

العوامل البيئية والحاصلات الزراعية

يتأثر الإنتاج الزراعي في منطقة ما بالظروف البيئية السائدة في المنطقة ولمعرفة ذلك يتم دراسة العلاقة ما بين الإنتاج الزراعي والعوامل البيئية تحت أسم علم البيئة Ecology (وهو أحد العلوم الحيوية الذي يختص بدراسة العلاقة بين الكائنات الحية والعوامل المتواجدة في البيئة).

تقسم العوامل البيئية إلى : عوامل مناخية Climatic factors ، عوامل التربة Soil factor ، عوامل حيوية Biological factor .. تؤثر العوامل البيئية على النمو والإنتاج أثناء موسم النمو وأهم العوامل البيئية التي تؤثر على الإنتاج الزراعي: الضوء ، الحرارة ، الماء ، الرياح. كما يتأثر النمو والإنتاج بعوامل التربة والعوامل الحيوية .

العوامل البيئية

١ - الضوء Light :

تعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة إلى الأرض ويخترق الإشعاع الشمسي الكون الخارجي في شكل موجات كهرومغناطيسية وتقوم طبقة الأوزون المغلفة للكرة الأرضية بامتصاص الإشعاعات الضارة للنبات والإنسان وتمتص السحب جزءاً من الإشعاعات ليصل الباقي إلى النبات الذي يستفيد بحوالي ١ - ٢ % فقط من الطاقة الشمسية للقيام بعملياته الحيوية التي تحتاج إلى ضوء (ومن مجموع الطاقة الشمسية الممتصة ما بين ٧٥ - ٨٠ % يستعمل لتبخير الماء و ٥ - ١٠ % طاقة تخزن في التربة).

والضوء الذي يمتصه النبات هو الضوء المنظور وهو الجزء من الإشعاع الشمسي الذي تدركه الأبصار وتحول النباتات هذه الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في عملية التمثيل الضوئي ويمتص كلوروفيل النبات (أ و ب) الألوان - الزرقاء (بواسطة كلوروفيل ب) والحمراء (بواسطة كلوروفيل أ) وتعكس باقي الألوان ولا يستفيد النبات إلا بجزء ضئيل من هذه الألوان. والضوء له تأثيرات عديدة على النبات توجزها فيما يلي :

- ١- تكوين المادة الخضراء وإكمال تكوين البلاستيدات الخضراء.
- ٢- يدخل في عملية التمثيل الضوئي كمصدر للطاقة.
- ٣- يتزايد نمو النباتات نتيجة للضوء الأزرق والأحمر.
- ٤- تؤثر الموجات الضوئية في توزيع الأوكسينات وبالتالي يؤثر ذلك في عملية النمو والانتحاءات وتكوين هرمونات الأزهار.
- ٥- يؤثر الضوء في فتح وغلق الثغور (عملية النتج).
- ٦- التأثير على التركيب التشريحي للنبات باختلاف شدة الضوء. فالنباتات المحبة للشمس تتميز بوجود طبقات من النسيج العمادي وأديم أكثر سماكة (Epiderm) مع تواجد شعيرات أو زغب على السطح الخارجي عن النباتات المحبة للظل.

ويختلف تأثير الضوء اعتماداً على النوع Quality ، الكمية Quantity وشدة الإضاءة Light

Intensity ومدة الإضاءة Duration

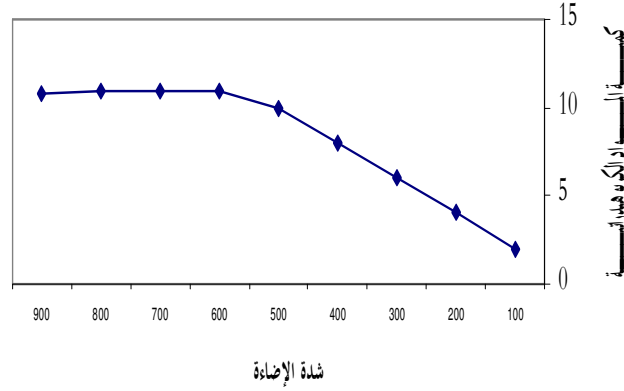
أ- نوع الضوء :

يختلف تأثير الضوء من حيث نوعية الضوء بالإضافة إلى مكوناته من الألوان المختلفة ويختلف النوع من حيث الموسم والموقع الجغرافي فيؤثر كل من الموسم والموقع على زاوية سقوط الضوء على سطح الأرض فزاوية السقوط تكون عمودية على خط الاستواء وتكون بزوايا أكبر كلما اتجهنا شمالاً (القطب الشمالي مثلاً). أما نوعية الضوء فلقد ذكرنا أن الإشعاعات القصيرة تمتص بطبقة الأوزون والإشعاعات الطويلة تمتص من خلال السحب وبخار الماء. كما تؤثر الأتربة والدخان على باقي الموجات الضوئية كذلك ذكرنا أن الضوء ذو اللون الأزرق أو الأحمر أهم الألوان التي تمتصها البلاستيدات الخضراء في حين تعكس الألوان الأخرى ويلاحظ أن ألوان الضوء تؤثر على الأكسينات فاللون الأحمر يزيد من إنبات بعض البذور مثل بذور الخس. كذلك نجد أن الأشعة فوق البنفسجية والزرقاء تساعد في تكوين اللون الأحمر في ثمار التفاح أما بالنسبة للنمو فالأشعة فوق البنفسجية تعتبر ضارة وتؤدي إلى تقزم النباتات ولها تأثير على النباتات النامية على قمم الجبال في حين أن الأشعة الحمراء تسرع من إنبات بعض البذور بينما الإشعاع الأحمر البعيد له تأثير سلبي على إنبات البذور.

ب- شدة الإضاءة :

وهي كمية الضوء الساقط على مساحة معينة خلال فترة زمنية معينة وتقاس شدة الإضاءة بوحدات مختلفة مثل الشمعة الضوئية وهي تعادل كمية الضوء الساقط على السطح من شمعة قياسية على بعد ١ قدم. وهناك وحدات أخرى أحدث مثل : اللكس Lux = كمية الضوء المنظور الساقط على مساحة ٢م^٢ ويبعد ١م عن مصدر الضوء ، وهي تساوي (٠,٠٩٣ من شمعة ١ قدم) ويحتاج الإنسان للقراءة إلى حوالي ٢٠ شمعة. وتختلف شدة الضوء باختلاف الموقع وعلاقته بخطوط العرض على طح الكرة الأرضية. فزاوية سقوط الإشعاع الشمسي رأسية على خط الاستوى و تميل كل مابتعدنا شمالاً أو جنوباً وبالتالي يتوزع الشعاع على مساحة أكبر من سطح الأرض . كذلك تؤثر سمامة الغلاف الجوي على إمتصاص و تشتت الأشعة الضوئية، حيث تقل سماكة الغلاف فوق خط الاستوى وتزداد عند القطبين. لذا تكون المسافة التي تخترقها الأشعة عند القطبين أطول بكثير من مسافة الكتلة الهوائية التي تقطعها الأشعة فوق المنطقة الاستوائية (٤٥ مرة) مما يزيد الفقد. تحتاج النباتات على الأقل من ١٠٠ - ٢٠٠ شمعة لكي تنمو ولهذا تزداد كمية المواد الكربوهيدراتية المتكونة في النباتات بزيادة شدة الضوء حتى تصل إلى حد أقصى. وتتراوح شدة الضوء ما بين ٨,٠٠٠ - ١٠,٠٠٠ شمعة قدم في فصل الصيف.

ويعرف هذا الحد الأقصى بنقطة تشبع الضوء **Light Saturation** وهي كمية الضوء التي لا يحدث بعدها أي زيادة في كمية المواد الكربوهيدراتية ، وتختلف نقطة التشبع الضوئي من محصول إلى آخر وتتراوح ما بين ٥,٠٠٠ - ١٠,٠٠٠ شمعة قدم.



وعلى هذا يمكن تقسيم النباتات من حيث إستجابتها إلى شدة الضوء إلى :

أ- نباتات محبة للضوء : وتحتاج على الأقل إلى ٣,٠٠٠ وحدة شمعية ضوئية ومعظم المحاصيل الإقتصادية تنتمي إلى هذه المجموعة.

ب- نباتات محبة للظل : وتحتاج إلى كمية ضوء أقل ومن أمثلتها نباتات الزينة.

وإذا قلت شدة الإضاءة عن ١٠٠ - ٢٠٠ شمعة يؤدي هذا إلى تقليل التمثيل الضوئي بحيث تقل نواتج التمثيل الضوئي ويزيد استهلاك النبات بواسطة التنفس ويصبح النبات شاحب اللون **Elilated** فيستطيل النبات ويقبل سمك الساق ويتحول لونه إلى اللون الأبيض والشكل مغزلي.

كما تؤثر شدة الإضاءة على الإنتحاء الضوئي فتحلل الأوكسينات المسببة للنمو وتحرك نحو الجزء المظلم وبالتالي تؤدي إلى إستطالة الخلايا البعيدة عن الضوء وهذا يؤدي إلى إنتحاء النبات نحو الضوء. ويزيد الضوء من نسبة الإنبات في بعض المحاصيل مثل الخس **Lactuca sativy** وحشيشة **Poa** وكذلك يتأثر إنبات نبات الجزر في حين تزداد نسبة الإنبات في الظلام لنبات **Liliaceae** (الأبصال).

ج- مدة الإضاءة :

هي عدد ساعات الإضاءة في اليوم وتختلف من موقع إلى آخر ومن موسم إلى آخر.

فعند خط الاستواء فإن عدد ساعات النهار ١٢ ساعة طول العام أما عند خط عرض ٢٥ ° مثلاً تتراوح عدد ساعات النهار من ١٠,٥ ساعة شتاءً إلى ١٣,٧٥ ساعة صيفاً وعند خط عرض ٤٥ ° تتراوح ما بين ٨ ساعات شتاءً إلى ١٦ ساعة صيفاً عند القطب الشمالي تتراوح ما بين صفر شتاءً إلى ٢٤ ساعة صيفاً.. ويطلق على ظاهرة اختلاف استجابة النباتات للطول النسبي لكل من الليل والنهار بظاهرة التآقت الضوئي Photoperiodism. ويؤثر إختلاف طول الفترة الضوئية بالنهار في النباتات عن طريق التأثير في العمليات الحيوية مثل نشوء البراعم و كمونها و النشوء الزهري. وتنقسم النباتات من حيث إستجابتها لمدة الإضاءة إلى تأثيرها على نشوء الأزهار ويمكن تقسيمها إلى نوعين :

١- نباتات محايدة Neutral: وهذه لا تتأثر بعدد ساعات النهار مثل : القطن - اللوبيا - القرعيات - دوار الشمس - الباميا.

٢- نباتات تتأثر بساعات الإضاءة ويمكن تقسيمها إلى :

أ- نباتات النهار الطويل : وهذه تحتاج لنشوء التزهير إلى عدد ساعات إضاءة تزيد عن حد معين من الساعات على الأقل وأن ساعات الإضاءة تتزايد في أثناء فترة نشوء التزهير مثل: القمح الشتوي ، الشعير ، الراي ، البرسيم الأحمر، الكتان ، البطاطس

ب- نباتات النهار القصير : وهذه تحتاج إلى ساعات إضاءة أقل من حد معين ويجب أن تتناقص ساعات النهار باستمرار مثل: الأرز ، الذرة الشامية ، الذرة الرفيعة ، فول الصويا.

