدرجة مفتوحة من طرف واحد تملأ بالماء المقطر ، تغطى فتحة الانبوبة بورق خاص (نشاف) شكل رقم (٦٠) ، ويحسب مقدار التبخر استناداً الى النقص الحاصل في مستوى الماء بالانبوبة .

ب ـ اجهزة Evaporigraph

وهذه الاجهزة مبينة على نفس اساس الجهاز السابق وهي مفتوحة الطرفين يغطى احدهما بورق النشاف ويتصل الآخر بمستودع ماء يحتوي على طوافة متصلة بمؤشر لرسم الخط البياني للتبخر على اوراق بيانية خاصة ملفوفة حول اسطوانة تدار بواسطة ساعة . شكل رقم (٦١) .



شكل رقم (٦٠) انبوب (Piche) لقياس التبخر



شكل (٦١) جهاز تسجيل التبخر

عند حصول التبخر تنخفض الطوافة وبالتالي ينخفض المؤشر بشكل تدريجي وتستطيع عبر هذا الجهاز معرفة مقدار التبخر خلال الساعات المختلفة من اليوم .

ج ـ اجهزة الليزيمتر Lysimeter

وهي اوعية معدنية تملأ بالتربة وتوضع داخلها وهناك انواع عديدة وحجوم مختلفة وتعتمد قياساتها على اساسين هما .

١ ـ اليزيمتر ذو الصرف : Drainge Lysimeter

يمكن معرفة الاستهلاك المائي للنباتات المختلفة بواسطة هذه الاجهزة وهي تعتمد على الفرق بين الماء المضاف والماء الفائض حسب المعادلة التالية : ـ

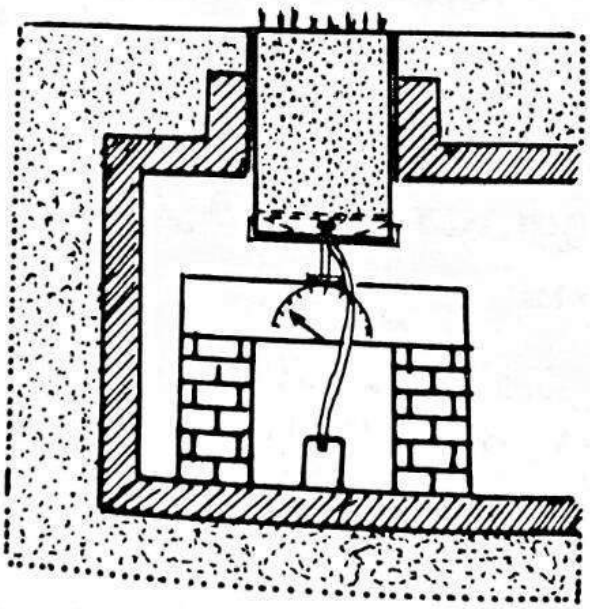
$$ET ; = P - U$$

حيث يمثل ; ET مقدار الاستهلاك المائي للنبات وهو يساوي التبخر / نتح + الماء المستعمل للنبات .

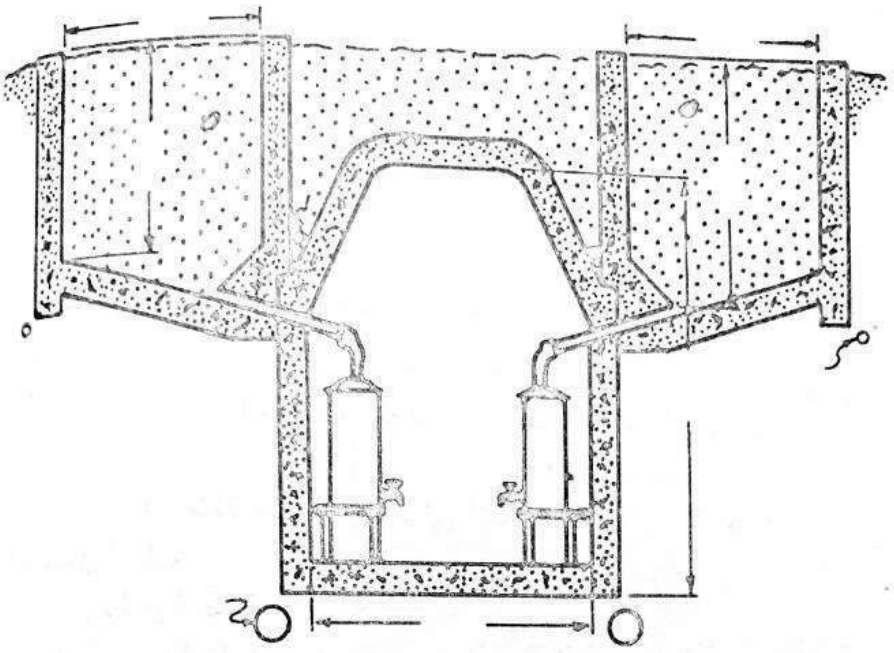
P = مياه السواقط او المضافة بالسقي

U = الماء الفائض من اسفل اليزيمتر

لاحظ شكل رقم (٦٢) التوضيحي



شكل رقم (٦٢) الرسم التوضيحي للبيزوميتر الوزني (أ)



شكل رقم (٦٢) الرسم التوضيحي للبيزوميتر الوزني P وذو الصرف (ب)
اسطوانة جمع الماء ـ أ ـ ـ ب ـ

٢ ـ الليزيمتر الوزني : ـ Weighting Lysimeter

تعتمد هذه الاجهزة في قياس التبخر / نتح على اختلاف الوزن بين فترة واخرى حسب المعادلة التالية : ـ

$$ET = P \pm Ms$$

حيث يعني (Ms) التغير في وزن الليزيمتر خلال فترة التقدير .

ان مساوىء الليزيمترات هو تفتت التربة عند الاملاء والاخطاء الحاصلة من تأثير جوانب الجهاز وضرورة انتظارها لفترة من الزمن حتى نحصل على نتائج جيدة بالاضافة الى انها غالية وصعبة النقل .

ولتلافي الاخطاء او التقليل منها يجب مراعاة مايلي :

١ ـ ان يكون حجمها كبير نسبياً لتلافي اخطاء الجوانب .

٢ ـ ان تكون ظروف الليزيمتر مشابه لظروف الحقل ونراعي عدم تفتت التربة عند الاملاء قدر الامكان .

٣ ـ تزرع الارض المجاورة بنفس المحصول الزراعي داخل الليزيمتر ويعامل بنفس المعاملات

د . قياس النتح بالطرق الفسيولوجية

يستمر النتح بعد قطع الاوراق من النبات لبضعة دقائق قليلة . لذلك اصبح من الممكن معرفة مقدار النتح عن طريق قطع الاوراق ووزنها بفترات قصيرة فالفروق بين الوزنين عبارة عن النتح في تلك الفترة .

ليست لهذه الطريقة اهمية بالنسبة للموازنة المائية وهي عرضة لاخطاء كبيرة وذلك بسبب الاختلاف الكبير بين ورقة واخرى من حيث موقعها على النبات واختلاف النتح باختلاف الحرارة .

كما استعملت في الزراعة بعض الاواني او الاوعية لقياس الاستهلاك المائي وايجاد افضل نمو وانتاج وليست لهذه الطريقة ايضاً اهمية من الناحية الهدرولوجية . حيث لاتمثل هذه الاواني الواقع الطبيعي لنمو الشتلات واختلاف تأثير الظروف الجوية عليها وعلى الوسط الفعلي للزراعة الا وهو التربة .

هـ ـ المعادلات :

لقد استعملت معادلات عديدة لاستخراج التبخر او النتح استندت على ظروف جوية مختلفة ومن هذه المعادلات هي / ـ

١ ـ معادلة KALWEIT

لقد استعمل (H. KALWEIT, 1953) المعادلتين التاليتين في المانيا الديمقراطية وهي

$$Vw = c + dt$$
$$Vw = a + bs$$

حيث يعني :

Vw = التبخر / نتح الشهري (ملم)

a,b,c,d = ثوابت تستخرج تجريبياً حسب الفصول

S = المعدل الشهري للنقص في التشبع (E- e) وهذا يستخرج من جدول البسكروميتر المرقم (٢٧) او من الشكل رقم (٦٣) عند معرفة درجة الحرارة والرطوبة النسبية .

t = المعدل الشهري لدرجات الحرارة (مْ)

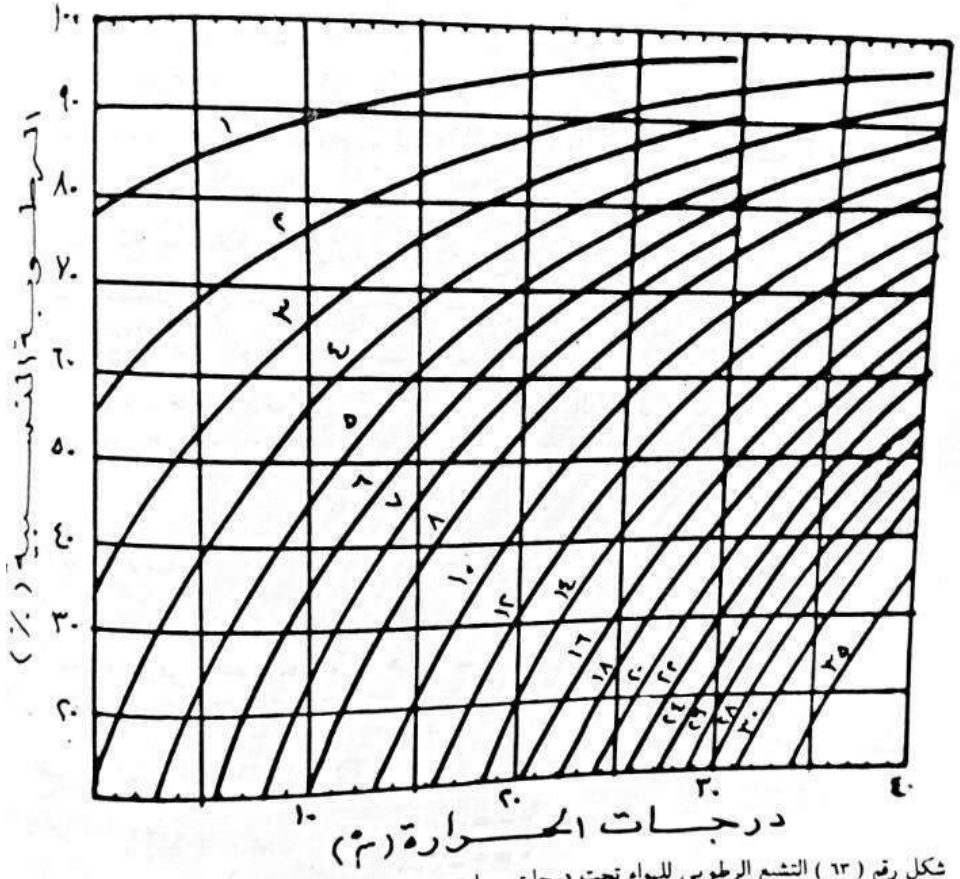
لقد وجد (KALWEIT) العلاقة التالية بالنسبة للحشائش في الشتاء في منطقة مائها الارضي مرتفع

$$Vw = -1,2 + 12,06\ s$$
$$Vw = 5,1 + 1,64\ t$$

اما في الصيف فكانت العلاقة مايلي

بالنسبة للحشائش
$$Vw = -6,2 + 20,47\ s$$

بالنسبة لشتلات الصنوبر
$$Vw = 2,8 + 13,285\ s$$



شكل رقم (٦٣) التشبع الرطوبي للهواء تحت درجات حرارة مختلفة

٢ ـ معادلة : ـ COUTAGNE

لقد اعتمد (A. COUTAGNE, 1942) (١) على المعدل السنو للحرارة (t) في استخراج التبخر في اواسط افريقيا كما في المعادلتين التاليتين .

$$v = 50,4\ t$$
$$v = 210 + 30\ t$$

(١) مأخوذ من (KELLER, 1962. P. 52)

ولقد اضاف الضغط الجوي (B) مقاساً بالملم زئبق الى المعادلة السابقة بالنسبة للمناطق المرتفعة واصبحت المعادلة كما يلي : ـ

$$v = (210 + 30\ t) \frac{760}{B}$$

	م	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
فوق الثلج	− ١٠	٢,٠	١,٨	١,٦	١,٥	١,٤	١,٢	١,١	١,٠	٠,٩	٠,٩
	− ٠	٤,٦	٤,٢	٣,٩	٣,٦	٣,٣	٣,٠	٢,٨	٢,٥	٢,٣	٢,١
فوق الماء	− ١٠	٢,١	٢,٠	١,٨	١,٧	١,٦	١,٤	١,٣	١,٢	١,١	١,٠
	− ٠	٤,٦	٤,٣	٤,٠	٣,٧	٣,٤	٣,٢	٢,٩	٢,٧	٢,٥	٢,٣
	+ ٠	٤,٦	٤,٩	٥,٣	٥,٧	٦,١	٦,٥	٧,٠	٧,٥	٨,٠	٨,٦
	+ ١٠	٩,٢	٩,٨	١٠,٥	١١,٢	١٢,٠	١٢,٨	١٣,٦	١٤,٥	١٥,٥	١٦,٥
	+ ٢٠	١٧,٥	١٨,٧	١٩,٨	٢١,١	٢٢,٤	٢٣,٨	٢٥,٢	٢٦,٧	٢٨,٤	٣٠,٠
	+ ٣٠	٣١,٨	٣٣,٧	٣٥,٧	٣٧,٧	٣٩,٩	٤٢,٢	٤٤,٦	٤٧,١	٤٩,٧	٥٢,٥

جدول رقم (٢٧) ضغط بخار الماء المشبع (E) تبعاً لدرجات حرارة مختلفة فوق الماء والثلج

التبخر / نتح الممكن : ـ

١ ـ معادلة BLANEY and : CRIDDLE, 1950

يستفاد من معادلة بلاني وكريدل في استخراج الاستهلاك المائي (Consumptive- use) الذي يعني مجموع التبخر / نتح بالاضافة الى استعمال المياه من قبل النبات .

$$Ue = K\ T\ B$$

حيث يعني ،

Ue = الاستهلاك المائي الشهري

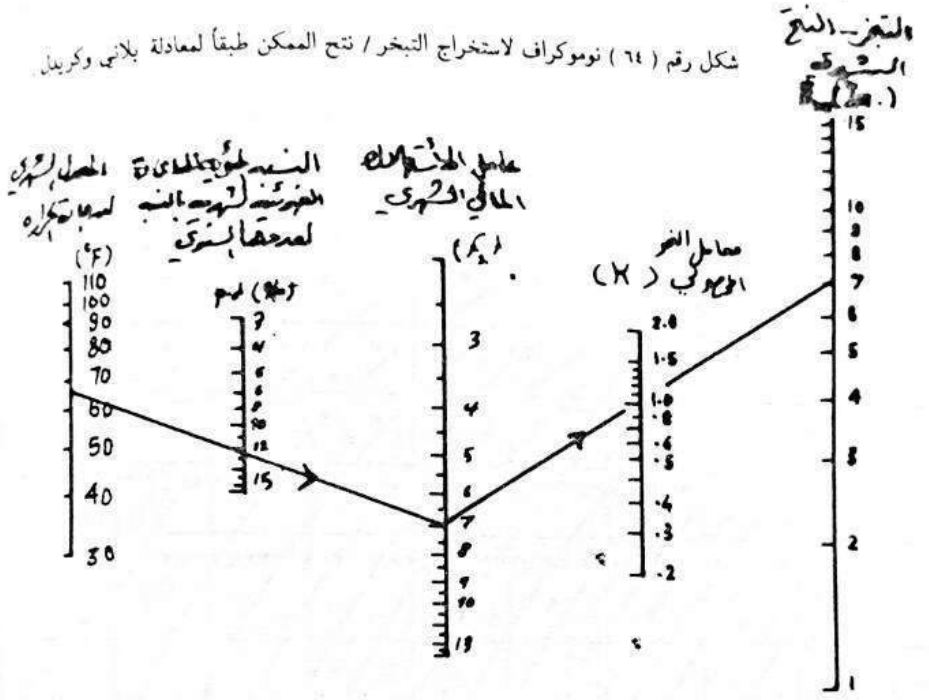
K = الثابت النباتي الذي يتوقف على نوع المحاصيل وفترة نموها ، ويقدر تجريبياً .

