الفصل السابع

العوامل الجوية وتأثيرها على نباتات الخضر

٧ – ١ : تقسيم الكرة الأرضية حسب الظروف المناخية

تقسم الكرة الأرضية إلى أربع مناطق مناخية كالتالى :

١ – المنطقة الاستوائية Tropical : وتقع بين خط الاستواء ، وخط عرض ٢٠ شمالًا أو جنوبًا .

٢ – المنطقة شبه الاستوائية Subtropical : وتقع بين خطى عرض ٢٠ ، ٣٠ شمالًا أو جنوبًا .

٣ – المنطقة المعتدلة Warm temperature : وتقع بين خطى عرض ٣٠ ، ٤٠ شمالًا أو جنوبًا .

٤ – المنطقة الباردة Cool temperature : وتقع بين خطى عرض ٤٠ ، ٦٠ شمالًا أو جنوبًا .

ويؤثر خط العرض على كل من درجة الحرارة السائدة ، وطول موسم النمو الخالى من الصقيع ، وطول فترة الإضاءة ، وشدة الإضاءة .

٧ – ٢ : العوامل المؤثرة على المناخ

يتأثر المناخ فى منطقة ما بالعوامل الآتية :

١ – معدل تساقط الأمطار وتوزيعها على مدار العام .

٢ – منسوب الأرض أى درجة ارتفاعها أو انخفاضها عن مستوى سطح البحر ، فتنخفض درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة مع كل ١٥٠ متر ارتفاع فى منسوب الأرض . ويؤثر ذلك على كل من درجة الحرارة السائدة ، وطول موسم النمو .

٣ – اتجاه المنحدرات الجبلية .. فتكون درجة الحرارة أقل ، وشدة الإضاءة أقل ، والأمطار أكثر فى المنحدرات المواجهة للرياح عن المنحدرات التى لا تواجه الرياح .

٤ – تأثير التيارات البحرية .. فتعمل بعض التيارات البحرية على تدفئة الهواء شتاءً ، وتجعله أبرد قليلًا صيفًا ، مما يسمح بزراعة محاصيل معينة فى مناطق مختلفة من العالم .

٥ – تأثير المحيطات والبحيرات .. فالماء له القدرة على اكتساب الحرارة من الهواء . فعندما يكون الهواء دافئًا ، فإنه يعمل على تبريده ، كما أن له القدرة على فقد الحرارة إلى الهواء . فعندما يكون الهواء باردًا ، فإنه يعمل على تدفئته ، مما يجعل المناطق المجاورة للتجمعات المائية الكبيرة ذات حرارة معتدلة ، وبذلك تكون مناسبة لزراعة محاصيل معينة .

٦ – التيارات الهوائية .

ولدراسة مكونات المناخ والطبيعة الجوية بتعمق يراجع الفندى (١٩٦٢) .

٧ – ٣ : تأثير درجة الحرارة على محاصيل الخضر

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل الجوية المؤثرة على نمو وتطور محاصيل الخضر ، بداية من زراعة البذرة ، حتى نضج الأعضاء النباتية . وتختلف درجة الحرارة المناسبة باختلاف المحصول ، وباختلاف مرحلة النمو ، فلكل مرحلة :

١ – درجة حرارة صغرى Minimum Temperature : وهى أقل درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو . وإذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك ؛ فإن النمو يتوقف ، لكن النبات لا يموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة الدنيا المميتة Minimum Lethal Temperature .

٢ – درجة حرارة مثلى Optimum Temperature : وهى درجة الحرارة التى يحدث عندها أقصى نمو .