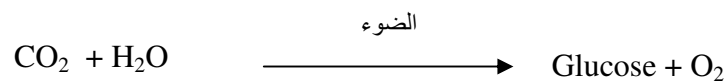
عند نقل نبات نهار قصير من المنطقة الإستوائية إلى المنطقة المعتدلة يؤدي هذا إلى عدم إزهار النباتات وتستمر في النمو الخضري.

والعكس عند زراعة محاصيل النهار الطويل في موسم نهار قصير يؤدي هذا إلى تقصير فترة النمو الخضري. وتختلف الأصناف المختلفة لمحصول ما في إستجابتها لساعات الإضاءة. قد نجح مربّي النباتات إلى انتخاب أصناف لا تتأثر بطول النهار. كذلك تؤثر الفترة الضوئية في تكوين الدرنات في البطاطس وتكوين السوق الجارية في الشليك وتكوين الأشطاء في النجيليات.

الضوء وعملية التمثيل الضوئي:

سبق أن أوضحنا أن الضوء لازم في عملية التمثيل الضوئي. ومن نواتج عملية التمثيل الضوئي الجلوكوز

الذي يتحول إلى مركبات أخرى. ويستهلك جزء من الغذاء المتكون في عملية التنفس Respiration



والفرق بين عملية التمثيل الضوئي - التنفس = يعرف باسم صافي عملية الأيض

$$\text{net assimilation Rate} = \text{Photosynthesis} - \text{Respiration}$$

وبالتالي فإنه يمكن زيادة معدل عملية الأيض (البناء) بتقليل التنفس. والتنفس لازم لإنطلاق الطاقة التي يستعملها النبات في عملياته الحيوية.

وكان هناك إعتقاد أن عملية التنفس تتم أثناء الليل فقط ، ولكن وجد أخيراً أن هناك نوعين من التنفس :

التنفس الضوئي	التنفس الظلامي
Phto respiration	Dark respiration

وعموماً وجد أن النباتات تنقسم إلى ثلاثة أنواع من حيث مسار دورة البناء الضوئي.

أ- نباتات ثلاثية الكربون C_3 : في هذا النوع من النباتات نجد أن أحد النواتج الوسيطة في تكوين سكر الجلوكوز في عملية التمثيل الضوئي هو حمض ثلاثي ذرات الكربون (حمض فوسفوجلسرات) Phosphoglyceric acid مثل نباتات القمح - الشعير - الأرز - فول صوليا - البرسيم - البنجر - البطاطس ...

ب- نباتات رباعية الكربون C_4 : والنباتات في هذا النوع تنتج أحماض وسطية رباعية الكربون مثل حمض الماليك والأسبايك (Malic, Aspartic) مثل الذرة الشامية و الذرة الرفيعة و قصب السكر.

ج- النباتات العصارية CAM: وهي نباتات تشابه في مسار CO_2 نباتات C_4 ولكن تختلف في وقت دخول CO_2 للقيام بعملية البناء الضوئي، فيكون الدخول في الليل وتتم عملية البناء في النهار مثل الصبار والتين الشوكي و الأناناس.

ومقارنة كفاءة التمثيل الضوئي للإستهلاك المائي للنوعين C_3 و C_4 نجد أن كفاءة النوع الرباعي الكربون يفوق نباتات C_3 وفيما يلي ملخص للفرق بين النوعين السابقين:

نباتات C_4	نباتات C_3	
توجد في طبقة الميزوفيل في الورقة وفي الحزم الوعائية في غمد الورقة	في طبقة الميزوفيل في الورقة	انتشار البلاستيدات الخضراء
أنزيم فسفوبيروفيت -Phosphoenol-pyruvate carboxylase	يتواجد أنزيم ريسكو (Rubsco) Ribulose diphosphate carboxylase	نوعية البلاستيدات
٣٠ - ٤٧ م°	١٥ - ٢٥ م°	المدى الحراري
٣٠ - ٣٥ م°	٢٠ - ٢٥ م°	درجة الحرارة المثلى للنمو
٦٠٠٠ شمعة قدم	٣٠٠٠ شمعة قدم	التشبع الضوئي
ضئيل وغير ملموس	يحدث بمعدل واضح ٥٠ %	معدل التنفس الضوئي
مرتفعة	منخفضة	الكفاءة التمثيلية عند ارتفاع

درجة الحرارة		
نسبة النتج/الكربون الممثل	مرتفعة	منخفضة

كفاءة استعمال الماء بالنسبة لنباتات C_3 و C_4 - جم مادة جافة لكل ١٠٠٠ جم من الماء (جم)

النبات	C_4 جم	C_3 جم
(atriplex - عرف الديك) ذوات الفلقتين	٣,٤٤	١,٥٩
(الذرة الشامية - الرفيعة - الدخن) ذوات الفلقة الواحدة	٣,١٤	١,٤٩

كذلك الفقد في المادة الجافة نتيجة التنفس الضوئي في نبات Faguse (C_3) الفقد بمقدار ٤٠ % في حين نبات C_4 Paniceum لا يتعدى ٣ % . عند ارتفاع درجة الحرارة في نباتات C_3 يؤدي ذلك إلى زيادة في معدل التنفس الضوئي بسرعة أكثر من التمثيل الضوئي وبالتالي تؤدي إلى نقص في معدل الأيض الغذائي (NAR). ونتيجة لأهمية محاصيل C_4 فلقد أوضح بعض الباحثين إذا تم تحويل دورة التمثيل الضوئي من C_3 ← C_4 لبعض النباتات مثل القمح وفول الصويا فإنه من الممكن زيادة محصولها بمقدار ٥٠ % . ولقد أوضح مقارنة محصول الذرة وبعض المحاصيل الأخرى لمتوسط أربع سنوات في كندا.

المحصول	كجم/هكتار
الذرة الشامية	٥٥٢٢
القمح الشتوي	٣٢٣٠
القمح الربيعي	١٧٣٥
الشعير الربيعي	٢٦٨٥
فول الصويا	٢١٠٨

كيفية تعديل شدة الإضاءة

في حالة زيادة شدة الضوء عن الحد اللازم يمكن تعديل شدة الإضاءة.

تعديل الإضاءة :

أ- اختيار المحصول المناسب (محاصيل المناطق الاستوائية تحتاج إلى شدة ضوء أعلى من محاصيل المناطق المعتدلة).

ب- تعديل كثافة النباتات.

ج- تقليم أو خف النباتات.

د- تحميل المحاصيل.

هـ- إستعمال الشباك والتظليل.

و- إنتاج أصناف من المحاصيل تتحمل شدة الإضاءة.

ويمكن تعديل شدة الإضاءة بزراعة المحاصيل في البيوت المحمية. والإعتماد على الإضاءة الصناعية جزئياً أو

كلياً.

الإضاءة الإضافية : Supplemental Illumination في البيوت المحمية يعتبر الإعتماد على الإضاءة الصناعية عملية غير إقتصادية ولكن تستعمل في حالة المحاصيل ذات العائد المرتفع كما في نباتات الخضر – والزينة المزروعة في غير موسمها الطبيعي.

ومصادر الإضاءة هي :

أ- المصابيح الكهربائية العادية ويطلق عليها Tungestens lamps

وهذه المصابيح غنية بالضوء الأحمر والأشعة دون الحمراء Infrared وهي فقيرة في الضوء الأزرق ولا ينصح بوضعها قريبة من النباتات حتى لا تؤدي إلى زيادة درجة الحرارة.

ب- مصابيح الفلورسنت Fluorescent

وتتميز بوفرة اللون البنفسجي وقلة الأشعة الحمراء ودون الحمراء وتمتاز بكفاءتها عن النوع الأول ويعاب عليها ضعف الإضاءة مع الإستعمال وكذلك إختلاف شدة الإضاءة على طول المصباح فيزداد في الوسط ويقل عند الطرفين ويوصى باستعمال النوعين الأول والثاني للحصول على نتائج أفضل نسبة ١ : ٢ أو ١ : ٥ وتستعمل أنواع السابقة في البيوت الزجاجية والصوب الزجاجية أو في غرف النمو (وهي غرف صغيرة الحجم تستخدم في إجراء التجارب وتعتمد على الإضاءة الصناعية كلية ويمكن التحكم في ساعات الإضاءة ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية عن طريق الحاسبات الإلكترونية) ، والأحجام الكبرى من هذه الغرف تعرف باسم Phyto trones.

٢- الحرارة Temperature

من أهم العوامل البيئية التي تؤثر على الكائنات الحية. وتلعب الحرارة دوراً رئيسياً في كثير من العمليات الطبيعية والكيميائية والتي تؤثر بدورها في التفاعلات الحيوية. فتؤثر الحرارة على عمليات انتشار الغازات والسوائل وكذلك على عمليات إذابة الأملاح كما تؤثر على التفاعلات الإنزيمية في الخلايا.

تقاس درجات الحرارة بواسطة الترمومترات وثرموكوبل Thermocouples و Thermometers. وتقاس درجات الحرارة العظمى والمثلى يومياً وبحسب معدل درجة حرارة اليوم كمتوسط لدرجتي الحرارة. وتختلف درجات الحرارة من يوم إلى آخر حسب الموسم ومن مكان إلى آخر. وكذلك تختلف بالارتفاع فتقل درجة الحرارة بمقدار ١° لكل ٢٠٠م تقريباً.

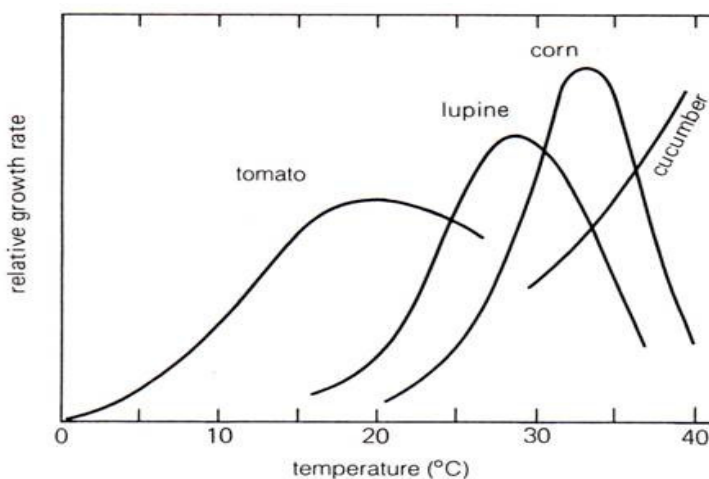
الدرجات الحدية : Cardinal Temperature

وهي الدرجات التي تحدث عندها تغيرات حساسة في حيوية النباتات وفي نموه وفي طاقته الإنتاجية. ولكل عملية حيوية حدد لها ثلاث درجات حرارية مميزة هي القصوى (الحد الأعلى) الصغرى أو الدنيا (الحد الأدنى) وبينهما المثلى وهي أكفى درجة حرارة لحدوث التفاعل.