T = المعدل الشهري للحرارة بالفهرنهايت .

B = النسبة المئوية (٪) لفترة سطوع الشمس الشهري الى مجموع فترة السطوع السنوي التي يمكن استخراجها من الجدول رقم (٢٨) .

كما نستطيع ان نستعمل النوموكراف شكل رقم (٦٤) بدلاً من المعادلة عند معرفة المعدل الشهري لدرجات الحرارة ونسبة فترة السطوع والمعامل التجريبي للمحاصيل .

شكل رقم (٦٤) نوموكراف لاستخراج التبخر / نتح الممكن طبقاً لمعادلة بلاني وكريدل



٢ ـ معادلة THORNTHWAITE

لقد اعتمد (THORNTHWAITE, 1945) على درجات الحرارة بشكل اساسي لاستخراج التبخر / نتح حسب المعادلة التالية :

$$ET = 1,6 \left(\frac{10\ t}{I} \right)^a$$

حيث يعني :

ET = التبخر / نتح الممكن لمدة (٣٠) يوماً والنهار (١٢) ساعة .

t = المعدل الشهري لدرجات الحرارة (مْ)

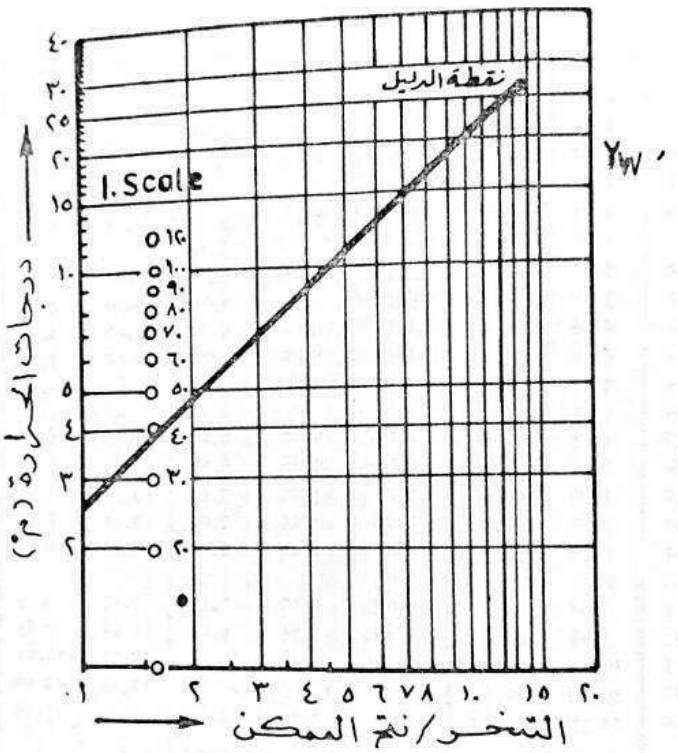
I = دليل الحرارة السنوية وهي عبارة عن المجموع السنوي لـ $\Sigma_{12} \left(\frac{t}{S} \right)^{1,514}$

$$a = 0,000\,000\,675(I)^3 - 0,000\,0771(I)^2 + 0,01792\ (I) + 0,049239$$

ولقد وجد (GENTILLI, 1953) بأن (a) تساوي

$$a = \frac{0,9262188}{2,4232459 - \text{Log } I}$$

وتسهيلاً لاستخراج التبخر / نتح من الناحية العلمية عمل التوموكراف شكل رقم (٦٥)



شكل رقم (٦٥) نوموكراف لاستخراج التبخر / نتح الممكن طبقاً لمعادلة ثورنثوايت

الخطوات التي يجب اتباعها لاستخدام التبخر / نتح من النوموكراف السابق :

١ - يجب معرفة المعدلات الشهرية للحرارة

٢ - موقع المحطة من خطوط العرض

٣ - نستخرج دليل الحرارة الشهرية (i) من الجدول رقم (٢٨) وبجمع ادلة الحرارة لكافة اشهر السنة نحصل على دليل الحرارة السنوي (I) .

٤ - نربط نقطة الدليل بالرقم الذي حصلنا عليه في (٣)

٥ - التبخر / نتح عبارة عن نقطة تقاطع خط المعدل الشهري لدرجات الحرارة مع الخط الرابط بين نقطة الدليل ونقطة دليل الحرارة السنوية (I- scale)

لقد ذكر (GENTILLI, 1953) بأن استعمال معادلة ثورنثوايت لم تعطى نتائج دقيقة في استراليا وقد اثبتت (S. UHLIG, 1954) عدم اعطاء معادلة ثورنثوايت نتائج مقتنعة في وسط اوربا .

٣ ـ معادلة LEEPER

استند (LEEPER, 1950) على المعدل الشهري لدرجات الحرارة (T) والمعدل السنوي (m) وضغط بخار الماء المشبع لدرجة الحرارة كما يلي .

$$ET = 4{,}4\ s + (T - m)$$

٤ ـ معادلة : PENMAN

لقد قاس بنمان في البداية كمية التبخر من المسطحات المائية واستند على عدة عوامل جوية كالاشعاع والحرارة والرطوبة والرياح حسب المعادلات التالية ،

$$Vo = \frac{2D \ . \ H + Va}{2D + 1}$$

حيث يعني : ـ

Vo = التبخر نتح من المسطحات المائية خلال فترة معينة

D = ميل منحنى ضغط بخار الماء المشبع (ملم زئبق) عند معدل درجة حرارة الهواء (مْ) في صندوق المحارير لنفس الفترة .

يمكن استخراج قيمة D من جداول البسكروميتر .

H = كمية الحرارة عند سطح الارض معبراً عنها بكمية الماء الممكن تبخرها في يوم واحد (ملم / يوم)

Va = معامل النقل البخاري .

نستطيع ان نحصل على (H) و(Va) من المعادلتين التاليتين .

$$H = \frac{RA}{59}(1-r)\left(0{,}18 + 0{,}55\frac{n}{N}\right) - 0T^4\,(0{,}56 - 0{,}09\ e).\left(0{,}10 + 0{,}9\frac{n}{N}\right)$$

$$V_a = 0{,}35\ (1 + 0{,}15\ U_2)\ (E - e)$$

حيث يعني : ـ

r = معامل انعكاس سطح الارض الذي يساوي ٠,٠٥ لسطح مائي و ٠,٢٥ لسطح مكسو بغطاء نباتي .

R_A = مجموع الاشعاع الشمسي المستلم من اعلى الغلاف الجوي مقاساً باللانكلي / يوم ويمكن الحصول عليها من جداول

(Smithsonian Meteorological Table (132), Washington, 1951)

$\frac{R_A}{59}$ = كمية الماء (ملم / يوم) الممكن تبخرها عبر مجموع الاشعاع الشمسي R_A

n = فترة سطوع الشمس مقاسة بالساعات

N = فترة سطوع الشمس الفلكية مقاسة بالساعات

E = معدل ضغط بخار الماء المشبع (ملم / زئبق) وهو يتعلق بمعدل درجة الحرارة لفترة معينة (شهر) .

e = معدل ضغط بخار الماء الفعلي (ملم زئبق) الذي يستخرج عبر جهاز البسكروميتر

U_2 = معدل سرعة الرياح على ارتفاع (٢) م مقاساً بـ (كم / ساعة) .

σ = ثابت (Stefan- Boltzmann) = ٨,١١٣٧ × ١٠-١١ سعرة / سم٢ / دقيقة

T = معدل درجة الحرارة مقاسة بالدرجة المطلقة (K)

σT^4 = اشعاع الجسم الاسود في درجة حرارة (T) مقاساً بالسعرة / سم٢ / دقيقة ويستخرج من جدول (Smithsonian Meteorological Table, 129)

واذا ماارید ایجاد التبخر / نتح من اراضي مكسوة بغطاء نباتي ، يضرب (Vo) مع معامل خاص ثابت لكل الانواع النباتية ولكنه متغير حسب الفصول .

المعامل	الفترة
٠,٦	تشرين ثاني ـ شباط
٠,٧	مارت / نيسان / ايلول / تشرين اول
٠,٨	مايس ـ آب
٠,٧	المعدل السنوي

٥ ـ معادلة ALBRECHT

لقد اعتمد (ALBRECHT, 1951) على المعدل الشهري للنقص في التشبع وسرعة الرياح كما في المعادلة التالية :

$$V = F (E - e)$$

حيث يعني : ـ

V = كمية التبخر / نتح الشهري (ملم) واطلق عليها اصطلاح التبخر الممكن

E = معدل ضغط بخار الماء المشبع

e = معدل ضغط بخار الماء الفعلي

F = معامل يتعلق بسرعة الرياح حسب الجدول التالي

سرعة الرياح	المعامل لليوم الواحد	المعامل للشهر
٣,٦	٠,٥٣	١٦
٣	٠,٤٧	١٤
٢,٤	٠,٤٠	١٢
١,٨	٠,٣٣	١٠
١,٢	٠,٢٧	٨
٠,٦	٠,٢٠	٦
٠	٠,١٣	٤

لقد ذكر (UHLIG, 1954) بأن نتائج معادلة Albrecht منخفضة نسبياً ومن الممكن الحصول على نتائج افضل في حالة استعمال المعامل (١٦) حتى ولو كانت سرعة الرياح اقل من (٣,٦) كم / ساعة .

٦ ـ معادلة Haude

لقد استعمل(HAUDE, 1955,1959) النقص في التشبع عند الساعة الرابعة عشر وعلى ارتفاع (٢) م بدلاً من المعدل الشهري عند عدم حصول زخات مطرية خلال فترة قياس التبخر / نتح .

$$V = b (E - e)$$

لقد استعمل كل من (UHLIG, 1954) (KORTE, 1958) معادلة (Haude) في المناطق القارية والمناطق البحرية على التوالي في المانيا وحصلوا على نتائج جيدة حيث ضرب (E- e) بمعامل ثابت حسب الاشهر كما يلي

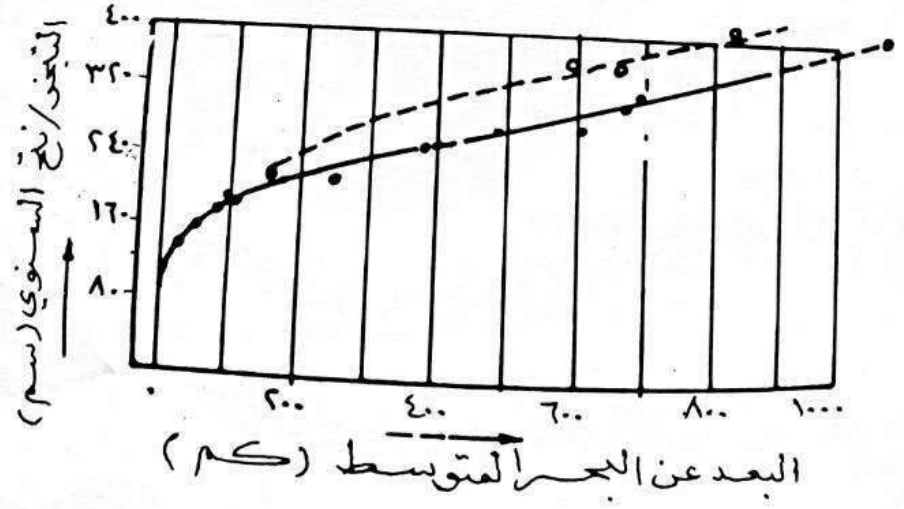
المعامل	الفترة
٠,٢٦	تشرين اول ـ شباط
٠,٣٣	آذار
٠,٣٩	نيسان مايس
٠,٣٧	حزيران
٠,٣٥	تموز
٠,٣٣	آب
٠,٣١	ايلول

ولقد استعمل (Haude) معادلته بنجاح في جمهورية مصر العربية حيث ضرب (E- e) بالمعامل التالي

شباط ـ ايلول ٠,٣٧

تشرين اول ـ كانون ثاني ٠,٢٦

كما وجد بأن هناك علاقة ما بين التبخر / نتح والبعد عن البحر كما في الشكل رقم (٦٦)



شكل رقم (٦٦) تأثير البعد عن البحر على التبخر / نتح

المحاضرة الخامسة

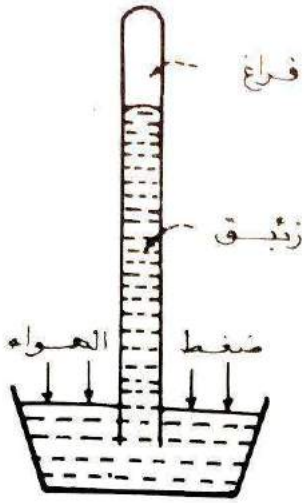
اجهزة قياس الضغط الجوي :

١ . البارومتر الزئبقي Mercury Barometer

هو انبوب مدرج مملوء بالزئبق مفتوح من طرف واحد . يوضع هذا الانبوب في حوض فيه زئبق شكل رقم (٧٢) ان اي تغير يطرأ على الضغط الجوي يؤدي الى ارتفاع او انخفاض مستوى الزئبق في الانبوبة .