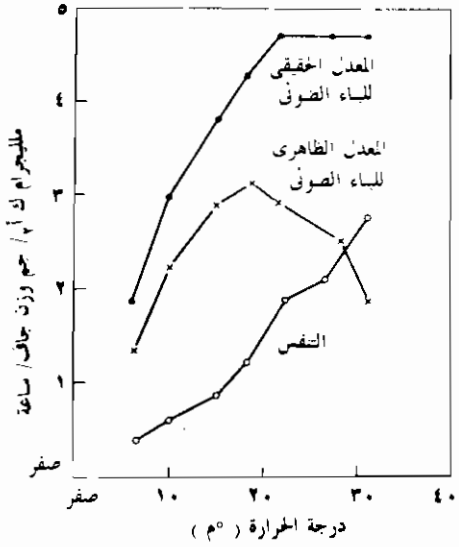
٣ – درجة حرارة عظمى Maximum Temperature : وهى أعلى درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو . فإذا ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك ، فإن النمو يتوقف ، لكن النبات لا يموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة العظمى المميتة Maximum Lethal Temperature .

ويحدث النمو النباتى فيما بين الدرجتين الصغرى والعظمى لكل مرحلة من مراحل النمو .

ورغم أن النمو النباتى يحدث فى غالبية النباتات فى درجات الحرارة المرتفعة نسبيًا ، إلا أن الإنتاج الاقتصادى الأمثل لمحاصيل الخضر يستلزم توفر درجات حرارة خاصة لكل محصول فى كل مرحلة من مراحل النمو . فبينما يعطى الجزر والسبانخ محصولًا اقتصاديًا فى الجو البارد المعتدل ، فإن البطيخ والخيار لا يمكنهما النمو والإثمار إلا فى الجو الدافىء .

هذا .. وتجدر الإشارة إلى أن معدل البناء الضوئى يكون أعلى ما يمكن ، بينما يكون معدل التنفس عاديًا فى درجة الحرارة المثلى ، وبذلك توفر أعلى نسبة من الغذاء المجهز للنمو . وبانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يقل معدل البناء الضوئى بدرجة أكبر من انخفاض معدل التنفس ، وبذلك يقل الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة الصغرى . وبارتفاع درجة الحرارة عند الدرجة المثلى يزيد معدل التنفس بدرجة أكبر من الزيادة فى معدل البناء

الضوئى ، وبذلك يقل أيضًا الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو (شكل ٧ – ١) إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة العظمى . وجد أن سرعة النمو تتضاعف مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة مقداره ١٠ درجات مئوية فيما بين الدرجة الصغرى والدرجة المثلى .



شكل ٧ – ١ : تأثير درجة الحرارة على التنفس والبناء الضوئى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

ويفيد انخفاض درجة الحرارة ليلًا فى تقليل فقد الغذاء المجهز بالتنفس ، إلا أن انخفاضها عن الدرجة الصغرى يقلل من معدل تمثيل البروتين فى الخلايا الجديدة ، وبالتالى يقلل من معدل النمو . ويطلق على ظاهرة انخفاض درجة الحرارة ليلًا وارتفاعها نهارًا اسم Thermoperiodicity .

وباستمرار انخفاض درجة الحرارة إلى درجة التجمد ، فإن الماء يتجمد فى خلايا النبات ، بذلك يفقد خصائصه الهامة كوسط لكل التفاعلات الحيوية فى النبات .

ومع ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة العظمى واقترابها من الدرجة العظمى المميتة ، تحدث تغيرات لا عودة فيها فى التركيب الجزيئى للإنزيمات والبروتينات الأخرى ، فيفقد النبات بذلك إنزيماته التى هى أساس جميع التفاعلات الحيوية . ومن أبرز أضرار الحرارة المرتفعة حالة لسعة أو سمطة الشمس sunscald ، والتى تشاهد فى العديد من الخضر عند تعرض الأنسجة النباتية الغضة لأشعة الشمس القوية ، وارتفاع درجة حرارتها بسبب امتصاصها للطاقة الساقطة عليها (Edmond وآخرون ١٩٧٥) .

٧ – ٣ – ١ : معدلات درجات الحرارة فى مصر

يبين جدول (٧ – ١) المتوسط الشهرى لدرجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط العام فى المناطق المختلفة بمصر .

جدول (٧ ـ ١) : المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة فى مصر (م°) .