وتختلف الدرجات الحدية من محصول إلى آخر ويمكن للنباتات عموماً أن تنجح بين درجة حرارة صفر إلى درجة حرارة ٥٥ ولكن عموماً لا تنمو النباتات إذا قلت درجة الحرارة عن ٥°م ويمكن تقسم النباتات من حيث إستجابتها للحرارة إلى :

- محاصيل المناطق المعتدلة **Temperate** : وهذه تنمو بين درجات حرارة ٥ - ٣٠°م ، درجة الحرارة المثلى لها بين (١٥ - ٢٥°م) مثل القمح - الشعير - الراي - الشوفان - البطاطس - الفاكهة ذات النواة الحجرية.

- محاصيل المناطق الدافئة : وهذه تنمو ما بين درجة حرارة ١٠ - ٤٠°م والمثلى ما بين (٣٠ - ٣٨°م) ولا تنمو إذا قلت درجة الحرارة عن ١٠°م. وأهم هذه المحاصيل الذرة الشامية - الذرة الرفيعة - القطن الأرز - فول الصويا - الباميا الملوخية - الطماطم - والبرتقال - والموز - والمانجو - والنخيل - والأناناس.



شكل () : درجات الحرارة الحدية لبعض النباتات.

الوحدات الحرارية التراكمية : (العلاقة بين درجات الحرارة والنضج) "DD" Thermal unit Heat units بالنسبة للمحاصيل المحايدة لطول النهار فإن العامل المحدد لتنام النضج هي درجات الحرارة التي يتعرض لها هذا المحصول. ولكل محصول حد أدنى من درجات الحرارة - إذا قلت عنه - لا ينمو هذا المحصول ويعرف بالحد الأدنى باسم **صفر النمو grow zero** وهي أقل درجة حرارة لازمة لنمو المحصول. ويعرف مجموع درجات الحرارة التي تزيد عن صفر النمو والتي يحتاجها المحصول من الزراعة حتى النضج باسم **درجات الحرارة التراكمية (المجمعة) accumulative heat units** (الوحدات الحرارية) Degree days (DD).

$$\text{Accumulative Heat} = (T_a - T_{\text{zero}})$$

ويوضح الجدول الآتي صفر النمو لمجموعة من المحاصيل:

المحصول	صفر النمو
القمح	٣°م

العنب	م°١٠
الذرة	م°١٣
القطن	م°١٦
النخيل	م°١٨

مثال: إذا زرع نبات الذرة الشامية في أول شهر مارس وحصد في العاشر من يولية وكانت درجات الحرارة القصوى والصغرى كما يلي:

عدد الأيام	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية
٣١	٣١	٣٠	٣١	٣٠	١٠ أيام منه
درجة الحرارة القصوى	٢٧	٣٢	٣٩	٤٢	٤٤
درجة الحرارة الدنيا	١٣	١٨	٢٣	٢٥	٢٧
المتوسط	٢٠	٢٥	٣١	٣٣,٥	٣٥,٥
الحرارة التراكمية اليوم	٧=١٣-٢٠	١٢	١٨	٢٠,٥	٢٢,٥
الحرارة التراكمية للنمو = (٣١ × ٧) + (٣٠ × ١٢) + (٣١ × ١٨) + (٣٠ × ٢٠,٥) + (٢٢,٥ × ١٠) = ٢٠١٠ درجة مترادف					

وعلى هذا كلما ارتفعت درجة الحرارة كلما زادت عدد الوحدات الحرارية التراكمية ويقل موسم النضج أما إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٣٥ م° في الذرة فنحسب على أنها الحد الأعلى. (الوحدات الحرارية).
ويفيد حساب عدد درجات الحرارة التراكمية في الآتي :

- أ- تحديد أنواع المحاصيل التي يمكن زراعتها وكذلك الأصناف وتحديد موعد الزراعة المناسب.
ب- تحديد موسم النمو وبالتالي ميعاد النضج بدقة وسهولة لتجهيز الحصاد في الوقت المناسب وخصوصاً للمحاصيل الحقلية.
ج- تحديد مواعيد الزراعة إذا زرع في الحقل أكثر من صنف ويراد التلقيح بينهما (التوافق بينهما في مواعيد التلقيح) كما في حالة إنتاج الذرة المهجين.

وقد وضع تقسيم لأصناف الفاكهة حسب الوحدات الحرارية التراكمية في العام:

- أ- فاكهة احتياجها ٦٠٠٠ درجة حرارة النخيل - المانجو - الموز - الجريب فروت.
ب- فاكهة احتياجها ٥٠٠٠ - ٦٠٠٠ درجة البرتقال - الرمان.
ج- فاكهة احتياجها ٣٠٠٠ - ٤٠٠٠ درجة الزيتون - الخوخ - الكمثرى.
د- فاكهة احتياجها ٢٠٠٠ - ٣٠٠٠ درجة التفاح - وبعض أصناف الكمثرى - Cherry.

الأجواء المناخية :

هناك تقسيمات مختلفة للمناطق المناخية المختلفة حسب التغير في درجة الحرارة ولقد وضع Henry

(1925) أبسط هذه التقسيمات والتي تتلخص في الآتي:

المنطقة	عدد الأشهر	المتوسط الحراري	أهم المحاصيل
المداية Tropical	جميع أشهر السنة	أعلى من ٢٠ م°	قصب السكر - اليام - كاكاو - بن - الموز - الأناناس - الموالح.
تحت المدارية Subtropical	(١١-٤) شهر حار	أعلى من ٢٠ م°	قصب السكر - الموز - الذرة الشامية - الذرة الرفيعة - القطن - الموالح - فول الصويا - الطماطم - البامية.
معتدلة Temperature	١٢ - ٤ معتدلة	(١٠ - ٢٠) م°	القمح - الشعير - البطاطس - التفاح - الكمشى - العنب - بعض أصناف الفواكه الحجرية.
بارد Cold	(١ - ٤) أشهر معتدلة	درجات الحرارة أقل من ١٠ م° في غير الشهور المعتدلة	الراي - ينجر السكر - الكتان - تفاح - كمشى - برفوق - الكرز.
قطبية Polar	جميع الأشهر	بارد تحت ١٠ م°	حالية من النباتات سوى بعض الأعشاب

الأضرار الحرارية : Heat Stress

يؤدي اختلاف درجات الحرارة عن الحرارة المثلى إلى حدوث بعض الأضرار وهذه الأضرار تنشأ أما نتيجة ارتفاع درجة الحرارة عن الحرارة القصوى أو انخفاضها عن الحرارة الدنيا.

أضرار ارتفاع الحرارة : High Temperature Injury

تنشأ عن ارتفاع درجة الحرارة حدوث الأضرار التالية :

أ- قتل البروتوبلازم: يتلف البروتوبلازم إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ٥٤ م° ويبدأ فقد صفاته الطبيعية وهذا ما يعرف باسم الذرة Denaturing ويقاوم النبات الوصول إلى هذه الدرجة عن طريق تكون Epiderm الواقى أو زيادة المساحة الورقية التي تعمل على تظليل النبات.

ب- حدوث ضربة الشمس Sun scold : وتنشأ عن موت الخلايا الإنشائية (الكيمبيوم) المواجهة لجهة الشمس. وتحدث في الأشجار الحديثة حيث تكون خلايا القلف رقيقة فيموت نسيج الكيمبيوم ويتلف الخشب.

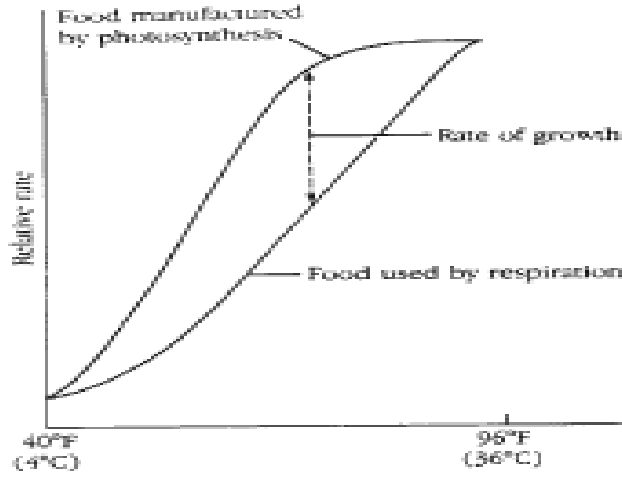
ج- التأثير المجفف Disscating effect: تؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تزايد معدل النتج. وكذلك يقل نشاط الجذور ويقل امتصاصها للماء ويبدأ النبات في الذبول والذي ينتهي بالموت نتيجة للجفاف. وهذا ما يعرف باسم التوازن المائي السالب. وتتأثر النموات الحديثة وكذلك الأزهار والثمار الصغيرة بدرجة أكبر من ارتفاع درجة الحرارة.

د- تعمل درجات الحرارة المرتفعة إلى تقليل التمثيل الضوئي وزيادة معدل التنفس ولذلك ينشأ اتزان أيضي سالب وتفقد النباتات مخزونها من الغذاء.

هـ- يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تساقط الأزهار والثمار الصغيرة.

و- يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى قتل الجذور السطحية.

ز- يؤثر ارتفاع الحرارة على حيوية حبوب اللقاح ويقلل من نسبة إنباتها ويقلل من نسبة الإخصاب (إذا ارتفعت عن ٤٠ م°).



شكل () العلاقة ما بين درجة الحرارة وكل من التمثيل الضوئي والتنفس

كيفية التغلب على أضرار الحرارة العالية:

- ١- تغطية النباتات الصغيرة والشتلات
- ٢- طلاء جذوع الأشجار بمادة عاكسة لأشعة الشمس
- ٣- تقليل المسافات بين النباتات ليضلل بعضها البعض
- ٤- زراعة الأشجار الصغيرة تحت الأشجار الكبيرة (الموالمخ تحت أشجار النخيل)
- ٥- تربية الشتلات والنباتات الصغيرة داخل المشاتل
- ٦- استخدام البيوت المحمية.

أضرار انخفاض الحرارة : Low Temperature Injury

يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى إبطاء معدلات العمليات الحيوية التي تجري داخل النبات ويسبب انخفاض درجة الحرارة أضراراً لأشجار الفاكهة الاستوائية والمعتدلة الحرارة والمعتدلة ويتمثل هذا في تبقع الأوراق أما أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق فتكون أكثر مقاومة لانخفاض درجة الحرارة خصوصاً عندما تكون مجردة من أوراقها.

وعموماً فإن الأشجار الكبيرة تتحمل أضرار انخفاض الحرارة عن الأشجار الصغيرة كما أن الأزهار والنموات الحديثة تكون أكثر تأثراً من الثمار الصغيرة وتليها الثمار الكبيرة. كذلك فإن انخفاض درجة الحرارة يمنع انتشار حبوب اللقاح وحدوث الإخصاب بالنسبة للمحاصيل الحقلية تقسم النباتات من حيث تأثير انخفاض درجات الحرارة إلى :

أ- نباتات تموت لتعرضها لدرجات الحرارة ما بين ٠,٥° - ٥° م وتشمل (الأرز - الدخن - القرعيات - فول الصويا - اللوبيا).