وهناك انواع عديدة من البارومترات الزئبقية منها بارومتر فورتن (Fortin) وبارومتر البحار ويكون الاخير قصير الانبوبة ومقاوم للحركة المستمرة

عند استعمال البارومترات الزئبقية يجب ان تعدل القراءات حسب الظروف القياسية وهي مستوى سطح البحر وخط عرض ٤٥° ودرجة الصفر المئوي (يتوقف على الجهة الصانعة للبارومتر) ويكون التعديل عبر الجداول الخاصة المرقمة .



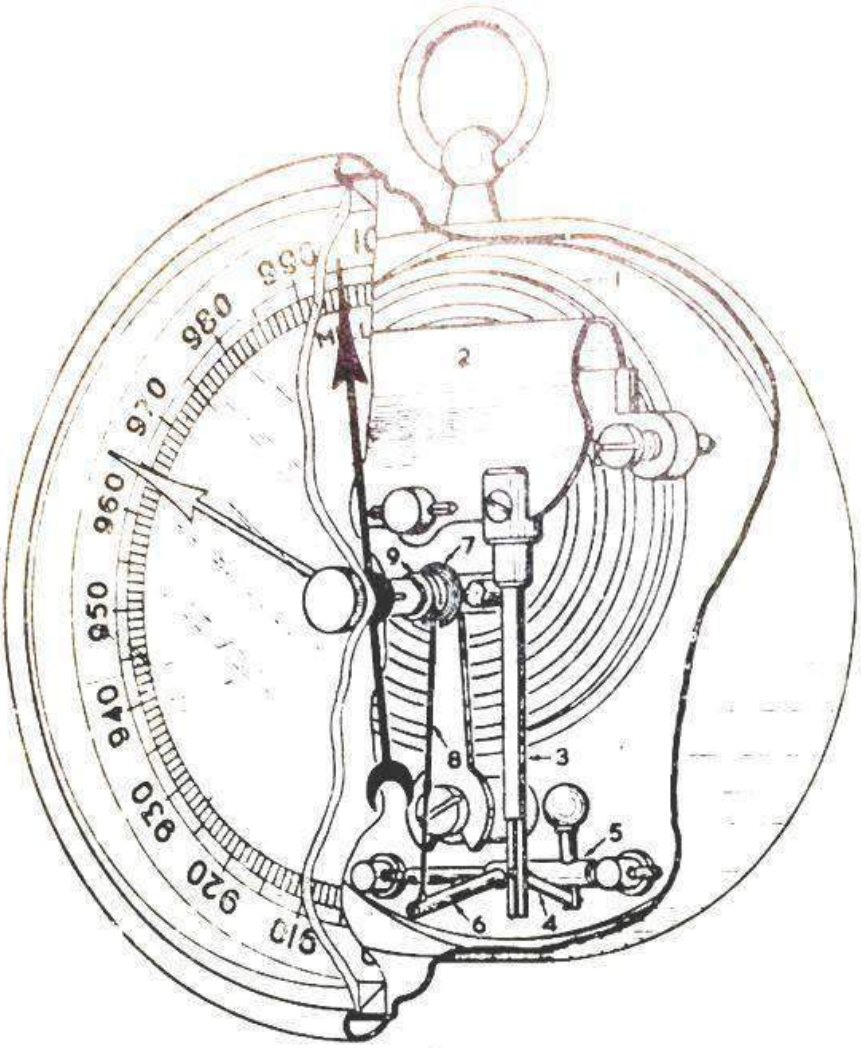
شكل رقم (٧٢) البارومتر الزئبقي

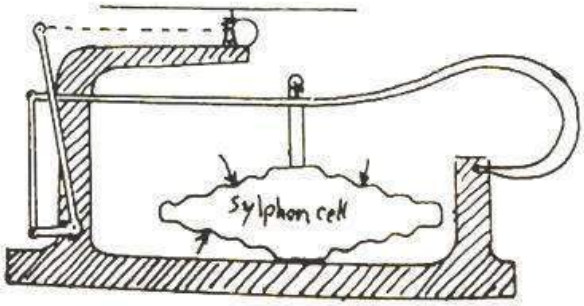
٢ . البارومتر المعدني Aneroid Barometer

بالرغم من ان صحة قراءات هذه الانواع من البارومترات اقل من الزئبقية الا ان استعمالها شائع وبسيط حيث ان الجهاز سهل التنقل اذ يتكون من علبة معدنية رقيقة وحساسة ومفرغة من الهواء ومتصلة عبر عتلات بمؤشر يوضح الضغط الجوي على لوحة مدرجة . ان اي تغيير في الضغط الجوي يؤدي الى حركة المؤشر يميناً او يساراً على لوحة التدريج كما في الشكل رقم (٧٣) .

ان اجهزة قياس الارتفاع مبنية على العلاقة بين الضغط الجوي والارتفاع وما هذه الاجهزة الا جزءاً من البارومترات المعدنية يضاف اليها مدرج للارتفاعات .

المحاضرة الخامسة



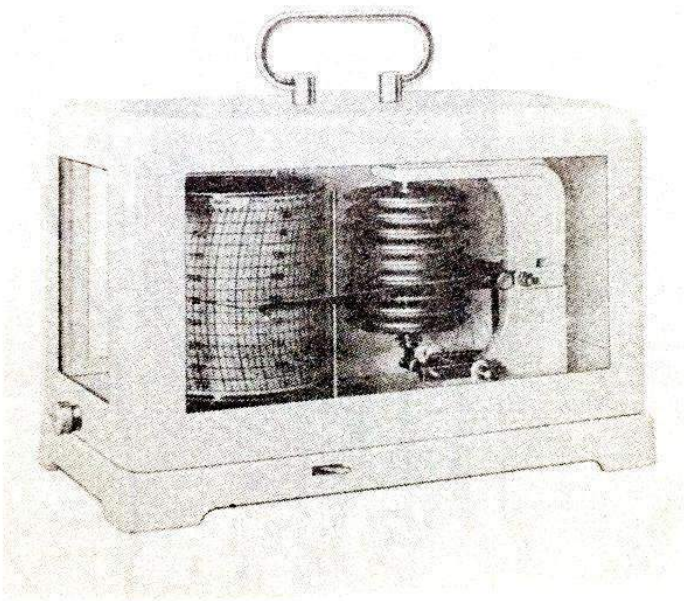


شكل رقم (٧٣) جهاز البارومتر المعدني

المحاضرة الخامسة

٣ . البارومتر المسجل Barograph

مبني على نفس الاساس كما في الجهاز السابق مع اضافة جهاز ساعة يعمل على تدوير اسطوانة ملفوفة بورقة قياس تسجل عليها قياسات الضغط الجوي بواسطة مؤشر خاص لهذا الغرض شكل رقم (٧٤) .



شكل رقم (٧٤) البارومتر المسجل (Barograph)

قياس حركة الرياح والاجهزة المستعملة

تشكل حركة الرياح :-

أ ـ سرعة الرياح Wind speed

وهذه تقاس بوحدات متر / ثانية . كم / ساعة . ميل / ساعة او العقده (Knot) وهي تساوي ١٨٥٢ م / ساعة .

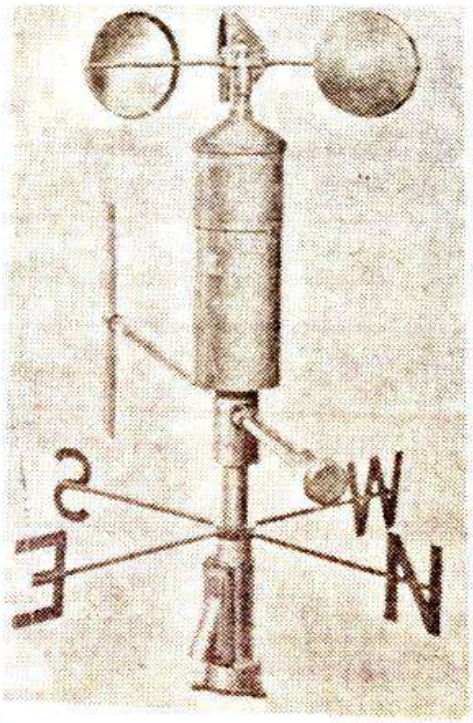
يمكن قياس سرعة الرياح بأجهزة تسمى انيموميتر (Anemometer) والتي تعتمد على قياس عدد دورات انصاف الكرات المجوفة الموصولة بحامل مشترك متصل بمسجل ميكانيكي او كهربائي .

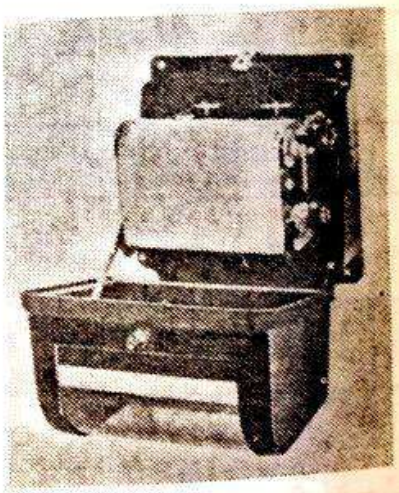
وهناك اجهزة تعتمد على قوة ضغط الرياح اما سرعة الرياح واتجاهها في الاجواء العليا فيمكن قياسها بواسطة البالونات او استعمال جهاز الراديو صوند (Radiosonde) والشكل رقم (٨٦) يبين بعض الاجهزة المستعملة لقياس سرعة واتجاه الرياح .

ب ـ اتجاه الرياح

يمكن معرفة اتجاه الرياح بواسطة دخان المعامل او بدليل اتجاه الرياح (Wind vane) ومن هذه الاجهزة ماهو عادي ومنها مسجل

ولقد صنف (BEAFORT) الرياح حسب سرعتها الى ١٨ نوع وهذه موضحه في الجدول رقم (٣٣)





شكل رقم (٨٦) بعض اجهزة قياس الرياح

MODE
SET
6.5
m/s
23.1
°
GM816
Anemometer

الفصل الخامس عشر

محطات الارصاد (الانواء)

تصنف محطات الارصاد لعدة انواع منها محطات الاقاليم والمحطات المناخية بدرجات مختلفة ومحطات الرصد الموحد (السينوبتيكي) ومحطات الارصاد الزراعية والمحطات المطرية والمحطات ذات الاغراض الخاصة .

تختلف هذه المحطات فيما بينها نسبة الى كثافتها واختلاف الاجهزة المستعملة فيها وفترات القياس والكادر الفني والعلمي والاداري

محطات الارصاد الزراعية

تمتاز محطات الارصاد الزراعية عن الاخرى بتسجيلها للاطوار الحياتية (Phenology) بشكل رئيسي والذي يشمل تاريخ البذار والانبات وظهور الاوراق والازهار ونضج الحاصل وسقوط الاوراق والحصاد .. الخ(١)

كما وتتميز ايضاً بقياسها للتبخر ورطوبة التربة والاستهلاك المائي للنباتات الاقتصادية ويتوفر فيها كادر زراعي وعلمي بالاضافة الى كادر الانواء

عند وضع خطة لاختيار مواقع محطات الانواء الزراعية وعددها يجب ملاحظة مايلي

١ ـ اتخاذ المبدأ العلمي والاقتصادي
٢ ـ ملاحظة الجوانب التطبيقية والعملية
٣ ـ التنوع البيئي
٤ ـ الاستعانة في الوضع الحالي للمحطات والاستفادة من الامكانات المتاحة والخبرات العلمية
٥ ـ السرعة في تقديم الخدمات للمؤسسات الزراعية والفلاحين
٦ ـ المعوقات الارضية والمناخية والتضاريس التي تؤثر على كثافة المحطات
٧ ـ توفر المناطق المأهولة بالسكان
٨ ـ خصوصية المشاكل التي تواجه القطاع الزراعي في البيئات المختلفة

(١) توجد جداول مقترحة للاطوار الحياتية في « شبكة الانواء الزراعية في القطر العراقي ، المنظمة العربية للتنمية الزراعية . الخرطوم ١٩٧٧ »

٩ ـ الاستفادة من القواعد والتعليمات العالمية

بموجب هذا يمكن تقسيم محطات الارصاد الزراعية الى خمسة انواع تختلف فيما بينها من ناحية التجهيز عدداً ونوعاً والكادر العلمي والزراعي والانوائي عدداً وخبرةً بالاضافة الى عدد الرصدات اليومية .

١ ـ المجمع الانوائي الزراعي

يتلقى المجمع الانوائي الزراعي كافة المعلومات والجداول من مراكز الانواء الزراعية والمحطات التابعة لها ويقوم بوضع الخطط العامة لابحاث الانواء الزراعية تبعاً للمشاكل التي تواجهها القطاعات الزراعية المختلفة .

يحتوي المجمع على كافة الاجهزة العادية والذاتية (الاتوماتيكية) ويقوم برصد الاطوار الحياتية للنباتات والحيوانات الاقتصادية ويعطي التنبيهات والتوقعات لحالة الجو المستقبلية والاخطار المتوقعة للزراعة وفتراتها . كما ويقوم المجمع باصدار النشرات الزراعية التي تشمل مواعيد الحراثة والتسميد والبذار والانبات والازهار والحصاد طبقاً للظروف الجوية السائدة في المناطق المختلفة من القطر وتحديد الاستهلاك المائي والمقننات المائية والاقتصاد المائي . كما يقوم باجراء البحوث التي تتعلق بالانواء الزراعية وعلاقة النباتات بالظروف الجوية ووضع الخطط لها . ويشترك في وضع الخطط والبرامج الزراعية المقترحة وانتخاب الانواع والاصناف الملائمة .

٢ ـ مراكز الانواء الزراعية

تمثل هذه المراكز الاقاليم الزراعية المختلفة في القطر وتقوم بخدمة الاغراض الزراعية في اقاليمها وتوصيل كافة المعلومات والنشرات والتنبؤات الصادرة منها ومن المجمع الانوائي الى القطاع الزراعي . كما وتقوم برصد الاطوار الحياتية والرصد الجوي وتقديم الخدمات للبحوث الزراعية بالاضافة الى المشاركة في اختيار المحاصيل والاشجار والنباتات بالنسبة الى المساحات الواقعة ضمن مناطقها .

وتشرف على كافة المحطات التابعة لها وجمع المعلومات وتبويبها وارسالها الى المجمع الانوائي الزراعي .

٣ ـ محطات الانواء الزراعية

تكون هذه المحطات على تماس مباشر مع الفعاليات الزراعية وتزود هذه المحطات المراكز والمجمع بالمعلومات المطلوبة وتقوم بتنفيذ خطة البحوث المقررة لها . ورصد البيانات وتبويبها وارسالها الى المركز الانوائي الزراعي . كما وتقوم بدورها بتوصيل المعلومات بشكل مباشر للقطاع الزراعي والفلاحي .

قد تلحق محطات مساعدة لها تعتبر مكملة لشبكة الرصد حيث تقوم برصد بعض العناصر التي تخدم الاغراض الخاصة كالمحطات المائية وذلك لاغراض تربية الاسماك .

٤ ـ محطات الامطار

لاتتطلب هذه المحطات توفر موظف خاص لاغراض الرصد حيث يمكن الاستفادة من الموظفين العاملين في دوائر الدولة . وقد توضع المحطات الذاتية في بعض المناطق الخالية من السكان ويتم الاشراف عليها ضمن فترات معينة

٥ ـ محطات الانواء الزراعية المتنقلة

وهي محطات عادية مزودة بالاجهزة اللازمة للقيام برصدات خاصة في مناطق معينة من وقت لآخر تقع مهمة الاعلام الزراعي على عاتق شبكة الانواء الزراعية بالاشتراك مع الدوائر الاخرى المختصة اذ يتم ذلك بواسطة الوسائل الاعلامية كالصحافة اليومية والزراعية وعن طريق الاذاعة والتلفزيون والنشرات المحلية لاعطاء المعلومات الكافية حول : ـ

١ـ احتمالات الاصابة بالآفات الزراعية ومواعيد المكافحة اللازمة للتصدي لها . بالاضافة الى طرق ومواعيد مكافحة الاعشاب الضارة وذلك لوجود علاقة كبيرة بين الآفات (بالاخص الحشرات والامراض) والظروف الجوية السائدة في المنطقة .

٢ـ تخمين الانتاج الزراعي وتقدير المحصول استناداً الى الظروف الجوية المتوقعة وبالاخص بالنسبة للامطار والجفاف .

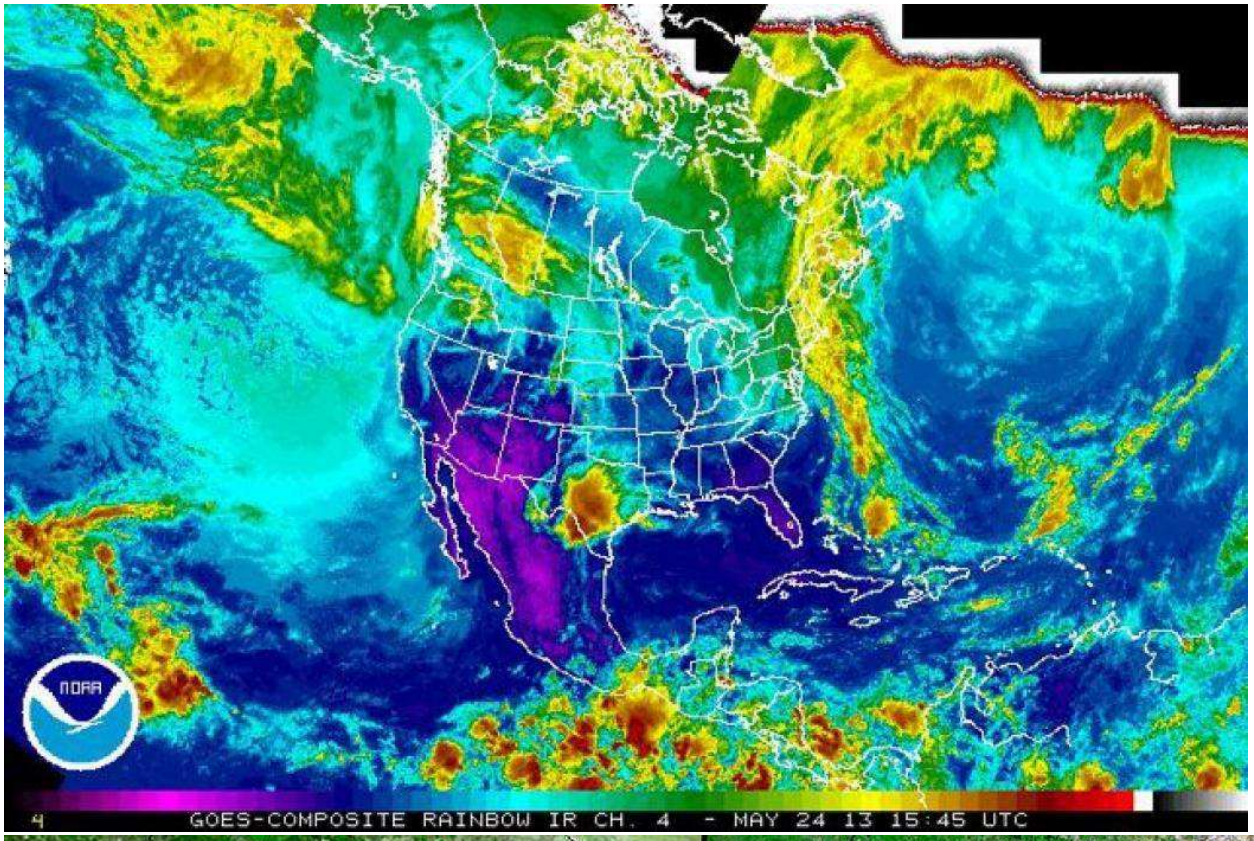
٣ـ حالة المزروعات في الاقاليم الزراعية المختلفة .

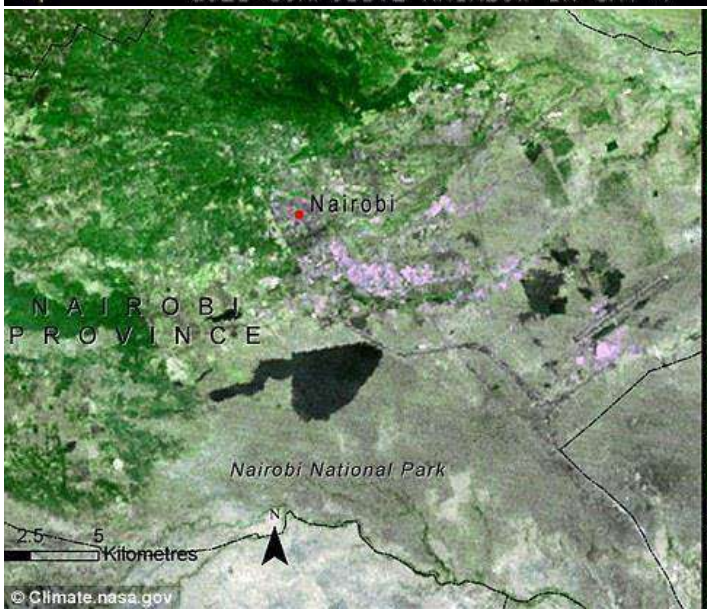
٤ـ مواعيد الاطوار الحياتية للمحاصيل والخضروات والفاكهة والغابات .... الخ

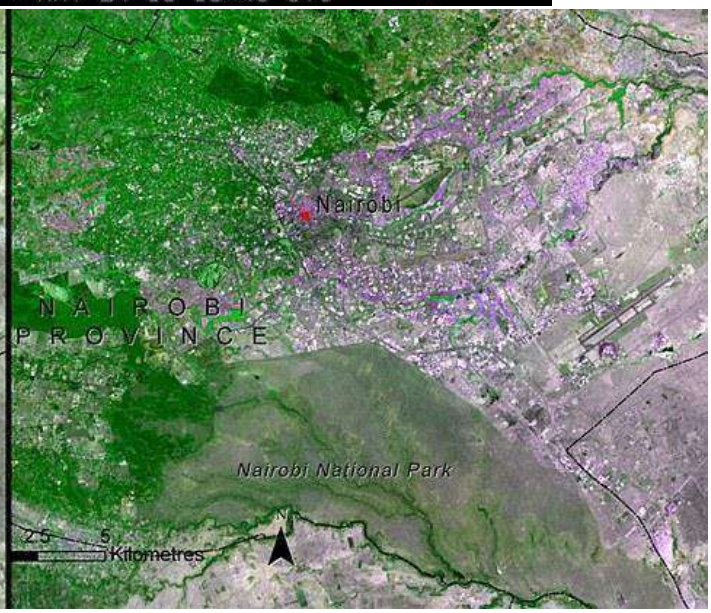
٥ـ حالة المراعي ومعلومات عن الانتاج الحيواني .

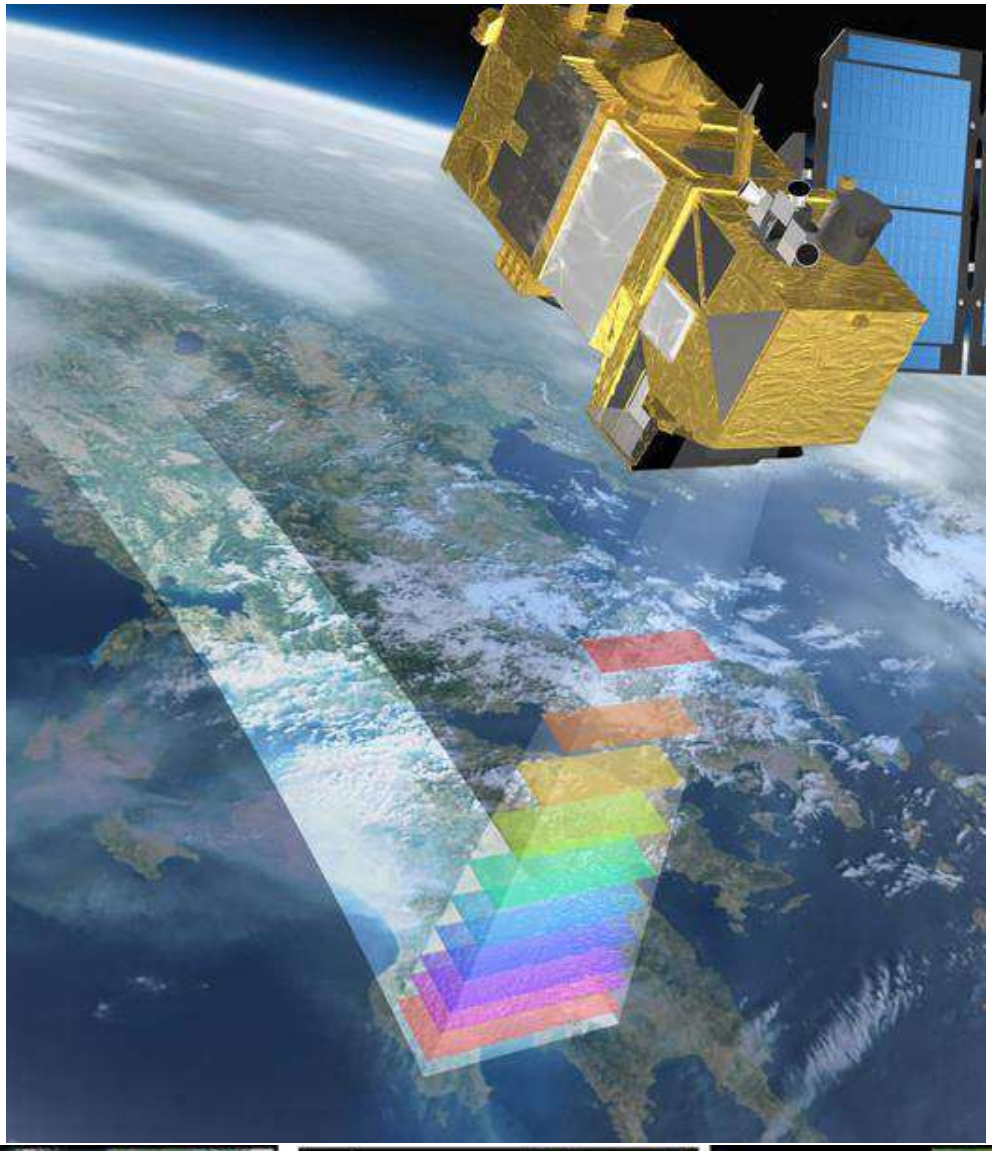
الاسس العامة في اقامة المحطات وساحات الرصد

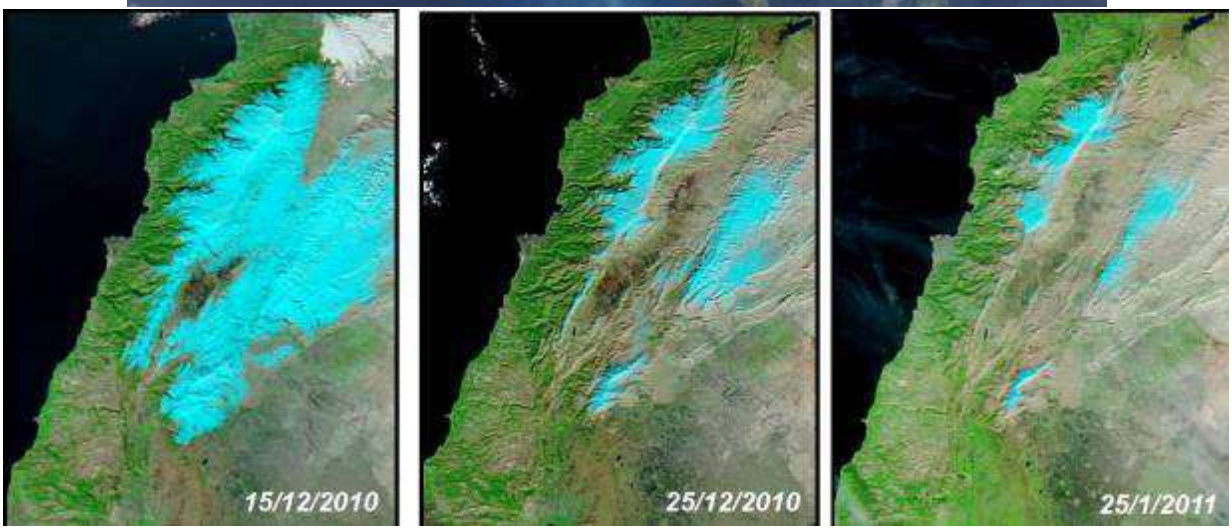
١ ـ وقوع المحطة في قلب الفعاليات الزراعية الحالية او المقترحة .
٢ ـ وقوع المحطة في ارض مستوية .
٣ ـ صلاحية التربة للزراعة وذلك لغرض اجراء التجارب الزراعية عليها .
٤ ـ وجود المصدر المائي للشرب والري .
٥ ـ توفر الكهرباء قدر الامكان وقرب المحطة من شبكة النقل وتوفر الوسائل المعاشية .
٦ ـ مراعاة التوسعات المستقبلية للابنية والمنشآت .
٧ ـ ان تكون المنطقة مفتوحة الافق .
٨ ـ يفضل وقوع ساحة الرصد في الجهة الجنوبية من مباني المحطة وبعيدة عن تأثيرها
٩ ـ يشيدَ برج الرصد الزراعي في الجهة الشمالية من ساحة الرصد
١٠ ـ ينبغي تسييج ساحة الرصد بسياج يبلغ ارتفاعه ١٥٠ سم تقريباً
١١ ـ وجود الحقل الجاف وحقل الحشائش ضمن ساحة الرصد لمحطات الانواء الزراعية
١٢ ـ تراعى ارتفاعات الاجهزة حسب التعليمات العالمية الخاصة بها .