ب- نباتات تتأثر لتعرضها لهذه الدرجات ثم تستعيد نموها بارتفاع درجة الحرارة مثل حشيشة السودان - الفول السوداني.

ج- نباتات لا تتأثر كثير بانخفاض درجة الحرارة مثل الذرة الشامية - القطن - الذرة الرفيعة - دوار الشمس.

د- نباتات لا تتأثر تماماً بانخفاض درجة الحرارة مثل القمح - الشعير والبطاطس.

أضرار تنشأ عن التجمد Freezing Injuries

يؤدي انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المئوي إلى حدوث التجمد. ويؤدي هذا التجمد إلى حدوث الأضرار التالية :

- ١- تجمد البروتوبلازم ويؤدي إلى انهيار كيان البروتوبلازم فيترسب البروتين وتحدث الوفاة. (تجمد سريع)
- ٢- الجفاف الخلوي وينشأ عند تجمد الماء الموجود بين الخلايا في حين أن الماء داخل الخلايا لم يتجمد بعد. لهذا يخرج الماء من داخل الخلايا إلى خارجها ويحدث الجفاف. (تجمد بطيء وتدرجي)
- ٣- الصقيع (أضرار ميكانيكية نتيجة الصقيع): والمقصود بالصقيع هو تجمد الماء وتحوله إلى بلورات ثلجية وهناك نوعين من الصقيع. الصقيع الأسود وهو يحدث عندما تكون الرطوبة الجوية غير مرتفعة و نتيجةاً لتجمد الماء داخل الخلايا وتحوله إلى بلورات إبرية، ويحدث هذا الثلج أكبر الأضرار للنبات حيث يعمل على تمزق الخلايا وموتها وتحويلها إلى اللون الأسود . أما الصقيع الأبيض فهو تجمد الندى الملامس لسطح النبات وتحوله إلى بلورات ثلجية. وتحدث هذه البلورات بعض الأضرار في الأنسجة الملامسة لها ويحدث عندما تكون الرطوبة الجوية عالية.
- ٤- قتل حبوب اللقاح والبويضات وعدم تكون البذور ويعتبر الصقيع من الأخطار المدمرة للحاصلات الزراعية. وتعرض المحاصيل المزروعة في فصل الشتاء في المنطقة الوسطى لأضرار الصقيع وخاصة خلال شهر ديسمبر ويناير. وتزداد أضرار الصقيع إذا حدث أثناء تزهير النباتات. فتفشل عملية الإخصاب وتكوين البذور والثمار.

طرق مكافحة الصقيع :

- يكافح الصقيع في محاصيل الخضر والفاكهة لارتفاع ثمن هذه المحاصيل بعدة طرق مثل :
- ١- تكوين الضباب الصناعي وذلك بإطلاق بخار الماء في الجو المحيط بالنباتات.
 - ٢- التدخين : وذلك بحرق الأعشاب حيث أن وجود ذرات الدخان يمنع تكوين الصقيع.
 - ٣- تغطية النباتات لمنع إشعاع الحرارة فيها مثل تغطيتها بالقش والبلاستيك وعمل أنفاق البلاستيك.
 - ٤- استخدام المراوح لتحريك الهواء ونزول الهواء الساخن بجوار التربة.
 - ٥- الري بالرش لتسخين الهواء بجوار التربة ومنع الصقيع.
 - ٦- توزيع سخانات الغاز بين الأشجار مثل أشجار الموالح.
 - ٧- إستعمال المواقد الساخنة التي تسخن بالبخار والسخانات الكهربائية لتسخين التربة في حالة الشتلات الصغيرة.

التقسية من البرودة : Cold Hardiness

يقصد بها زيادة قابلية النباتات لتحمل البرودة وذلك بزيادة تركيز المواد الصلبة في البروتوبلازم ويمكن إحداث هذه التقسية بالوسائل التالية :

- ١- معاملة الشتلات بالبرودة المتدرجة وذلك بتعريضها لدرجات حرارة صغرى لعدة ساعات كل يوم قبل نقلها إلى الحقل حيث تزيد من درجة تحملها لانخفاض درجة الحرارة.
- ٢- تعطيش النباتات بتباعد فترات الري يؤدي إلى تقليل الماء بالخلايا وزيادة تركيز المواد الصلبة في الفجوات العصارية في الخلية.
- ٣- تنظيم التسميد وذلك بتقليل التسميد النيتروجيني لمنع تكوين النموات الحديثة وزيادة الفسفور والبوتاسيوم لزيادة تركيز العصاراة الخلوية.
- ٤- إيقاف النمو وذلك بتقليم النباتات تقليماً جائراً يساعد على نجاح زراعة الشتلات.
- ٥- تقيل الحمل الزائد في الثمار عن طريق الخف.
- ٦- إنتاج أصناف تتحمل البرودة المنخفضة كما هو الحال في أصناف البرسيم الحجازي التي تزرع في المناطق التي تتعرض لانخفاض درجات الحرارة وكذلك الأقماح الشتوية.

الحساسية للحرارة : Heat Sensitivity

تحتاج المحاصيل الحولية الشتوية وبعض المحاصيل المعمرة إلى فترة خاصة من انخفاض الحرارة لكي تزهر. يطلق على عملية تعريض النباتات الموجودة في المناطق الباردة إلى درجات حرارة منخفضة لدفعها للإزهار بعملية الارتباع Vernilization (مثل الأقماح الشتوية). وفي هذه الحالة تنقع البذور في الماء لفترة قصيرة ثم تعرض لدرجة حرارة منخفضة حوالي ٥°م لمدة (١٥ - ٦٠ يوم) قبل الزراعة وتؤدي زراعة هذه البذور في أول الربيع إلى سرعة إزهارها في فصل الصيف أما إذا لم تعرض البذور لدرجة حرارة منخفضة فإنها تستمر في النمو الخضري ولا تزهر في الربيع.

كما أن بعض النباتات ذات الحولين مثل البنجر تحتاج إلى موسم لنمو خضري وموسم آخر للنمو الزهري وتحتاج إلى تعرضها للبرد في الموسم الثاني لدفعها للإزهار. ولقد لوحظ أن زراعة نبات البنجر في Alaska يؤدي إلى دفع النباتات للإزهار في السنة الأولى.

كذلك فإن نبات الخس إذا تعرضت لدرجات الحرارة المرتفعة ١٦ - ٢٥°م فإنها تسرع في الأزهار. كذلك تحتاج بعض أشجار الفاكهة المتساقطة لدرجات الحرارة المنخفضة حتى تدفع للإزهار وتعرف هذه الفترة باسم طور الراحة لذلك تحتاج أشجار فاكهة المناطق الباردة إلى التعرض للبرودة.

طور الراحة في أشجار الفاكهة المتساقطة :

في حالة أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق يجب أن تعرض لدرجات الحرارة تقل عن ٧°م لمدة كافية قبل أن تستعيد نموها ويخرج من طور الراحة وتنضج البراعم الزهرية وتختلف مدة الراحة باختلاف نوع المحصول.

وقد وجد من الدراسة طول فترة الراحة تقاس بعدد ساعات البرودة التي تقضيها البراعم لكي تستعيد

نموها. وتنضج لتكون الأزهار.

$$(٧^\circ\text{م} - \text{الدرجة الدنيا}) \times ٢٤$$

ونحسب عدد ساعات البرودة اليومية من المعادلة =

الدرجة القصوى - الدرجة الدنيا

وتجمع عدد الساعات الباردة ما بين (أول أكتوبر حتى آخر مارس) وتختلف عدد الساعات الباردة من محصول إلى آخر بل من صنف إلى آخر ويحتاج الخوخ إلى ١٠٠-١٥٠٠ ، البرقوق الياباني ١٠٠ - ٨٠٠ ، البرقوق الأوربي ٨٠٠ - ١٥٠٠ ، التفاح ٢٠٠ - ١٤٠٠ الكريز ٨٠٠ - ١٧٠٠.

وترجع أهمية تعرض النباتات للبرودة إلى ما يلي :

- أ. تعتبر ضرورية للخروج من طور الراحة فعند انقضاء طور الراحة تنشط البراعم لتكوين الفروع الخضرية والأزهار.
- ب. يعتبر دخول الأشجار في طور الراحة وسيلة فعالة لمقاومة النبات للظروف القاسية خلال برد الشتاء.

ويمكن كسر طور الراحة أي تقليل فترة الراحة للنباتات بأحد الوسائل التالية :

- أ. انتخاب الأصناف ذات طور الراحة القصير، ولكن هذه النباتات أو الأصناف يكون إنتاجها أقل وجودتها أقل.
- ب. الرش بالكيماويات، وهناك مركبات خاصة لكل صنف من أصناف الفاكهة وهذه المركبات تعمل على تنشيط البراعم وتقصير دور الراحة.
- ج. تعطيش النباتات قبل طور الراحة يؤدي إلى دخول النباتات مبكراً في طور الراحة وبالتالي خروجها مبكراً من طور الراحة والتبكير في إنتاج الثمار. وعموماً فإن كسر طور الراحة مبكراً يقلل من المحصول.

التحكم الحراري : Temperature Control

يمكن تعديل الظروف الحرارية لتلائم محصول ما بعدة وسائل أهمها :

- أ. اختيار الموقع : في المناطق الباردة اختيار المنحدرات المواجهة للشمس أفضل من المنحدرات البعيدة عن الشمس. كذلك يجب تجنب زراعة الأشجار في الأراضي المنخفضة حيث أنها تكون أكثر برودة وكذلك يفضل زراعة الأشجار في المناطق القريبة من المسطحات المائية حيث يعمل الماء على تلطيف الجو.
- ب. تغطية التربة Soil mulch : سواء لتلطيف التربة أو لتدفئة التربة.
- ج. يساعد الري على تدفئة النباتات.
- د. زراعة المحاصيل في غير أوقاتها المناسبة تحت الظروف الحمية.
- هـ. تدفئة النباتات بتغطيتها بالبلاستيك أو عمل أنفاق البلاستيك Plastic tumps

٣- الماء

يعتبر الماء عصب الحياة، ويمتص النبات الماء أكثر من أي مادة أخرى ويمكن تخليص فوائد الماء في النقاط التالية :

- ١- المكون الرئيسي للخلايا الحية ويكون الماء ٩٥ ٪ من وزن الأنسجة.
 - ٢- الماء هو المحلول الناقل للعناصر الغذائية للنبات.
 - ٣- الماء هو المحلول الرئيسي الذي تتم فيه معظم العمليات الكيميائية.
 - ٤- يعتبر الماء ضروري للحياة للعمليات الطبيعية في النبات مثل إستطالة الخلايا وإنتقال العناصر الغذائية بالضغط الأسموزي.
 - ٥- الماء ضروري في عملية التمثيل الضوئي.
 - ٦- الماء ضروري لتلطيف درجة حرارة النبات (النتح).
- * يمتص النبات كمية من الماء تزيد عن إحتياجاته الفعلية وتخرج الكميات الزائدة في عملية النتح.
- مصادر الماء :

ينتشر الماء على سطح الكرة الأرضية ويوجد ٩٧ ٪ من الماء في المحيطات والباقي يتوزع في الصور التالية:
 ٧٥ ٪ في القطبين ، ٢٤ ٪ في الماء الأرضي الجوفي ونسبة ضئيلة منه في البحيرات ٠,٣ ٪ ، ورطوبة أرضية ٠,٠٧ ٪ ، ورطوبة جوية ٠,٠٤ ٪ ، وأنهار ٠,٠٣ ٪.