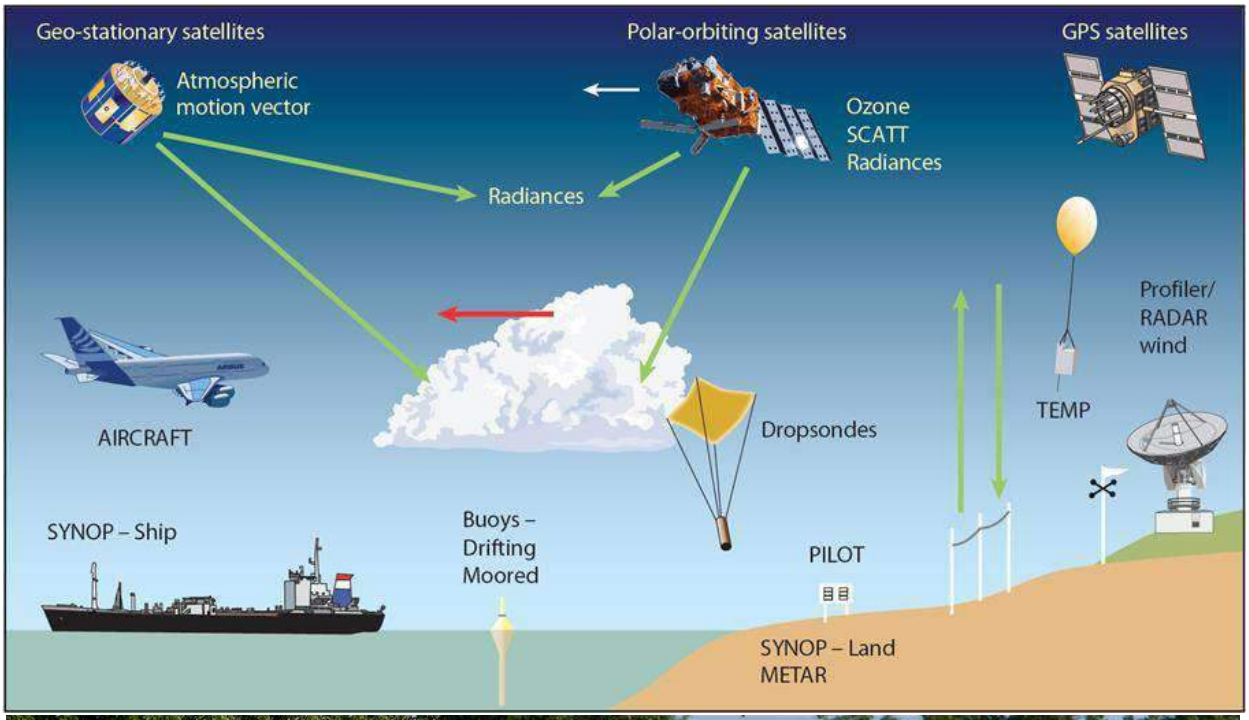

NOAA
4
GOES-COMPOSITE RAINBOW IR CH. 4 - MAY 24 13 15:45 UTC


Nairobi
NAIROBI
PROVINCE
Nairobi National Park
2.5
5
Kilometres
N
© Climate.nasa.gov

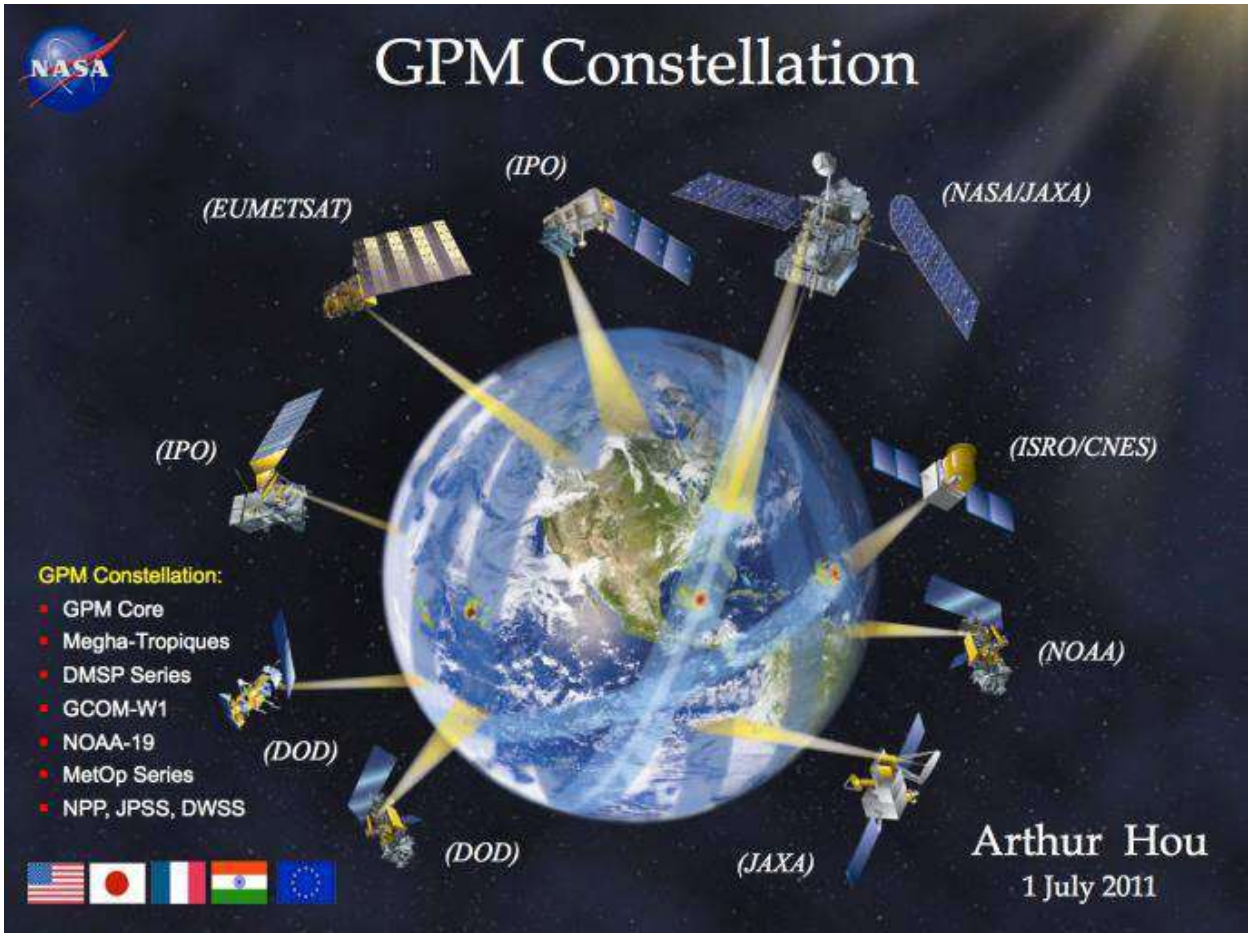

Nairobi
NAIROBI
PROVINCE
Nairobi National Park
2.5
5
Kilometres
N




15/12/2010
25/12/2010
25/1/2011


Geo-stationary satellites
Atmospheric motion vector
Polar-orbiting satellites
Ozone SCATT Radiances
GPS satellites
Radiances
Profiler/ RADAR wind
TEMP
AIRCRAFT
Dropsondes
SYNOP – Ship
Buoys – Drifting Moored
PILOT
SYNOP – Land METAR

STORMS LABORATORY
COPYRIGHT RYAN MCGINNIS


GPM Constellation
(IPO)
(EUMETSAT)
(NASA/JAXA)
(IPO)
(ISRO/CNES)
GPM Constellation:
GPM Core
Megha-Tropiques
DMSP Series
GCOM-W1
NOAA-19
MetOp Series
NPP, JPSS, DWSS
(NOAA)
(DOD)
(DOD)
(JAXA)
Arthur Hou
1 July 2011

المحاضرة الخامسة

أسم المحاضرة : دورة الكربون في الطبيعة

Carbon cycle

الأستاذ الدكتورة هيفاء جاسم حسين

قسم علوم التربة والموارد المائية

كلية الزراعة

جامعة البصرة

البصرة

العراق

Haifa.jasim@yhoo.com

Altamimi.hayfaa1@gmail.com

في محاضرة اليوم سوف نتكلم عن

أولا : صور الكربون في الطبيعة

ثانيا: عملية التركيب الضوئي Photosynthesis

ثالثا: عملية التنفس Respiration

دورة الكربون في الطبيعة Carbon cycle

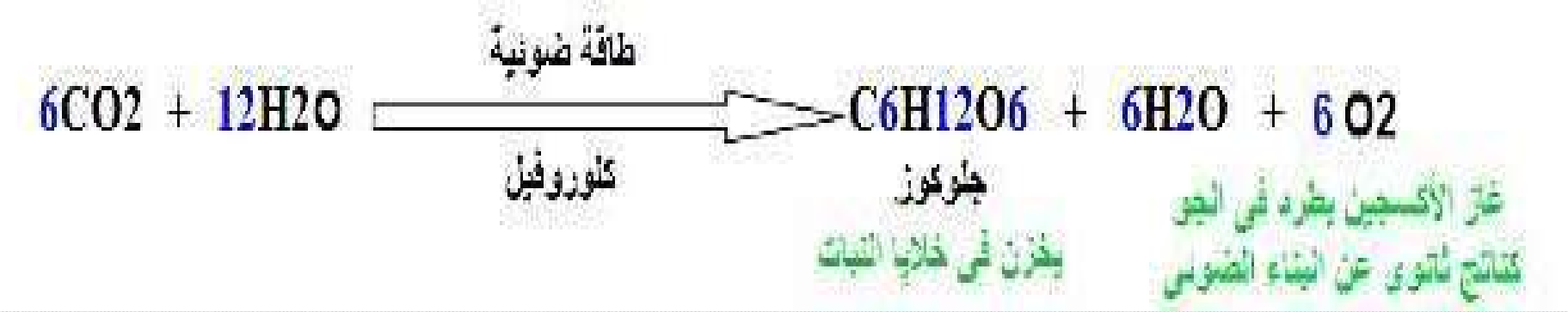
يعد الكربون من العناصر الاساسية في البيئة حيث يشكل نسبة قدرها 18% ممن وزن المادة الحية ويوجد في الغلاف الجوي بنسبة 0.03% ويشكل 0.09% من وزن القشرة الارضية.

صور الكربون في الطبيعة Carbo Form in the environment

1. يوجد الكربون في الاوساط المائية مثل مياه البحار والمحيطات والانهار ومحلول التربة بشكل كربون معدني ذائب (CO_3^{2-}, HCO_3^-) .
2. يوجد بشكل مركبات معدنية صلبة بشكل معادن مترسبة في التربة مثل معدن كربونات الكالسيوم وكربونات المغنسيوم وكربونات الصوديوم وغيرها من المعادن الكربونية في الطبيعة.
3. يوجد بشكل مركبات عضوية مثل الكربوهيدرات والسليلوز والاصماغ والدهون والنفط ومشتقاته وغيرها من المركبات في اجسام الانسان والحيوان والنبات والاحياء المجهرية الحية والميتة.
4. يوجد بشكل غازات مثل غاز ثاني اوكسيد الكربون CO_2 في الغلاف الجوي وهواء التربة.

التركيب الضوئي (البناء الضوئي) Photosynthesis

عمليّة التركيب الضوئيّ عمليّة تحدث في النباتات الخضراء والطحالب والأعشاب البحرية، فهي عملية إنتاج المواد العضويّة من المواد غير العضوية بحيث يتمّ تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية، حيث تقوم النباتات بتحويل ثاني أكسيد الكربون CO_2 والماء إلى أكسجينO_2 ، وذلك باستخدام الطاقة المكتسبة من الضوء(الطاقة الشمسيّة).



وعملية البناء الضوئيّ عملية مهمّة جداً لجميع المخلوقات على وجه الأرض، لأنها الطريقة الأساسية لإنتاج الأكسجين الذي تحتاجه كافّة المخلوقات.

نتاج عملية البناء الضوئيّ أكسجين، حيث أنه مقابل كل جزيء يدخل إلى النبات من ثاني أكسيد الكربون ينتج جزيء من الأكسجين. مركبات سكّرية، ينتج منها الكثير من الطاقة. تقليل نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، حيث وجدت الدراسات أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في البيوت البلاستيكيّة المزروعة قليلة جداً

مراحل عمليّة التركيب الضوئيّ

تتم العملية من خلال تفاعلين :-

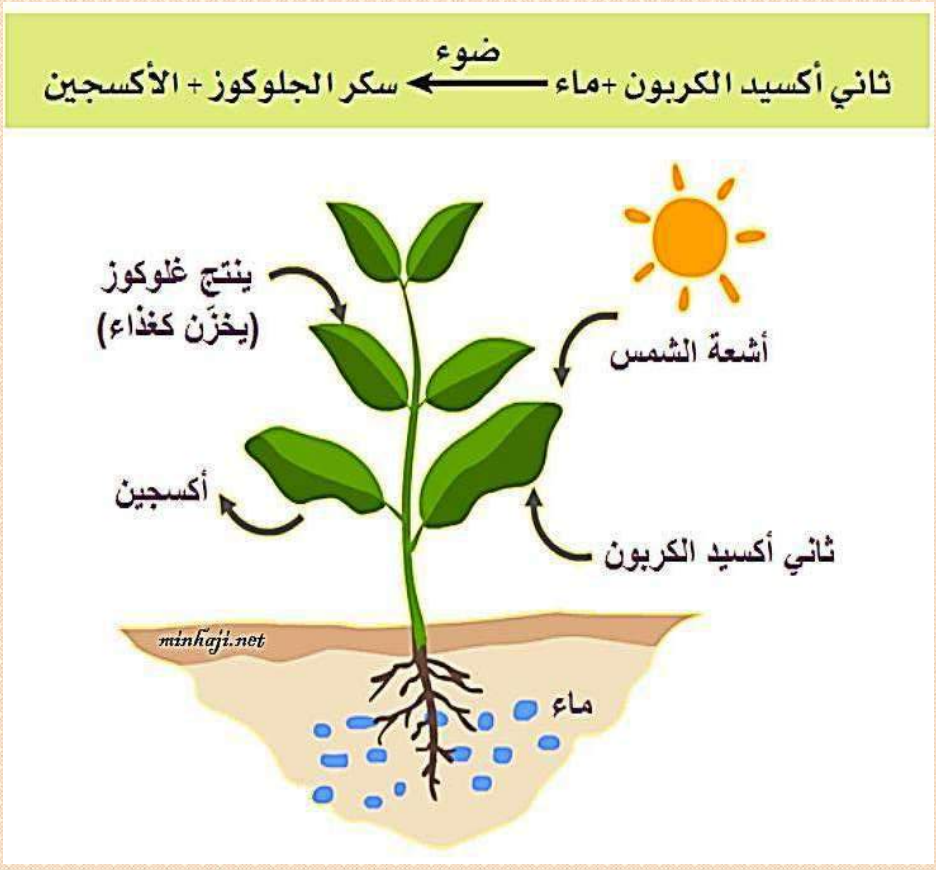
اولا: تفاعلات الضوء، وهي التفاعلات التي تحدث خلال فترة النهار، وتعتمد على وجود الضوء خلالها.

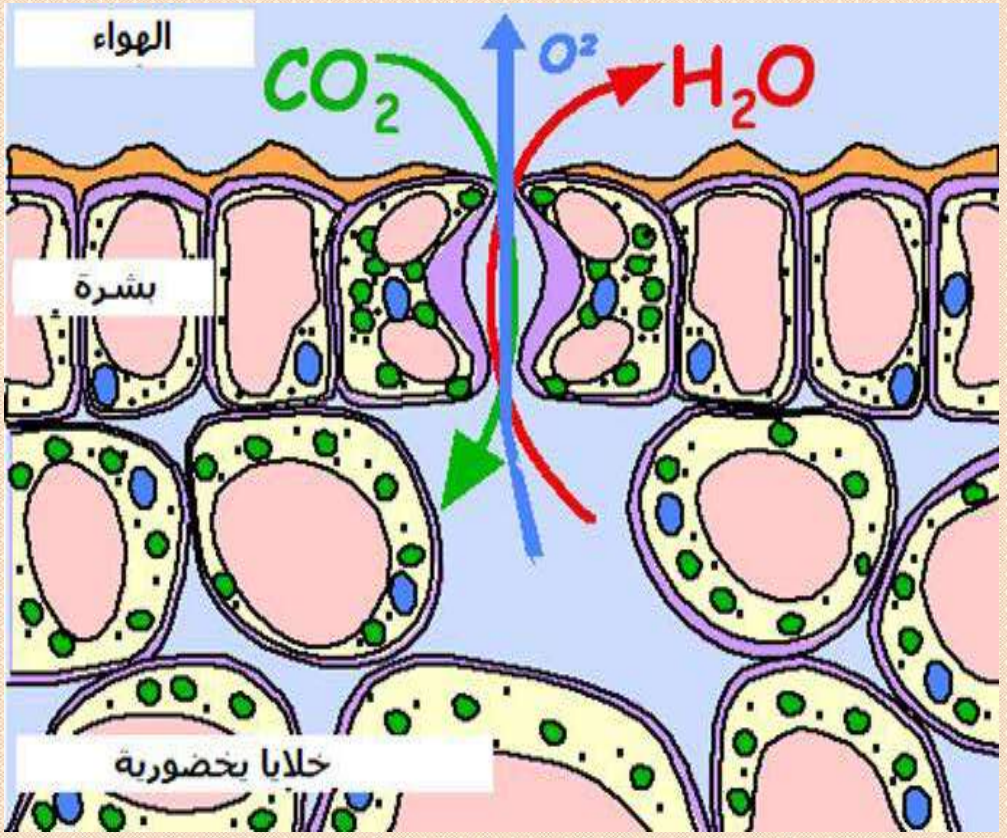
ثانيا: تفاعلات الظلام، وهي التفاعلات التي تحدث في فترة الليل، وذلك استغلالاً لما أُنتج صباحاً.

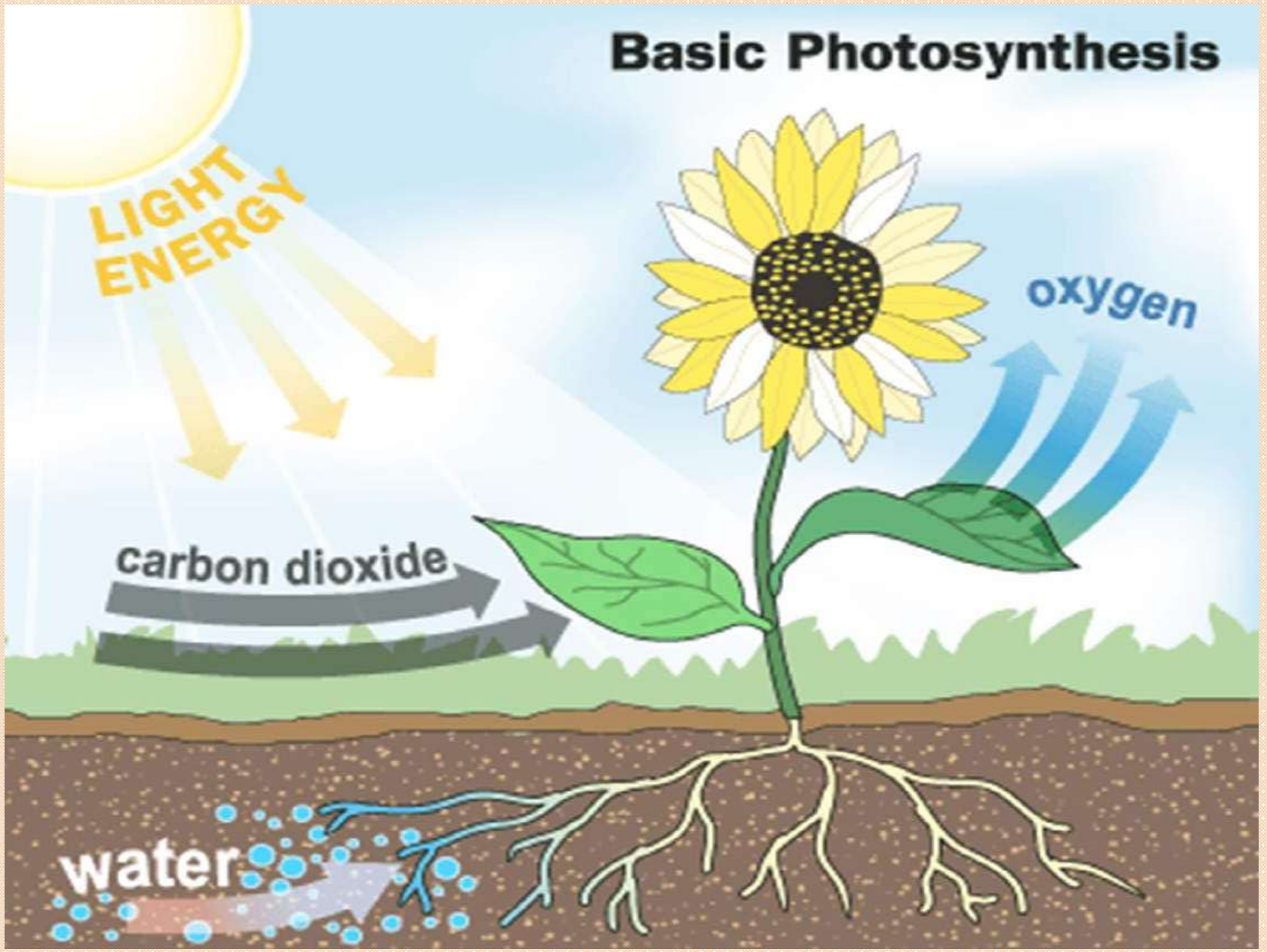
يحصل النبات على الضوء، بامتصاص الضوء إلى الخلايا بمساعدة مادة الكلوروفيل التي تساعد على امتصاص الضوء وتحويله الى طاقة كيميائيّة.

تحصل النباتات على ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو، عن طريق الثغور الموجودة في أوراق النباتات. يتّحد ثاني أكسيد الكربون مع الماء والمواد الغذائيّة التي تحصل عليها النبات من الجذور. يتمّ تحويل المواد المتّحدة والضوء إلى أوكسجين وسكر، وينتج الأكسجين عن طريق تفكيك الماء إلى هيدروجين وأوكسجين. ينطلق الأكسجين إلى الجو عن طريق ثغور أوراق النبات، بعد أن تأخذ حاجتها من الأكسجين، ويتوزّع السكر الى أنحاء النبات بعد أن يتحلل في الماء التي تحصل عليه من جذور النبات، وهكذا يتوفّر الطعام والأكسجين للكائنات الحية الأخرى (الإنسان والحيوان).

التركيب الضوئي Photosynthesis






Basic Photosynthesis
LIGHT ENERGY
oxygen
carbon dioxide
water

العوامل المؤثرة على عملية التركيب الضوئي

أولا: العوامل الخارجية:

وتشمل جميع العناصر المحيطة بالنبات من وفرة المياه، ومقدار تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وتركيز العناصر المعدنيّة في التربة والمُمتصَّة مع الماء، وعدد ساعات النهار ومقدار التعرض لضوء الشمس ومدى شدتها.

ثانيا: العوامل الداخليّة:

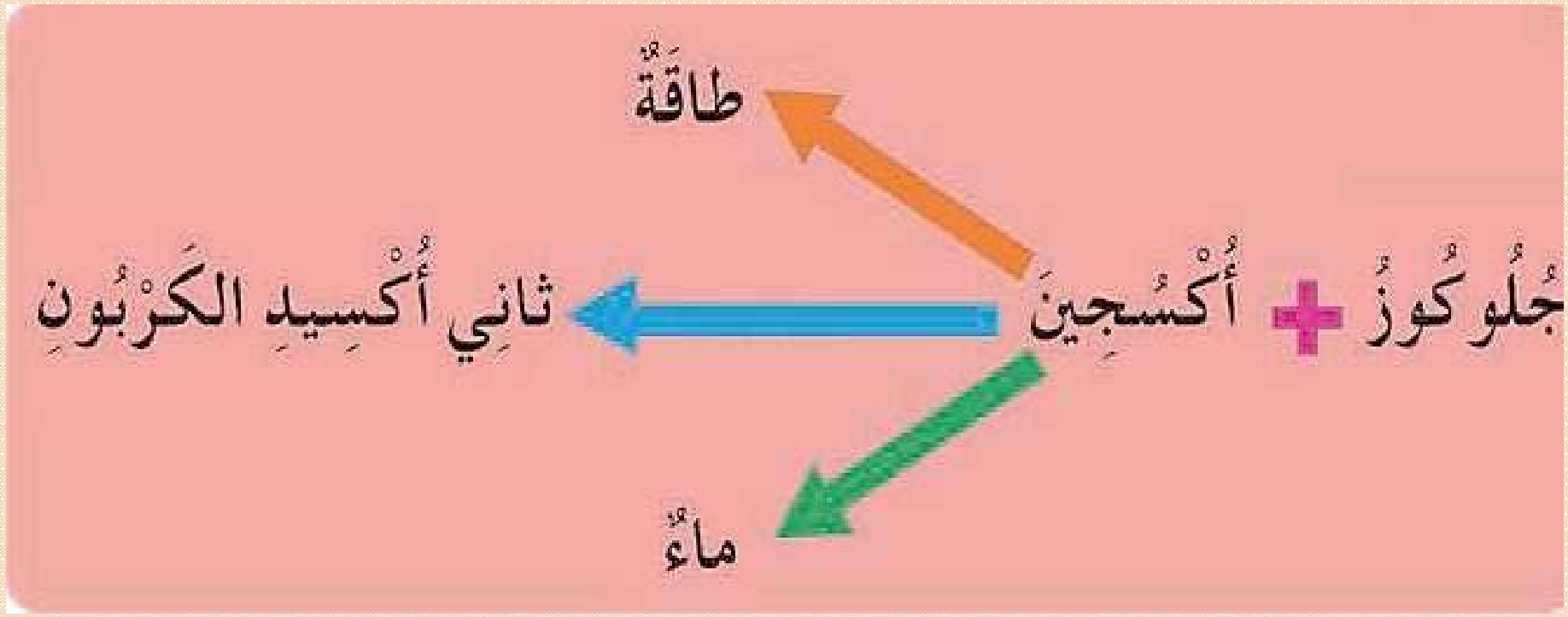
وتشمل الورقة وهو العضو الرئيسيّ في عملية البناء الضوئيّ والجزء الأكثر تعرُّضًا لأشعة الشمس المباشرة والأكثر عددًا على النبات؛ فسُمك الورقة، ووجود الوبر على سطحها، والتركيب الداخلي لنسيجها، وحجم الثغور والفراغات الموجودة على سطح الورقة وكيفية توزيعها من الأمور التي تؤثر على كفاءة عملية التركيب الضوئيّ. كما أنّ معدل تخلُّص النبات من نواتج عملية التركيب الضوئيّ إذا كان أقلّ من المعدل الطبيعيّ فذلك يقلل من كفاءة إتمام العملية بسبب تراكم هذه النواتج في الأوراق، ومن العوامل أيضًا الوضع الجيد للبروتوبلازم وهي المادة الحية الموجودة في النبات وكذلك الإنزيمات الموجودة في البلاستيدات الخضراء فأي اضطراب في هذه المكونات ينتج عنه ضعف أو إفشال عملية البناء الضوئيّ.

تنفس النباتات Respiration

تبع أوراق النبات نفس عمل الرئتين في جسم الإنسان، حيث توجد آلاف الفتحات المجهريّة على أوراق النبات، وعادة ما تقع على الجزء السفليّ من الورقة، وتسمى هذه الفتحات بالمسامات او الثغورstomata إذ يحيط بكلّ مسام (ثغرة) خلايا خاصة، وتقوم هذه الخلايا بتنظيم حجم الفتحة، ويتبخّر الماء من أوراق النبات نتيجة حدوث عملية النتح، وتعد هذه العملية مهمة لبقاء النبات على قيد الحياة، حيث تحفظ النبات من الجفاف، ومن فقدان الرطوبة، كما وتقوم النباتات بإحداث التوازن في النظام البيئيّ، حيث تأخذ غاز ثاني أكسيد الكربون، وتنتج غاز الأوكسجين، وبالتالي فإنّ تنفس النباتات على عكس تنفس الحيوان والإنسان ،

تنفس النباتات بالليل لا تمتلك النباتات عضلات تستخدمها في عملية التنفّس، ولذلك فإنّها تستخدم غاز الأكسجين في عملية كسر الكربوهيدرات، وتستخدم الطاقة للقيام بوظائف الأيض الأساسية، مثل: الإصلاح، واستبدال الأنسجة، وبناء جزيئات معقّدة، مثل البروتينات والزيوت، ولكن في الليل تقوم النباتات بتنفّس غاز الأكسجين، وإطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، وهي بذلك مثل الإنسان والحيوانات، وعلى ذلك فإنّ عملية تنفّس النباتات في الليل على العكس من تنفّسها أثناء النهار.