الخواص المميزة للماء :

- أ. الحرارة النوعية: وهي كمية الحرارة (السرعات) اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة حرارة واحدة بدون حدوث تغير في حالة المادة. لذا يتميز الماء بارتفاع درجة الحرارة النوعية عن أي مادة أخرى وله القدرة على إمتصاص كمية أكبر من الحرارة مع قلة التغير في حرارته.
- ب. ينكمش حجم الماء عندما ينخفض درجة حرارته إلى ٤°م ثم يزيد حجمه بسرعة مع الانخفاض المستمر للحرارة من ٤°م إلى صفر. لذلك يطفو الجليد فوق سطح الماء (الكثافة).
- ج. ترتبط جزيئات الماء مع بعضها البعض بالروابط الهيدروجينية (روابط تساهمية) وبذلك تحقق تماسكاً بين الجزيئات وتكون قوة في تماسك المحاليل داخل الأوعية الخشبية للنبات.
- د. قوة التلاصق بين جزيئات الماء والمواد الملاصقة لها مرتفعة الأمر الذي يسهل انتشارها.
- هـ. الماء شفاف يسمح بانتشار الضوء اللازم لعملية التمثيل الضوئي من خلاله.
- و. الماء النقي عازل للكهرباء ، ولكن ذوبان الأملاح في الماء يجعله موصلاً جيداً للتيار الكهربائي.

ويمكن تقسيم موارد الماء إلى نوعين : الرطوبة الجوية والرطوبة الأرضية:

الرطوبة الجوية : و يستفيد النبات منها بطريقتين :

- أ. يعمل بخار الماء الموجود في الجو على تخفيف حدة الجفاف ويقلل من عملية النتح.
- ب. تعتبر الرطوبة الجوية مصدر الترسيبات الجوية إلى الأرض فتوفر الرطوبة في التربة وتكون مصدر لإمداد النبات بإحتياجاته من الماء والأملاح والعناصر الغذائية الذائبة فيه.

صور الرطوبة الجوية :

- أ. المطر: ويتكون من تكثيف بخار الماء في الجو على درجة حرارة أعلى من التجمد ويتوقف أهمية المطر على كميته ، موسم سقوطه وعلى توزيعه خلال الموسم ويقاس كمية المطر بارتفاع الأمطار الساقطة على وحدة المساحة بالملم.
- ب. الثلج : ويتكون نتيجة لتكثف بخار الماء في الجو على درجة حرارة أقل من نقطة التجمد. ويستفيد النبات من الثلج عند ذوبان الجليد إما في صورة مياه الأنهار والبحيرات أو في صورة مخزونة على هيئة ماء أرضي.
- ج. البرد: وينشأ نتيجة لحمل الهواء لقطرات الماء إلى أعلى خلال طبقة باردة تحت التجمد فيتراكم على هذه القطرات بكميات أكبر من الماء المتجمد وتتساقط بفعل الجاذبية الأرضية إلى أسفل. ويحدث سقوط البرد أضراراً ميكانيكية للنبات ويتوقف هذا الضرر حسب حجمه.
- د. الندى : وهو ينشأ عن تكثف بخار الماء في الليل بجوار سطح التربة والنبات. ويمكن الاستفادة من هذا الندى في توفير بعض إحتياجات النبات من الماء.
- هـ. السحاب : وهو بخار الماء المتكاثف في طبقات الجو العليا وهو مصدر معظم الترسيبات المائية من الجو إلى سطح الأرض. وقد بذلت محاولات لإسقاط الأمطار وذلك برش هذه السحب بمسحوق يوديد الفضة.

ويمكن تقسيم مناطق العالم من حيث كمية الهطول المطري إلى :-

- ١- المناطق الجافة : arid ويقبل فيها معدل السقوط السنوي للأمطار عن ٢٥٠مم.
- ٢- المناطق شبه الجافة : semi-arid ويصل فيها معدل سقوط الأمطار ما بين ٢٥٠ - ٥٠٠مم.
- ٣- مناطق شبه رطبة : semi-humid ويصل فيها معدل سقوط الأمطار ما بين ٥٠٠ - ١٠٠٠مم.
- ٤- مناطق رطبة : humid ويزيد فيها معدل سقوط الأمطار عن ١٠٠٠مم.

صور الرطوبة الأرضية : Soil moisture

عند سقوط الماء على سطح فإن هذا الماء يخترق سطح التربة ويأخذ الصور التالية :-

١- ماء الجاذبية الأرضية : Gravitational water

عندما تسقط الأمطار على الأرض أو ري التربة فإن جزء من الماء يتخلل إلى أسفل التربة بفعل قوة الجاذبية الأرضية ، بينما تصبح التربة مشبعة بالماء عندما تمتلئ الفراغات البينية بين حبيبات التربة بالماء.

السعة الحقلية : Field capacity

عبارة عن المحتوى المائي للتربة بعد صرف الفائض من الماء بواسطة الجاذبية الأرضية ، ويحدث هذا بعد يوم أو يومين من الري أو الأمطار تبعاً لنوع التربة.

٢- الماء الشعري : Capillary water

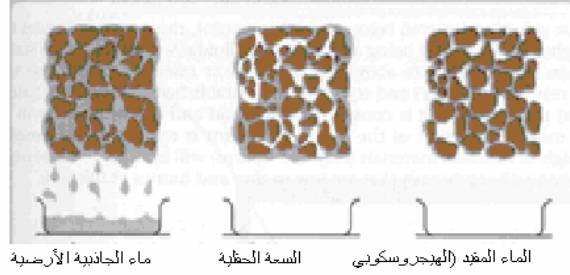
وهو عبارة عن الجزء المتبقي من الماء في الفراغات البينية لحبيبات التربة بفعل التوتر السطحي وقوى التلاصق بين الماء وحبيبات التربة وتزداد كمية هذا الماء بصغر حجم حبيبات التربة ومعظم هذا الماء يستطيع النبات إمتصاصه.

٣- الماء المقيّد (الهيجروسكوب): Hygroscopic water

وهو عبارة عن الماء الممسوك حول حبيبات التربة بقوى أكبر من قوة إمتصاص الجذور وبالتالي لا يستفيد

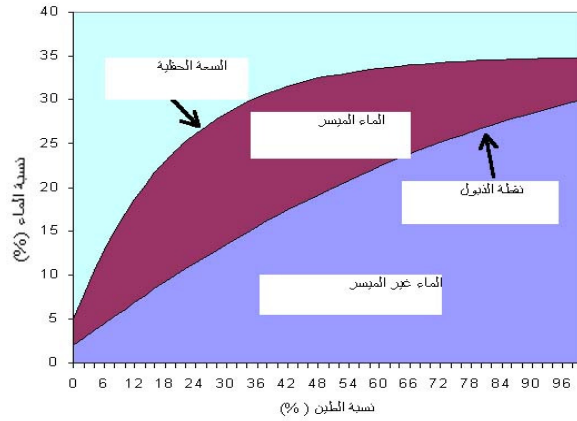
به

النبات.



شكل () صور الماء في التربة

يستفيد النبات من الماء الشعري ما بين السعة الحظية ونقطة الذبول (Wilting point) ويعرف هذا باسم الماء الميسر (Available water). والذي يعتمد على نوع التربة كما ذكر سابقاً.



الماء الذي تمتصه النباتات يستعمل في العمليات الحيوية ، ولكن الجزء الأكبر منه يفقد بواسطة عملية النتح (Transpiration) ويعرف النتح بأنه : خروج الماء على هيئة بخار من الأجزاء النباتية المعرضة للجو المحيط بالنبات.

أشكال النتح :

أ. النتح الثغري: Stomatal transpiration: إن كان خروج الماء عن طريق الثغور يسمى بالنتح الثغري وهو أكثر صور النتح أهمية (٥٠ - ٩٧ %) من النتح الكلي ، وينخفض عند غلق الثغور.

ب. والنتح الأدمي (البشرة) : Cuticular transpiration وفيه يتسرب بخار الماء خلال الجدر الخارجية لخلايا البشرة ونسبته ٣ - ١٠ % من النتح الكلي ، ويكون مرتفعاً في الأعضاء الحديثة التكوين وذلك لأن طبقة الأدمة رقيقة ، وعند الجفاف تزداد سُمكاً.

ج. النتح العديسي : Lenticular transpiration وفيه يتم خروج بخار الماء عن طريق العديسات الموجودة في قلف الأشجار ونسبته ٠,١ % من النتح الكلي.

د. النتح القلبي : bark transpiration ورغم أنه قليل نسبياً إلا أنه يعادل خمسة أضعاف النتح العديسي.

تقسم النباتات من حيث الوسط المائي التي تعيش فيه الجذور إلى :

أ. نباتات مائية : Hydrophytes وهي تعيش في الماء أو تربة مشبعة بالماء ويساعد التركيب التشريحي لهذه النباتات على مواسمها للبيئة.

ب. نباتات وسطية : Mesophytes وهي النباتات التي تعيش في وسط متزن من الماء والأكسجين.

ج. نباتات الجفافية : Xerophytes وهي تعيش في البيئة الصحراوية حيث ندرة الماء. وتتميز بأن إمتصاصها من الرطوبة الأرضية كبير وفقدانها من الماء في عملية النتح قليل وهذه النباتات موائمة تشريحياً وفسولوجياً لهذه الظروف الصعبة.

قياس الاحتياجات المائية للنباتات Measurement of Water Requirements

تختلف الاحتياجات المائية من محصول إلى آخر ومن صنف إلى آخر وحسب طور النمو والبيئة المزروع فيها. بالنسبة للرطوبة في النباتات نجد أنها تخضع لحالة من التوازن المائي يعرف التوازن المائي هو الفرق ما بين ما يمتصه النبات من الأرض والماء المفقود في عمليتي البخر والنتح والمعروف باسم البخر-نتح Evapo-Transpiration إذا زاد الفقد

في الرطوبة عن الإمتصاص يصبح الاتزان سالباً أما إذا زاد الإمتصاص عن الفقد يصبح الاتزان موجباً.

تقاس الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة بقياس الماء المفقود في عمليتي البخر-نتح Evapo-Transpiration وتمثل كمية الماء المفقود من النبات والتربة من البيئة التي ينمو فيها النبات.

ويقدر البخر-نتح بعدة طرق منها:

١- طريقة البخر: وهي تقدر كمية البخر باستعمال الإناء الموزون ثم تحسب البخر-نتح عن طريق معادلات رياضية تعرف باسم معادلات تعرف باسم (Penman).

٢- طريقة البخر-نتح : وذلك بتقدير الماء المفقود من سطح مزروع بنمو قصير وتقاس الرطوبة المفقودة من السطح باستعمال طريقة الوزن. أو أجهزة الشد الرطوبي Tensiometer أو أجهزة تشتت النيوترونات Neutron probe أو التوصيل الكهربائي.

وتوجد العلاقة بين كمية البخر-نتح واحتياجات المحصول الفعلية والتي يعبر عنها بمعامل المحصول K

$$W \text{ requirement} : E_a = K_w ET_p$$

ويختلف هذا المعامل من محصول إلى آخر ومن مرحلة نمو إلى أخرى ويعبر عن إحتياج المحصول بارتفاع الماء اللازم لري نمو المحصول ويمثل مجموع ارتفاع الريات. فيقال أن محصول القمح يحتاج إلى ٧٥٠ مم وهكذا.

ويمكن تحويل ذلك إلى حجم الماء بالهكتار = $10000 \text{ م}^2 \times 0,75 = 7500 \text{ م}^3$ ماء

فيختلف معدل البخرنتح من ٤ مم إلى ١٤ مم يومياً أما معامل المحصول فيختلف من ٠,٣-٠,٩

الإحتياج المائي النسبي Transpiration ratio

يعرف الإحتياج المائي النسبي عدد الوحدات بالوزن من الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من المادة الجافة من النبات.

ويتوقف الإحتياج المائي النسبي على العوامل التالية:

- ١- خصوبة التربة : فكلما زادت خصوبة التربة كلما قل الإحتياج المائي.
- ٢- كمية الرطوبة الأرضية : يزداد الإحتياج المائي إذا زادت أو قلت الرطوبة الأرضية عن كمية الرطوبة المثلى.
- ٣- عمر النبات : فقد وجد أن الإحتياج المائي يقل كلما زادت النبات في العمر. فالنبات الصغير إحتياجه المائي أكبر من النباتات الكبير في العمر.
- ٤- الرطوبة الجوية : يزداد الإحتياج المائي كلما قلت الرطوبة الجوية وارتفاع نسبة الرطوبة ويقلل من الإحتياج المائي.
- ٥- نوع المحصول : يختلف الإحتياج المائي للمحصول من محصول إلى آخر. ويوضح الجدول التالي الإحتياج المائي النسبي لبعض المحاصيل:

دخن	ذرة رفيعة	ذرة شامية	شعير	قمح	بقول برسيم حجازي
٢٨٠	٣٠٥	٣٥٠	٥١٧	٥١٧	٨٧٥

٦- حالة المحصول : النباتات المصابة بالأمراض إلى كمية تحتاج أكبر من الماء عن النباتات السليمة.

٧- نباتات C₄ عموماً ذات إحتياج مائي نسبي أقل من C₃ نباتات .

تأثير عدم الاتزان المائي :

يؤدي زيادة كمية الماء عن إحتياجات النبات وكذلك قلة كمية الماء عن الحد اللازم إلى حدوث أضرار للنبات وفيما يلي تأثير كل من الجفاف والماء الزائد عن المحصول :

الجفاف : Drought

يعرف الجفاف بأنه الحالة التي تكون فيها الرطوبة الأرضية هي العامل المحدد لنمو النبات ويتخلف النباتات في قدرتها على تحمل الجفاف

فهناك نباتات تتحمل الجفاف مثل النباتات الصحراوية.

وفي ما يلي أهم مواصفات النباتات الصحراوية المقاومة للجفاف :

١- يقلل النتح عن طريق زيادة سمك الأديم أو غلق الثغور أو وضعها داخل تجاويف أو تغطية سطح الأوراق بشعيرات أو أن الثغور تفتح ليلاً أو أن مساحة الأوراق صغيرة (تصغير المساحة الخضراء) وذات أوراق أبرية وتتحور باقي الأوراق إلى شويكات لتقليل النتح.

٢- زيادة كمية الماء الممتص بزيادة حجم الجذور سواء الجذور الوتدية كالبقول أو العرضية في النباتات النجيلية.

نباتات الجوجوبا شجيرات مقاومة للجفاف يصل جذورها إلى حوالي ٤٠م خلال التربة. (Jojoba)

تأثير نقص الماء على النبات :

١- الذبول المؤقت أو الدائم

- ٢- بطء العمليات الحيوية خاصة البناء الضوئي ومع زيادة النقص تغلق الثغور في الورقة نتيجة تناقص ضغط الامتلاء في الخلايا الحارسة وبالتالي توقف عملية التمثيل الضوئي
- ٣- التبيكير في النضج مما يؤدي نقص في الانتاج
- ٤- نقص في جودة المنتج
- ٥- توقف عملية النتح من الورقة مما يؤدي لارتفاع درجة حرارتها.

أهم الوسائل المتبعة لمقاومة انخفاض الرطوبة :

- ١- تقليل كثافة النباتات لكي يزداد نصيب النبات الواحد من الرطوبة الأرضية وذلك في حالة الأمطار. أما في حالة الزراعة الإروائية تقلل المسافة من النباتات فتزداد عدد النباتات في المساحة وتضلل بعضها بعض ويقل البخرنتح.
- ٢- زيادة مصدات الرياح لتقليل سرعة مرور الرياح وبالتالي تقليل البخر.
- ٣- زراعة محصول غطائي بين الأشجار لرفع نسبة الرطوبة الجوية وتقليل البخر.
- ٤- إتباع وسائل حفظ الرطوبة - مثل تقليل الحرارة وإتباع دورات زراعية مناسبة .
- ٥- اختيار المحاصيل المناسبة مثل الدخن الشعير والذرة الرفيعة والشعير في الحبوب والتي تتحمل الجفاف والنخيل والزيتون والتين.

تأثير زيادة نسبة الرطوبة عن الحد اللازم :

- ١- يؤدي زيادة الماء اللازم عن الحد إلى شغل الفراغات البينية بين الحبيبات وبالتالي تقليل الأكسجين في التربة. كما يزداد نسبة ثاني أكسيد الكربون الناتج من التنفس وتؤدي إلى تنشيط التحلل اللاهوائي وينتج عنه غاز الميثان السام وبالتالي موت النباتات.
 - ٢- يؤدي زيادة الماء إلى حدوث نقص في نفاذية الأغشية البلازمية داخل خلايا الشعيرات الجذرية فيقلل الامتصاص ويحدث الذبول الذي يعرف باسم الذبول الفسيولوجي.
 - ٣- بطء العمليات الحيوية في النبات
 - ٤- تؤدي زيادة الرطوبة إلى ضرورة صرف هذه المياه الزائدة وزيادة تكاليف الإنتاج ورفع مستوى الماء الأرضي.
 - ٥- زيادة نسبة الإصابة بالأمراض.
 - ٦- تحول النترات إلى نترت.
 - ٧- تتسبب في صرف الاملاح والمواد الغذائية من التربة.
- تختلف النباتات في تحملها للرطوبة الزائدة ومن المحاصيل الحساسة القمح - الشعير - فول الصويا ومن المحاصيل التي تتحمل الرطوبة الزائدة: الأرز - الذرة الرفيعة - النخيل.

نوعية مياه الري :

مصادر مياه الري هي الأنهار أو البحيرات أو المياه الجوفية ويتوقف مدى صلاحية المياه على الري على محتواها من الأملاح الذائبة. ويعبر عن الأملاح الذائبة في المياه بمقاييس عدة منها درجة التوصيل الكهربائي mmhos/cm (dsimas) أو تركيز الأملاح ppm كمية الأملاح مجم لكل لتر.

1 mmhos = ٦٤٠ جزء في المليون ppm

وعموماً تقسم المياه من حيث صلاحيتها إلى

Ppm	التوصيل الكهربائي (ds)	
صفر - ٥٠٠	صفر - ١	مياه جيدة
١٥٠٠ - ٥٠٠	١ - ٣	مياه حدية
٣٠٠٠	٢, ٠	مياه الأنهار
٣٥٠٠٠	٤٦	مياه المحيط

وتختلف المحاصيل في مقدار تحملها للأملاح. وتقسم المحاصيل لدرجة تحملها للأملاح على النحو التالي :

محاصيل حساسة	متوسط الحساسية	محاصيل متوسط الملوحة	محاصيل تتحمل الملوحة
معظم محاصيل الفاكهة ، الطماطم ، النارج ، البسلة ، السمسم ، الجذر	الدخن ، الأرز ، الفول البلدي ، الفول السوداني، الخيار ، الخس	الذرة الرفيعة، القرطم، فول الصويا، الزيتون، الجوافة، الذرة الشامية	الشعير، بنجر السكر، القطن ، النخيل، حشيشة النجيل (النجم)، القمح

وتختلف الأصناف داخل النوع الواحد على القدرة في تحمل الملوحة.

الرطوبة الجوية : Relative Humidity

يعبر عن الرطوبة الجوية بمقاييس الرطوبة المطلقة والرطوبة النسبية وتعرف الرطوبة المطلقة بأنها كمية بخار الماء الموجود في وحدة الحجم من الهواء. أما الرطوبة النسبية فهي كمية بخار الماء الموجود في الهواء بالنسبة إلى كمية بخار الماء اللازمة للوصول إلى درجة التشبع. وعادة تقاس الرطوبة الجوية في صورة رطوبة نسبية بواسطة الترمومترين الجاف - رطب.

وتؤثر الرطوبة الجوية على المحاصيل الزراعية على النحو التالي :

أ. تجود أصناف النخيل الطرية في المناطق الرطبة.

ب. تنجح زراعة نخيل الجوز الهند في المناطق الاستوائية الرطبة.

ج. تتغير طبيعة النمو في أشجار الفاكهة فتكون الأشجار مفتوحة في المناطق الرطبة منضغطة في المناطق الجافة.

د. تغير شكل الثمار بتغير نسبة الرطوبة الجوية فتكون ثمار التين مستطيلة في المناطق الرطبة وتصبح ندرية في المناطق الجافة. وفي الذرة الرفيعة نختار الأصناف ذات النورة المفتوحة في المناطق الرطبة والنورة المندمجة في المناطق الجافة.

هـ. تؤثر الرطوبة الجوية في تأثير النباتات بالحرارة. ففي المناطق الرطبة تتأثر النباتات بدرجة أقل بارتفاع درجة الحرارة.

ز. تزداد نسبة الإصابة بالأمراض في المناطق الرطبة عن المناطق الجافة.

و. تؤدي ارتفاع الرطوبة النسبية إلى تقليل احتياجات النبات من الماء.

٤- الرياح Wind

نعرف الرياح بأنها كمية الهواء المتحرك طبيعياً ولهذا تأثيرات بيئية واسعة فهي تنقل بخار الماء من البحيرات والمحيطات إلى اليابسة مما يؤدي إلى هطول المطر كما تعمل الرياح على فقد الرطوبة عن طريق زيادة التبخر من سطح التربة. تعتبر الرياح من العوامل التي تؤثر على إنتاج الحاصلات الزراعية وتلعب دوراً هاماً في نقل جبوب اللقاح من نبات لآخر في بعض المحاصيل. كما تؤثر الرياح على بعض العمليات الحيوية مثل النتج.

- التأثيرات الفسيولوجية للرياح

للرياح تأثير واضح على عملية تبادل الغازات ما بين الغلاف الجوي وورقة النبات عبر الثغور. كما أن فقد الماء من الورقة يكون بتأثير الرياح فهي تعمل على تقليل سمك طبقة الهواء الرطبة المحيطة بالورقة أو إزالتها مما يسرع من انتشار بخار الماء خارج الورقة عبر الثغور فيما يعرف بالنتج. كما تعمل الرياح على تغيير درجة حرارة الورقة مباشرة عن طريق نقل كتلة الهواء لتلامس الورقة مما يجعل درجة حرارة الورقة مقارنة لدرجة حرارة الهواء. يتأثر شكل الورقة بالرياح فالأوراق التي تتعرض للرياح تصبح أقل مساحة وأكثر سمكا ونسبة فقد الماء فيها منخفضة نسبة لوحدة المساحة.