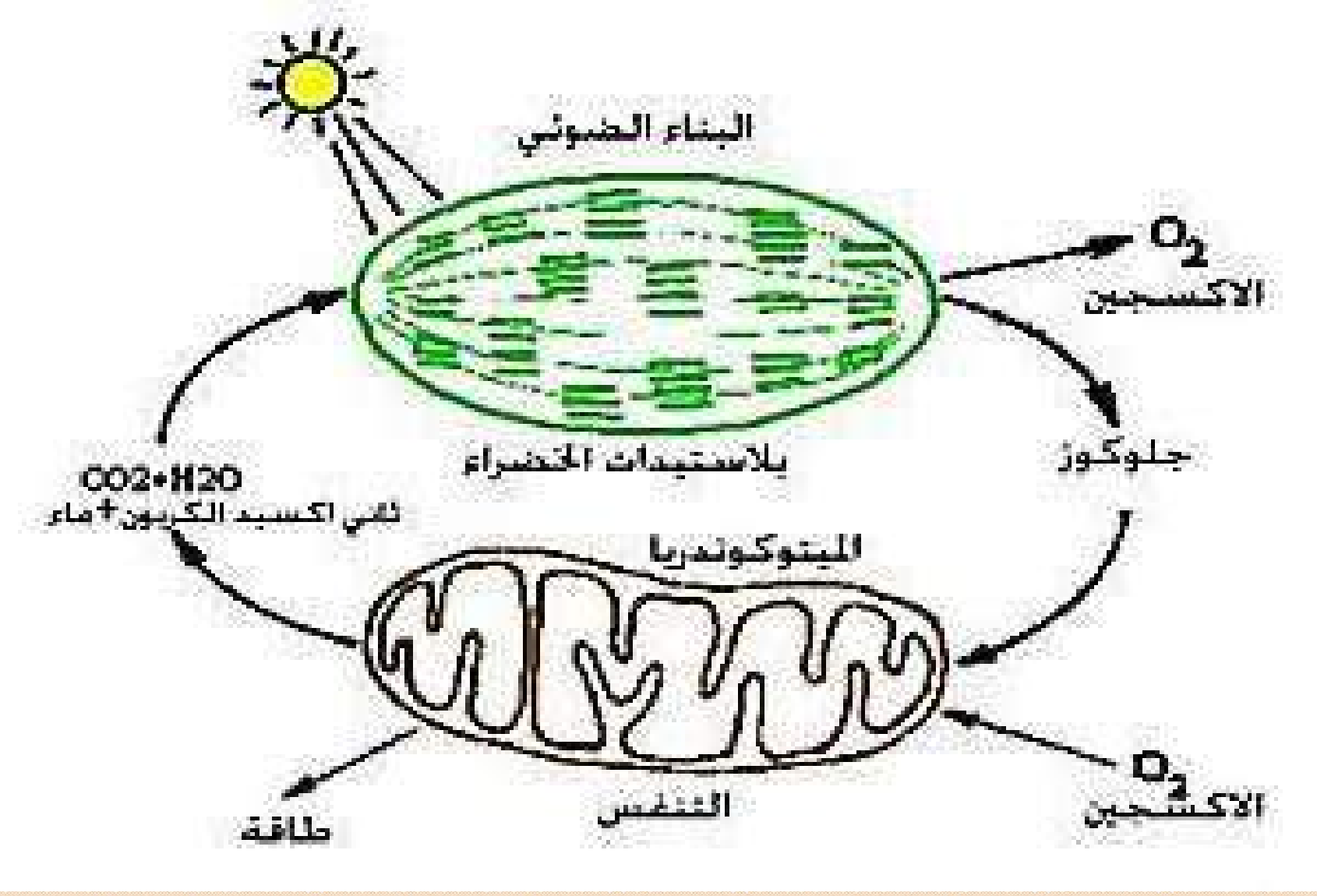
Respiration التنفس

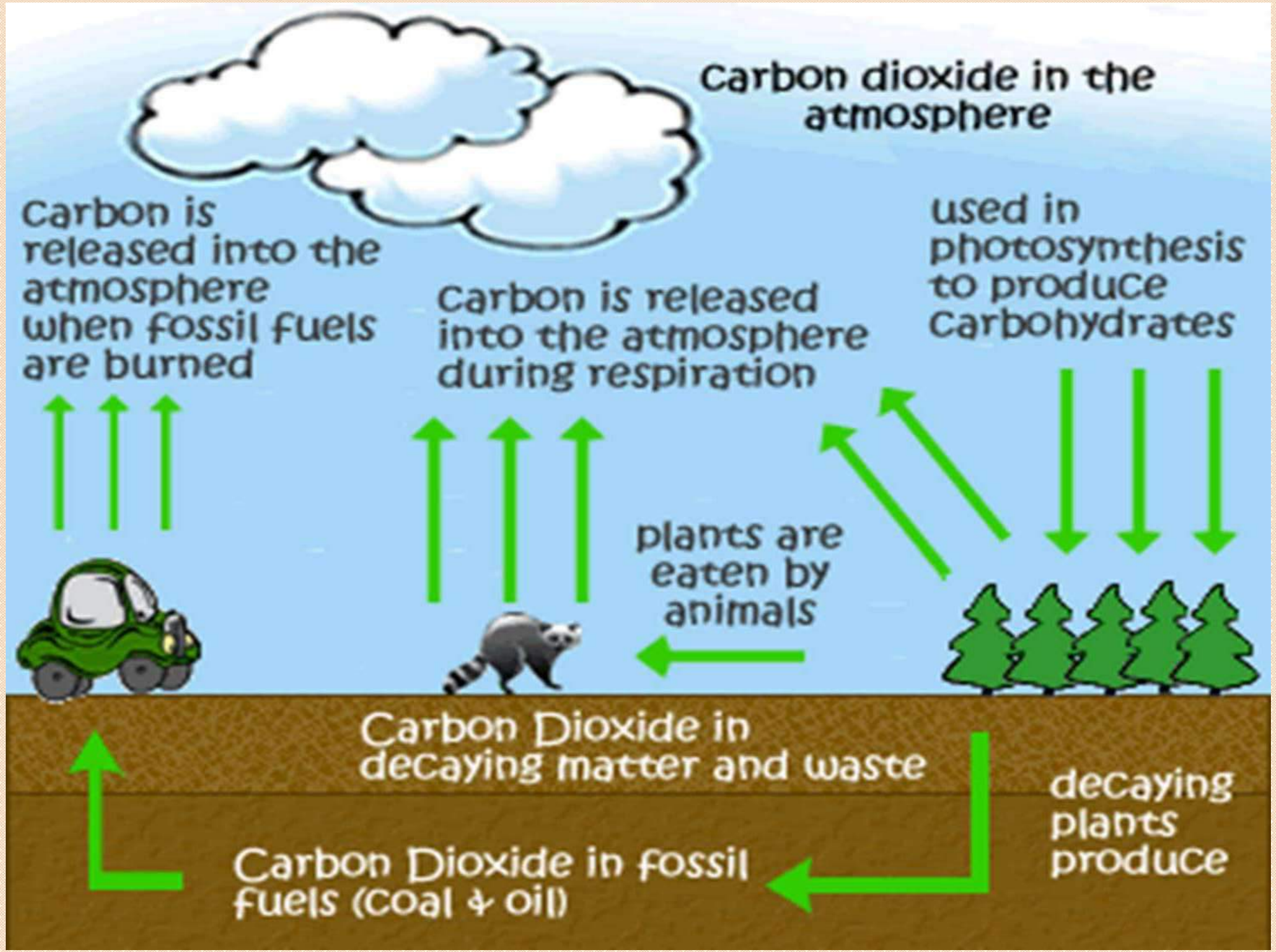


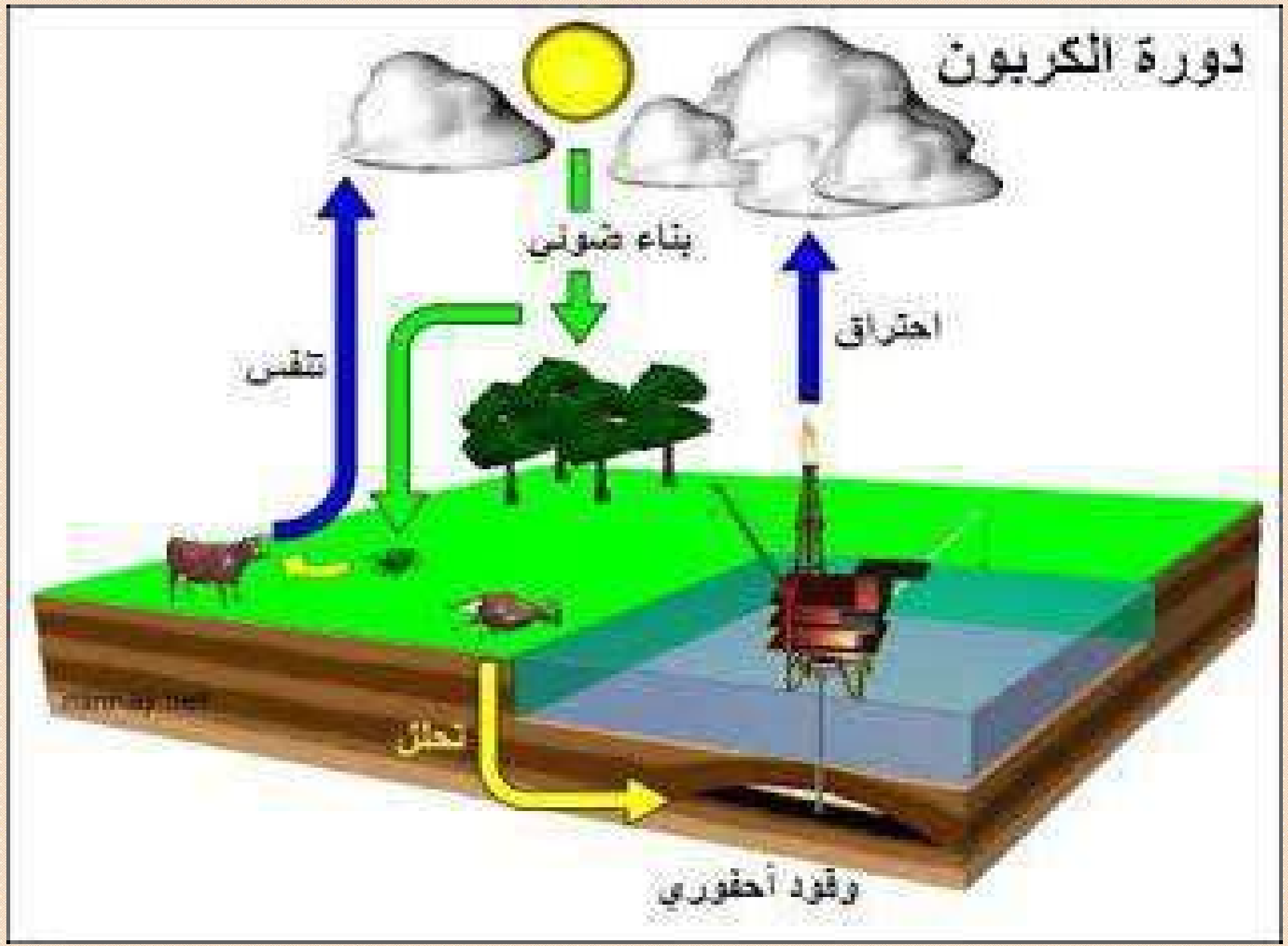
ومن الجدير بالذكر أنّ النباتات تطلق خلال النهار ما يقارب عشرة أضعاف كمية الأوكسجين التي تستهلكها خلال الليل، وهذا يعني أنها تنتج كمية أكسجين أكبر مما تستعمله إذ تحتاج النباتات الأوكسجين لتحويل السكر إلى ثاني أكسيد الكربون، ومن ثم تحويله إلى طاقة، وتستخدم النباتات السكر لبناء كل شيء تقريباً، مثل السليلوز والمادة الصلبة في النباتات، كما تصنع النباتات النشا، لتخزين الطاقة في الليل ويحدث التنفس في جميع الخلايا الحية في النباتات في الليل، حيث يمكن أن يحدث في الأوراق والجذور،

وبما أنّ عملية التنفس هذه تتطلب الأكسجين، فيمكن أن يشكّل ذلك مشكلة للجذور التي تم سقيها أكثر من اللازم، أو في التربة ذات الصرف السيء، فإذا ما غُمرت الجذور لفترات طويلة من الزمن، فإنها لن تستطيع استهلاك الأوكسجين، وتحويل الجلوكوز للحفاظ على عمليات الأيض الخلوي، لذا فعندما يتم غمر الجذر بالماء، فإن ذلك يحول دون وصول الأوكسجين له، ويقتل نسيج الجذر، ويدمر الأشجار، ويقلل الانتاج.

التركيب الضوئي والتنفس في خلية النبات




Carbon dioxide in the atmosphere
Carbon is released into the atmosphere when fossil fuels are burned
Carbon is released into the atmosphere during respiration
used in photosynthesis to produce carbohydrates
plants are eaten by animals
Carbon Dioxide in decaying matter and waste
Carbon Dioxide in fossil fuels (coal & oil)
decaying plants produce


دورة الكربون
بناء ضوئي
تنفس
احتراق
تحلل
وقود أحفوري

الخلاصةSummary

تكلمنا اليوم عن
صور الكربون في الطبيعة ودور النباتات في عملية التركيب الضوئي خلال النهار وعملية التنفس اثناء الليل وتأثير العوامل البيئية في نشاط كلا العمليتين

تجربة (١) : تعيين نسبة المحتوى المائي بالتربة

الهدف من التجربة

تهدف هذه التجربة لتحديد المحتوى المائي في العينة وتجري عن طريق أخذ عينة رطبة وتحديد وزنها الرطب ثم تجفيفها وتحديد وزنها الجاف وتحسب بوزن العينة رطبة ناقص وزنها جافة مقسوما على الوزن الجاف مضروبا ١٠٠% .

الجزء النظري

التربة : هي مادة طبيعية غير متجانسة ناجمة عن تفتت الصخور في القشرة الأرضية و تكون مترابطة أو مفككة و يمكن تحريكها بوسائل الحفر اليدوية و تتألف من ثلاثة أطوار (صلب،سائل،غازي).

نسبة الرطوبة في التربة : هي النسبة المئوية لوزن الماء الموجود في التربة إلى الوزن الجاف للمواد الصلبة.