- التأثيرات الميكانيكية للرياح

تؤثر الرياح على شكل النبات فالنبات الذي يتعرض إلى رياح جافة بصفة متكررة يكون أقل حجما (متقزم) مقارنة بنبات من نفس النوع ينمو في منطقة لا تهب فيها الرياح. يعود سبب التقزم إلى أن الخلايا ليس بها ماء كاف لتتمدد إلى حجمها الكامل كما أن نقص الرطوبة يعيق انقسام الخلايا.

قد يعزى التأثير الضار للرياح على النبات إلى المواد التي تحملها الرياح فعلى سبيل المثال الرياح التي تهب في المناطق الساحلية من البحر تحمل الملح والرمل والتي يمكنها قتل البراعم والأوراق، كما أن حبيبات الرمل المحمولة في الرياح تزيد اللحاء من الأشجار مما يؤدي لموتها. كما تعمل الرياح على إزالة الطبقة السطحية للتربة فيما يعرف بعملية التعرية (Soil erosion) ونقلها إلى أماكن أخرى مما يفقد هذه الأراضي خصوبتها مع الوقت وتدهور إنتاجيتها

. للوقاية من التأثيرات الضارة للرياح هناك العديد من الوسائل المستخدمة مثل :

١- زراعة مصدات الرياح وهي أشجار سريعة النمو تزرع في خطوط حول الحقول في صفوف مفردة أو مزدوجة في الجهات التي تهب منها الرياح وعادة ما تستخدم أشجار الكازورينا *Causarina spp* و الكافور *Tamarix spp* والأثل *Eucllyptus spp*.



شكل (): زراعة مصدات الرياح في صفوف متتالية.

- ٢- زراعة اشجار الفاكهة في صفوف متقاربة لتحمي بعضها كما تعمل على تخفيض سرعة الرياح عند مرورها.
- ٣- عند حصاد المحصول بالكامل يراعى ترك بقايا المحصول وذلك لحماية التربة من الانجراف بتأثير الرياح أو المطر.
- ٤- استخدام الحواجز (barriers) الصناعية مثل الشباك السلوكية المتعددة الأطوال (١-٦م) والتي تخفض سرعة الرياح بنسبة ٣٠-٥٠% (شكل) كما يمكنها حماية المحاصيل من تأثيرات الرياح التي تهب من البحر والمحملة بالاملاح.



استخدام الشباك السلوكية لمقاومة التأثيرات الضارة للرياح. على المحاصيل المزروعة.

العوامل الأرضية Soil factor

تعرف التربة الزراعية بأنها الطبقة الرفيعة من سطح الأرض والتي تنمو فيها جذور النباتات وتأخذ منها الماء والعناصر الغذائية وللتربة ثلاث خصائص رئيسية تعلب دوراً هاماً في نمو وإنتاج المحاصيل هي :-
أ- الخصائص الطبيعية :

وتشتمل عدة عوامل للتربة أهمها: القوام - البناء - الحرارة - الماء - الغازات

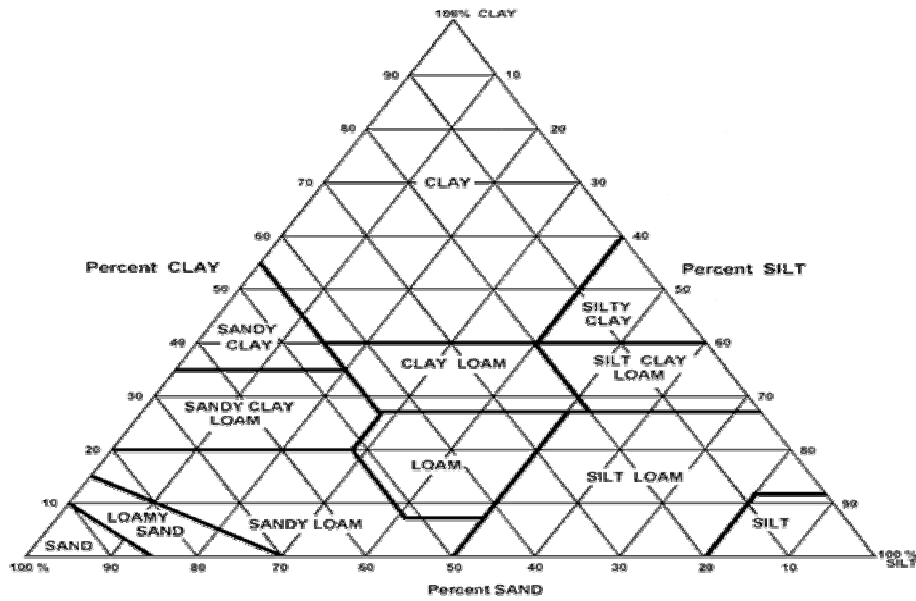
وتقسم الأراضي حسب قوامها إلى أراضي طينية - سلتية - رملية وفيما بين هذه الأقسام الرئيسية توجد أقسام فرعية والأراضي الرملية لا تحتفظ بكثير من الرطوبة ولكنها تدخل الماء والهواء خلالها بسهولة بينما الأراضي المحتوية على نسبة عالية من السلت تعتبر ذات فعالية لإنتاج المحاصيل لأنها وسط بين الأراضي الرملية والطينية وتحتفظ بالرطوبة بدرجة جيدة كذلك فإنها جيدة التهوية.

تركيب (قوام) التربة (Soil texture)

قوام التربة هو اصطلاح يعبر عن درجة نعومة أو خشونة حبيبات التربة باستخدامالنسب المتوية لمجاميع حبيباتها الرئيسية وهي حبيبات كل من الرمل (Sand) والغرين (Silt) والطين (Clay) الموجودة في حجم من التربة. يتراوح قطر حبيبة الطين إلى أقل من 0,002 مم بينما يكون قطر حبيبة السلت متوسطا ويتراوح ما بين 0,002 - 0,05 مم أما حبيبة الرمل فتعتبر الأكبر حجما حيث يتراوح قطرها ما بين 0,05 - 2 مم. وهناك عدة مقاييس لتقييم حجم الحبيبات وتعريفها ، منها النظام الدولي (International system) والذي يعتمد علي تحديد قطر الحبيبات كما يلي :

المجموعة Fraction	قطر الحبيبات (مم) Diameter of particles(mm)
Gravel الحصى	أكبر من 2
Coarse sand الرمل الخشن	من 0,2 - 2
Fine sand الرمل الناعم	من 0,02 - 0,2
Silt السلت	من 0,002 - 0,02
Clay الطين	أقل من 0,002

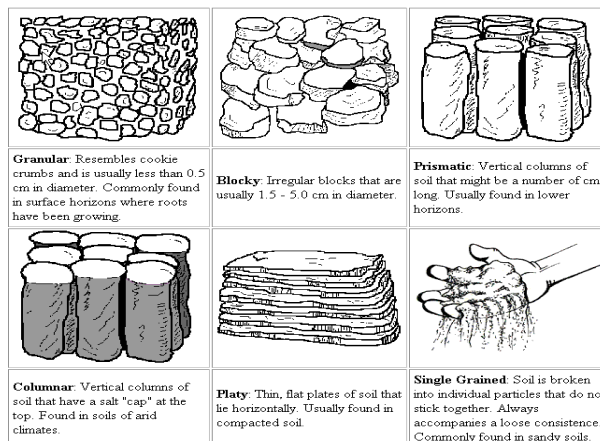
الترب التي تتكون في معظمها من الطين تدعى ترابا طينية أما تلك التي يسود تركيبها جزء كبير من الجزيئات الكبيرة فتعرف بالترب الحصوية. إن تركيب التربة يؤثر على العديد من خواص التربة الأخرى مثل بناء التربة، كيمياء التربة وكذلك الفراغات البينية في التربة. يمكن تصنيف الترب بعد معرفة نسبة المكونات (السلت، الرمل، الطين) . ويتم تعيين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكي ، وهي عبارة عن عملية الهدف منها فصل عينة من التربة إلى مجاميع حبيباتها الرئيسية الثلاث حسب حجمها ثم يستخدم مثلث التربة لتحديد نوعية التربة كما في الشكل () . ولقوام التربة تأثير بالغ علي معظم خواص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية.



شكل () مثلث التربة المستخدم في تحديد قوام التربة بعد معرفة نسبة المكونات

- بناء التربة (Soil structure)

يعرف بناء التربة على أنه الهيئة (الشكل) التي تتجمع فيها حبيبات التربة مع بعضها. هناك العديد من الأشكال التي تتشكل فيها حبيبات التربة معا مثل الشكل الحبيبي (Granular)، الشكل الطبقي المتراكم (Platy)، الشكل (Blocky) والشكل المشوي (Prismatic) كما في الشكل ()



شكل () أشكال تجمع حبيبات الطين مع بعضها

تجمع حبيبات التربة وشكل تكون الكتل يؤثر على مسامية التربة وبالتالي التأثير على تهوية التربة وعلى قابليتها للاحتفاظ بالرطوبة. إن المواد العضوية التي تفرز بواسطة جذور النباتات أو بواسطة الميكروبات أثناء عملية تحلل البقايا النباتية تعمل على تجميع حبيبات التربة مع بعضها. يؤثر بناء التربة على نفاذيتها للماء ففي الترب التي يكون بنائها حبيبيًا (Granular) سريع النفاذية، بينما التربة ذات التجمعات المتناثرة Blocky والموشورية (Prismatic) متوسطة النفاذية للماء بينما نجد التربة ذات التركيب الطبقي المتراكم (Platy) بطيئة النفاذية حيث يبقى الماء على سطح التربة لفترة طويلة.

- لون التربة Soil color

يعتبر لون التربة من الخصائص الفيزيائية للتربة والذي يمكن عن طريقه التمييز بين التربة. غالبًا ما يكون سطح الترب المعدنية ذو لون غامق مما يدل على وجود المادة العضوية. في الأقاليم المعتدلة فإن اللون الأسود البني واللون البني الغامق خاصة في القطاع A يدل على المادة العضوية. وعلى العموم فلون التربة الغامق لا يشير إلى وجود المادة العضوية فالترب البركانية ذات لون أسود بسبب أصلها الذي يعود للصخور البازلتية. أما الترب الحمراء والصفراء فتستمدان هذا اللون من وجود أكاسيد الحديد، والألوان الفاتحة تشير إلى جودة الصرف والتهوية. تتزايد الألوان الحمراء والصفراء في الترب من الأقاليم الباردة باتجاه خط الاستواء.

ب- الخصائص الكيميائية للتربة :

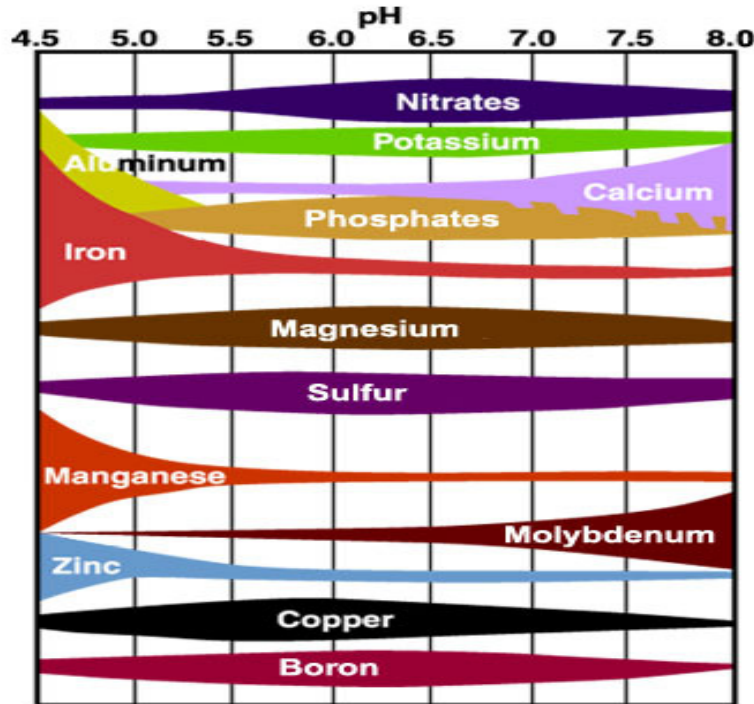
ويقصد بها العناصر الغذائية الموجودة في التربة وتفاعلاتها ومدى سهولة إمتصاصها بالنباتات المختلفة. ويتأثر نمو وإنتاج المحاصيل المختلفة أو عدمها. تشمل الخصائص الكيميائية للتربة ما يلي :

١- حامضية وقاعدية التربة (pH)

معظم الترب لها pH يتراوح من ٤-٨ وقد يكون أعلى من ذلك أو أقل في بعض الترب. على سبيل المثال فالترب الملحية لها pH يتراوح من ٣,٣-٧,٥ (Barbur et al.) وبعض الترب الحامضية لها pH منخفض جدا يتراوح من ٢,٨-٣,٩. الترب الزراعية لها pH منخفض نتيجة لعمليات إضافة الأسمدة باستمرار مثل نترات الامونيوم والأسمدة المحتوية على الكبريت. في الأسمدة النيتروجينية تقوم كائنات التربة بإطلاق أيونات الهيدروجين (H^+) مما يؤدي إلى زيادة حامضية التربة والحلول محل كاتيونات التربة. لتعديل pH التربة الحامضية يتم إضافة كربونات الكالسيوم أما في الترب القاعدية فتتم إضافة الكبريت. التأثير المباشر لـ pH التربة على نمو النبات محدود جدا لكن التأثير الغير مباشر أعلى حيث أن المعادن السامة في التربة كالألمنيوم والمنجنيز تتأثر بالـ pH. يؤثر pH التربة على توفر العناصر الغذائية للنبات شكل () وكذلك على نشاط كائنات التربة. العناصر المغذية كالنيتروجين، والفسفور والكبريت تتأثر بالـ pH. عند الـ pH المتعادل والذي يتراوح من ٦,٥-٧,٥ تكون معظم العناصر الغذائية متاحة للنبات. يعبر عن حموضة التربة بالرقم الهيدروجيني (pH) ويعرف الـ pH للتربة بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين النشطة في محلول التربة.

يؤثر أيون الهيدروجين (pH) بالتربة تأثيرات كيميائية هامة مثل تأثيرها على مدى تيسر العناصر والتبادل الكاتيوني بالتربة وكذلك تحلل المواد العضوية والنشاط الحيوي بها. وتختلف التربة في حموضتها ويرجع سبب الاختلاف بنسبة كبيرة إلى اختلاف محتواها من الأملاح المختلفة و كاتيوناتها المتبادلة والذائبة في محلول التربة (ففي حالة زيادة الصوديوم المتبادل في محلول التربة يرتفع الرقم الهيدروجيني ويصبح تفاعل التربة قاعديا وخاصة في المناطق الجافة ولكن عند زيادة أيونات الهيدروجين أو الألومنيوم المتبادلين ينخفض الرقم الهيدروجيني ويصبح تفاعل التربة حامضيا) وكذلك التغير في المحتوى المائي للتربة .

ويختلف رقم حموضة التربة (pH) في المناطق المختلفة ففي ترب المناطق الرطبة وشبه الرطبة يكون الرقم الهيدروجيني منخفضا و تكون التربة حامضية بخلاف ترب أراضي المناطق الجافة ذات الرقم الهيدروجيني المرتفع .



شكل () : العلاقة ما بين pH التربة وتوفر العناصر الغذائية للنبات في التربة

٢- التوصيل الكهربائي (EC) (Electric Conductivity)

الأملاح في محلول التربة بواسطة قياس التوصيل الكهربائي

يعتبر تقدير الأملاح الكلية الذائبة في مستخلص التربة من التقديرات الرئيسية الهامة للحكم على درجة ملوحة التربة. كما أن تأثير الأملاح لا يتوقف على كميتها في التربة فقط بل على نوعية تلك الأملاح . وتختلف كمية الأملاح الذائبة الموجودة بالتربة من تربة لأخرى ويرجع ذلك إلى ظروف تكوين التربة ونوعها . كما يؤدي الغسيل المستمر في الترب بواسطة ماء الري إلى غسيل الأملاح وإحلال الهيدروجين محل جزء من الكاتيونات المدمصة على أسطح حبيباتها .

ومن التأثيرات السلبية للتركيزات المرتفعة والعالية من الأملاح في محلول التربة :

١. زيادة الضغط الأسموزي وهذا يقلل من قدرة النبات علي امتصاص الماء والأملاح من التربة .
٢. حدوث السمية ببعض الأملاح للنباتات النامية بالتربة .
٣. تقليل معدل التبادل الكاتيوني في محلول التربة
٤. يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المدمص إلي سوء خواص التربة .

بنيت فكرة هذه الطريقة علي أن التوصيل الكهربائي للمحلول المائي يزداد بزيادة أيونات الأملاح الذائبة فيه ، أي بزيادة تركيزها ويستعمل جهاز قياس التوصيل الكهربائي Electric Conductivity Meter لتحديد ذلك

الوحدات المستخدمة لقياس التوصيل الكهربائي للمحلول المائي عبارة عن (mhos / cm) موز / سم وهي يساوي ١٠٠٠ ملليموز / سم (10^3 mmhos / cm) ويساوي أيضا مليون ميكروموز / سم (10^6 μ mhos / cm) .

وللتحويل إلي تركيز الأملاح بالملييكافى / لتر = التوصيل الكهربائي بالملييموز / سم $\times 10$

وللتحويل إلي تركيز الأملاح بالمحلول كجزء في المليون ppm (مليجرام/لتر)

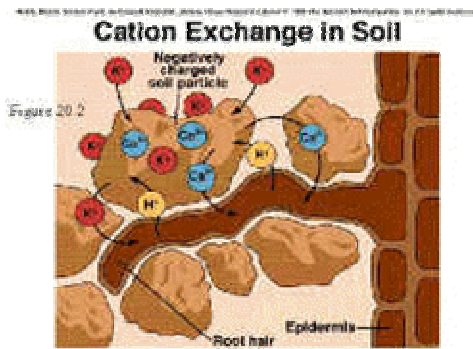
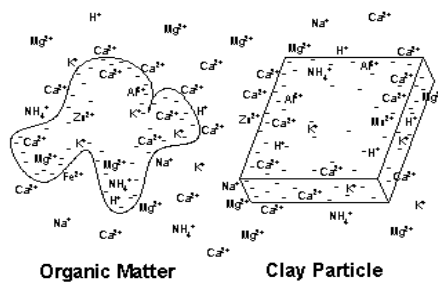
= التوصيل الكهربائي بالملييموز / سم $\times 640$

وللتحويل إلي تركيز الأملاح بالمحلول بالضغط الأسموزي = التوصيل الكهربائي بالملييموز / سم $\times 0.36$.

٣- السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) (Cation Exchange Capacity)

تكون الأجزاء الصلبة ما يزيد عن ٥٠% من حجم التربة أما الحجم المتبقي فيملاً بالماء والهواء. تعرف السعة التبادلية الكاتيونية لها الدرجة التي تستطيع عندها التربة امتصاص وتبادل الكاتيونات والتي تحمل شحنة موجبة مثل Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , أما الانيونات فهي التي تحمل شحنة سالبة مثل SO_4^{2-} , PO_4^{2-} , NO_3^- . (شكل). تتميز حبيبات الطين والمادة العضوية (Organic matter) بوجود شحنات سالبة على سطوحها . الكاتيونات المعدنية يمكن أن تدمص إلى الشحنات السالبة وعند ذلك فليس من السهولة فقدها في الماء بعملية الترشيح (Leached) وكذلك تكون متاحة للامتصاص بواسطة جذور النبات. أن هذه المواد المعدنية الموجودة على سطح حبيبة الطين يمكن استبدالها بكاتيونات أخرى اعتمادا على نوع الشحنة.

Fig. 2. Cation Exchange Capacity (CEC)



شكل (٠): السعة التبادلية الكاتونية واهميتها في تبادل العناصر بين التربة وجذور النبات

المادة العضوية في التربة Organic matter

تحتوي جميع أنواع الترب علي مواد عضوية بنسب مختلفة والمادة العضوية بالتربة هي كل مادة ذات منشأ نباتي أو حيواني كبقايا النباتات و الحيوانات والتي لم تتحلل أو التي تحللت جزئيا. وللمادة العضوية دور هام في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة فهي تشكل مصدرا هاما للعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات عند تحللها ولها دور منظم في حموضة التربة pH وتعمل علي زيادة السعة التبادلية للكاتيونات كما ترفع قدرة التربة علي حفظ الماء وتحسين بنائها .

العوامل الحيوية Biological Factor

تشكل الكائنات الحية في التربة كما كبيرا قد يصل إلى حوالي ١٢ طن/هكتار وتقسم الكائنات الحية في التربة إلى مجموعتين المجموعة النباتية وتشمل البكتريا والفطريات والطحالب والمجموعة الحيوانية وتشمل البوتوزوا - النيماتودا والديدان الأرضية والحشرات والقواقع والقوارض والعناكب. وللكائنات الحية نباتية وحيوانية منافع ومضار للنباتات فنتيجة لتحلل الكائنات النباتية والحيوانية تؤدي إلى زيادة المواد العضوية والتي تؤدي إلى تحسين خواص التربة ، كذلك فإن وجود بعض أنواع البكتريا مثل البكتريا العقدية التي تعيش في جذور نباتات العائلة البقولية معشوية تعاونية فتؤدي إلى تثبيت الأزوت الجوي. ويقدر مقدار ما تثبته هذه البكتريا حوالي ٧٥ كجم نيتروجين / هـ . كما أن بعض الطحالب تقوم بتثبيت الأزوت (النيتروجين). وتقوم الفطريات الجذرية بإمداد النبات بالفسفور وبعض العناصر الهامة. ومن الناحية الأخرى تسبب بعض البكتريا والفطريات أمراضا للنباتات.