الأدوات المستعملة

- وعاء معدني
- فرن تجفيف
- ميزان حساس ذو أربع مراتب بعد الفارزة

مراحل التجربة

- نزن الوعاء المعدني فارغاً.
- نأخذ كمية معينة من التربة تمثل الكمية الكلية ،ونضعها في الوعاء ونزن الوعاء مع التربة رطبة.
- نجفف التربة في الفرن حتى ثبات الوزن أو مدة(١٨-٢٤) ساعة في درجة حرارة (١١٥-١١٠)°م.
- نأخذ وزن الوعاء مع التربة الجافة.
- وزن الماء = وزن التربة رطبة - وزن التربة جافة

نسبة الرطوبة × ١٠٠ ٪ = وزن الماء

ملاحظات

١. إذا اضطررنا للتأخر في وزن العينة الرطبة (لمدة تتجاوز٣-٥ دقائق) نغطي الوعاء للمحافظة على رطوبة التربة.
٢. إذا اضطررنا للتأخر في وزن العينة المجففة أثناء تبريدها (لمدة تتجاوز٣-٥ دقائق) نغطي الوعاء حتى لا تمتص التربة الماء من هواء الغرفة.
٣. إذا كانت التربة حاوية على المواد العضوية نستخدم في تجفيفها درجة حرارة (٦٠)°م .

تجربة (٢) : تحديد نفاذية التربة

الهدف من التجربة

قياس النفاذية في أنواع مختلفة من الترب ومقارنتها في أجزاء مختلفة من ارض الكلية.

الجزء النظري

أين تذهب مياه الأمطار؟ قد تتدفق في الجداول والأنهر، في المجاري والمجارير، أو تشكل بركا، أو تتشبع في الأرض .رغم أن الصخر، والرمل والتراب موادا صلبة، إلا أن هناك فراغات بين حبيباتها تسمى المسامات. ويمكن للماء أن يجري في هذه المسامات.

فالنفاذية وهي المعدل الذي يستطيع عنده السائل الجريان عبر مسامات التربة. إذا كان لدى التربة نفاذية عالية، سوف يتم امتصاص مياه الأمطار بواسطتها بسهولة. إذا كانت النفاذية متدنية، سوف تجنح مياه الأمطار إلى التراكم على السطح أو الجريان من فوقه إن لم يكن مستويا.

سوف تعمل في هذه التجربة على قياس نفاذية التربة. سوف تضع علبة معدنية لا قاعدة لها في داخل التربة وتراقب مدى سرعة الماء الذي تسكبه في العلبة في الجريان داخل الأرض أسفلها.

لغايات المقارنة، يمكن تجربة أكثر من منطقة واحدة أو نوع واحد من التربة. يمكنك أيضا أن تشارك نتائجك مع آخرين قاموا بهذه التجربة لمقارنة معدلات النفاذية لأنواع مختلفة من التربة في أجزاء مختلفة من العالم.

الأدوات المستعملة

١.علبة ١.٥ لتر أو أكبر، مع إزالة نهايتيها.

٢.مطرقة .

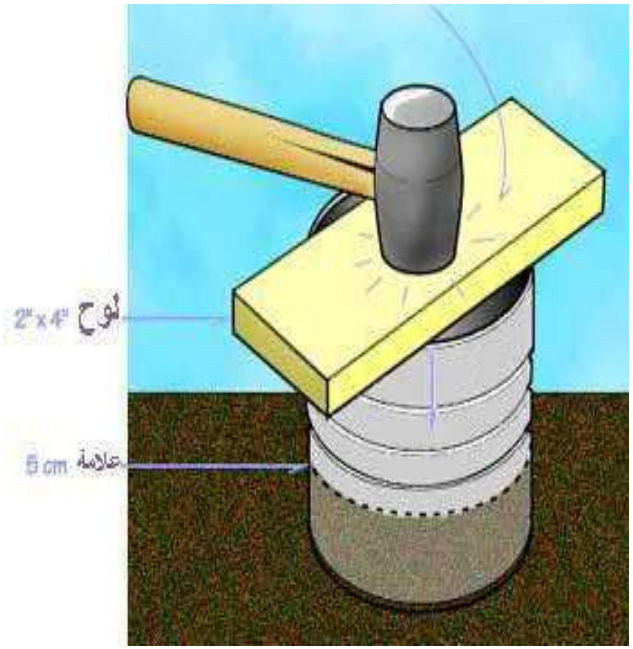
٣.لوح خشبي .

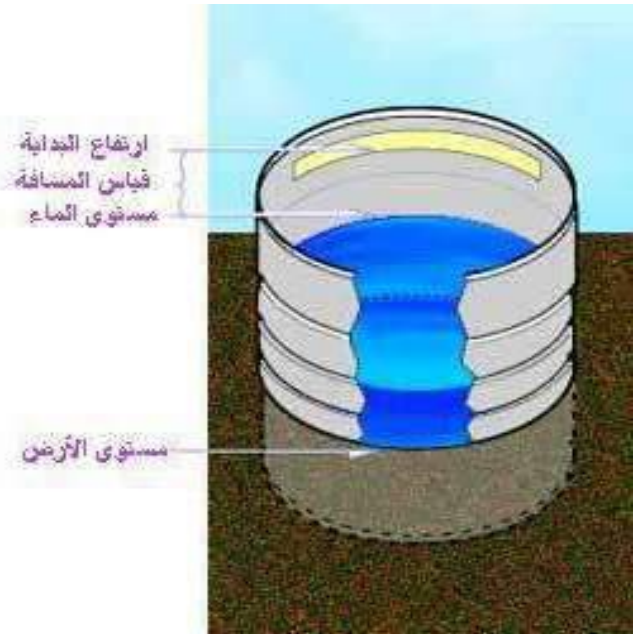
٤.مسطرة .

٥.دلو، إناء، أو زجاجة لاستيعاب ما بين لتر إلى لترين من الماء .

٦.ساعة .

٧.قطعة شريط لاصق غير شفاف بطول ١٠ سم أو شريط لاصق كهربائي.





مراحل التجربة

١. قبل أن تبعثر التربة بأي شكل، صفها بأفضل طريقة لديك. فكر بشأن الموقع (مرعى، ضفة نهر، شاطئ، الخ)، المواد النباتية التي قد تكون موجودة (عشب، طحالب، أوراق ميتة، الخ) وحالة التربة (جافة/رطبة، رملية، حبيبية رخوة، طين قاسي، الخ). دون ملاحظاتك .

٢. ضع العلبة على الأرض وقطعة الخشب فوقها. ادفع العلبة داخل الأرض لحوالي ٥ سم بضرب اللوح بالمطرقة.

٣. ضع قطعة الشريط اللاصق داخل العلبة قرب سطحها بحيث تكون متوازية مع الحافة العليا.

٤. قس المسافة من أسفل الشريط إلى الأرض وسجل ذلك.

٥. اسكب الماء في العلبة حتى يصل إلى مستوى قاع الشريط داخل العلبة. سجل الوقت.

٦. مع نفاذ الماء عبر التربة، سوف ينقص مستوى الماء. يمكنك تحديد عدد سنتيمترات الماء التي تنفذ خلال التربة بقياس المسافة بين علامة الارتفاع البادئ وسطح الماء. باستخدام مسطرة، قس هذه المسافة بعد ٣٠ و٦٠ دقيقة من أول زمن سكبت فيه الماء داخل العلبة.

٧. سجل قياساتك في جدول البيانات.

٨. إذا نفذ الماء خلال سياق التجربة، أملأه ثانية فورا حتى علامة الشريط. يجب تسجيل القياسات التي تجريها بعد ذلك كالمسافة الكلية من الأرض إلى الشريط، زائد المسافة من مستوى الماء إلى الشريط. إذا تعين عليك ملء العلبة مرة أخرى، تأكد من إضافة المسافة من الأرض إلى الشريط إلى قياساتك مرة أخرى.

٩. قسم مقدار الماء الممتص خلال ساعة على ٦٠ لتحصل على النفاذية بالسنتيمترات في كل دقيقة لكامل الساعة.

١٠. قسم مقدار الماء الممتص خلال ٣٠ دقيقة الأول على ٣٠ لتحصل على النفاذية بالسنتيمترات في كل دقيقة للنصف الأول من الساعة.

تجربة (٣): تحديد أعداد الأحياء في التربة

الهدف من التجربة

عزل وحساب عدد الكائنات غير المجهرية الموجودة في نماذج مختلفة من التربة.

الجزء النظري

تتركب التربة من أربع مكونات رئيسية هي :-

١. المادة المعدنية : ونسبتها اقل قليلا من نصف حجم التربة الكلي وتنشا من تفتت الصخور وتحللها،وهي تؤثر على معدل تحول العناصر الغذائية إلى المركبات الأولية وعلى تهوية التربة ومعدل احتفاظها بالماء وبالتالي على وجود ونشاط وكثافة الأحياء المجهرية فيها.

٢. الماء والهواء : ويشكلان حوالي ٥٠% من حجم التربة وهو ما يعرف بالفراغات البينية ونسبتها متغيرة بصورة دائمة.

٣. المادة العضوية : وتشكل ٣-٦ % من حجم التربة.

٤. الكائنات الحية : تشكل اقل من ١% من حجم التربة.

تزداد أعداد هذه الأحياء بزيادة المحتوى العضوي للتربة وتقل بنقصانها لذلك يلاحظ إن تعدادها يكون اكبر في الترب المزروعة مقارنة مع أعدادها في الترب غير المزروعة.

جمع العينات

يجب أن تخضع عملية جمع عينات التربة المعدة لعزل الأحياء إلى عدة نقاط هي:

- العشوائية Randomization:

يجب أن تجمع عينة التربة بطريقه عشوائية لكي تعطي تمثيلا حقيقيا للمجتمع الإحيائي في موقع محدد لان عملية الاختيار وتحديد موقع محدد لا يعين المجتمع الإحيائي بشكل حقيقي .

- الحجم Size: يجب أن يكون حجم العينة المراد دراسة المحتوى الإحيائي لها بحجم مناسب (١-٢ كغم) من كل موقع من المواقع الخاصة بالدراسة لاحتمال حصول تلف في أكياس الحفظ أو حصول خطأ في التجربة أو غيرها من الأسباب.

- الحفظ Preserving: يجب أن تحفظ العينات بدرجة حرارة واطئه أو بدرجة حرارة الغرفة.

- الموقع Location: إن عملية اختيار الموقع عمليه مهمة وهي واحده من النقاط الاساسيه التي من خلالها يتم إعطاء بيانات تعزز المجتمع الميكروبي لذلك الموقع وبعكسها سوف تصبح عديمة ألجوده لأنها لا تمثل موقعا محددا.

- التعليم والتاريخ Labeling & Date: تعد عملية تعليم العينات ووضع تاريخ على الحاويات التي تحتوي على النموذج (التربة) مهمة جدا لكي لا تختلط العينات الماخوذه من مناطق مختلفة وفي أزمان مختلفة.

الأدوات المستعملة

١. وعاء الحفظ.
٢. مصباح هالوجيني ١٠٠ واط .
٣. كحول ايثانول .

مراحل التجربة

١. .استخلاص عينات تربة بوزن ١ كغم وتعليم موقعها وتاريخها.

٢. وضع التربة في إناء زجاجي بجزئين الجز العلوي للتربة والجزء السفلي يوضع فيه كحول ايثانول وبين الطبقتين فاصل فراغي.

٣. يوضع المصباح الهالوجيني فوق التربة بمسافة ٢سم ويشغل لمده ٢٤ ساعة .

٤. إن الأحياء في التربة تهرب من الحرارة وتسقط في كحول الايثانول.

٥. بعد انتهاء الزمن المقدر يتم عد الأحياء وتسجيل نوعها.

منظومة الأنواء الجوية

يحصل العاملون في حقل الأرصاد الجوية والمناخ والجغرافيا المناخية علي المعلومات المناخية الأساسية من محطات مناخية تختلف في مدي تطورها وفي التفصيلات التي تسجل المعلومات بها ، وتتباين المحطات من محطات كاملة التجهيز يقوم بتشغيلها أخصائي أرصاد جوية متدرب يسجل المعلومات، ثم يدققها علي أساس ساعي إلي مواقع عادية حيث يقوم متطوع بتسجيل الحرارة أو الأمطار .

وفي السنوات الأخيرة أضيف محطات تسجيل أوتوماتيكية وراصدات أقمار الصناعية من الفضاء والتي تسجل المعلومات المتوفرة حالياً للمناخين، وفي المحطات الأوتوماتيكية يسجل نفس المعلومات المسجلة في المحطات اليدوية

محطات الأرصاد الجوية :

محطة الأرصاد الجوية هي الأماكن التي يقاس فيها عنصر أو أكثر من العناصر الجوية ، وتكون هذه المحطات معتمدة من قبل هيئة الأرصاد الجوية في البلد التي أقيمت تلك المحطات على أراضيه . وتكون المحطات المسجلة في بلد ما بأنواعها المختلفة شبكة مناخية يطلق عليها شبكة الرصد المناخي.

وتنقسم محطات الطقس (شبكة الأرصاد) إلي أنواع عديدة حسب طبيعة عملها وهي :

١- محطات سينوباتيكية Synoptic Stations

أ- محطات طقس سطحية :-

- برية . – بحرية .

ب- محطات طبقات الجو العليا :-

- برية . – بحرية . – محطات علي الطائرات .

٢- محطات مناخية :

وهي محطات عادية رئيسية ومحطات لقياس التساقط .

٣- محطات أرصاد جوية للشئون الزراعية .

٤- محطات أرصاد جوية لأغراض الطيران .

٥- محطات أرصاد جوية لأغراض خاصة مثل قياس الأوزون والكهرباء الجوية

من أهم عناصر الجو التي يتم رصدها

- سرعة واتجاه الرياح السائدة
- كمية ونوع وارتفاع قاعدة السحاب
- مدى الرؤية السائدة والأفقية
- درجة حرارة الهواء
- الرطوبة
- الضغط الجوي
- النهايتين العظمى والصغرى لدرجة الحرارة
- كمية الهطول
- سطوع الشمس والإشعاع
- قياس التبخر
- الظواهر الطبيعية
- وغيرها من العناصر الاخرى

مكونات محطة الأرصاد الجوية

١. كشك الرصد الجوي: هو صندوق خشبي لونه ابيض (لكي لا يمتص الحرارة) له فتحات بشكل مائل (لكي يدخل الهواء أليه) ارتفاعه عن الأرض متران طوله ٢٠٠سنتيمتر وعرضه ٥٠سنتيمتر وارتفاعه ٥٠سنتيمتر

يوجد في داخله :

- ميزان الحرارة الجاف
- ميزان الحرارة الرطب (في الميزان الحرارة الرطب يكون هناك قطعة قماش رطبة ملفوف حول مستودع الزئبق) .
- ميزان الحرارة العظمى
- ميزان الحرارة الصغرى
- جهاز الثيرموغراف (جهاز يقيس الحرارة برسم) .
- جهاز هيقروغراف (جهاز يقيس رطوبة الجو).