المنطقة	الشهر: يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه	يوليه	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
متوسط النهايات الصغرى لدرجة الحرارة												
الساحلية	١٠	١٠	١٠	١٤	١٧	٢٠	٢٢	٢٣	٢٢	٢٠	١٦	١١
الدلتا	٥	٦	٨	١١	١٤	١٧	١٩	١٩	١٧	١٥	١٢	٧
مصر الوسطى	٦	٧	١٠	١٣	١٦	١٩	٢٠	٢١	١٩	١٧	١٣	٨
مصر العليا	٧	٨	١١	١٦	١٩	٢٢	٢٠	٢٣	٢٢	١٩	١٣	٨
المتوسط العام لدرجة الحرارة الشهرى												
الساحلية	١٣	١٤	١٥	١٨	٢١	٢٣	٢٥	٢٦	٢٥	٢٣	١٩	١٥
الدلتا	١١	١٢	١٥	١٨	٢٢	٢٥	٢٦	٢٦	٢٤	٢١	١٧	١٣
مصر الوسطى	١١	١٣	١٦	٢٠	٢٣	٢٦	٢٧	٢٧	٢٥	٢٢	١٨	١٣
مصر العليا	١٣	١٥	١٩	٢٤	٢٨	٣١	٣١	٣١	٢٩	٢٥	٢٠	١٥
متوسط النهايات العظمى لدرجة الحرارة												
الساحلية	١٨	١٩	٢١	٢٣	٢٦	٢٨	٣٠	٣٠	٢٦	٢٨	٢٤	٢٠
الدلتا	١٩	٢٠	٢٤	٢٧	٣٢	٣٥	٣٥	٣٥	٣٢	٢٩	٢٥	٢٦
مصر الوسطى	١٩	٢١	٢٤	٢٩	٣٢	٣٥	٣٦	٣٥	٣٢	٣٠	٢٥	٣٠
مصر العليا	٢٢	٢٥	٢٩	٣٤	٣٨	٤٠	٤٠	٣٩	٣٧	٣٤	٢٩	٢٤

٧ – ٣ – ٢ : تأثير درجات الحرارة على إنبات بذور الخضر

لكل محصول من الخضر احتياجاته الحرارية الخاصة لإنبات البذور . ويوضح جدول (٧ – ٢) درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمناسبة لإنبات بذور محاصيل الخضر المختلفة . كما يبين جدول (٧ – ٣) تأثير درجة الحرارة على سرعة إنبات البذور . وتفيد دراسة ذلك فى المجالات التالية :

١ – تحديد المواعيد المناسبة لزراعة البذور .

٢ – التخطيط لتحديد مواعيد الزراعات المتتابعة لكى لا تؤدى زراعة كل المساحة فى وقت واحد إلى إجراء الحصاد فى وقت واحد ، وما ينتج عن ذلك من مشاكل فى العمالة والتسويق .

٣ – التخطيط لاستعمال مبيدات الحشائش السابقة للإنبات Pre-emergence herbicides بكفاءة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

وتجدر الإشارة إلى أن لظاهرة انخفاض درجة الحرارة ليلًا وارتفاعها نهارًا أهمية كبيرة فى إنبات بذور العديد من الأنواع النباتية . وحتى تكون هذه الظاهرة مؤثرة ، يجب ألّا يقل الفرق بين درجتى حرارة الليل والنهار عن ١٠ درجات مئوية (Hartmann & Kester ١٩٧٥) .

جدول (٧ ـ ٢) : درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمناسبة لانبات بذور الخضر (م°)أ.

محصول الخضر	الدرجة الصغرى	المجال المناسب	الدرجة المثلى	الدرجة العظمى
الهليون	١٠	١٥ ـ ٢٩	٢٤	٣٥
الفاصوليا	١٥	١٥ ـ ٢٩	٢٧	٣٥
فاصوليا الليما	١٥	١٨ ـ ٢٩	٢٩	٢٩
البنجر	٤	١٠ ـ ٢٩	٢٩	٣٥
الكرنب	٤	٧ ـ ٣٥	٢٩	٣٨
الجزر	٤	٧ ـ ٢٩	٢٧	٣٥
القنبيط	٤	٧ ـ ٢٩	٢٧	٣٨
الكرفس	٤	١٥ ـ ٢١	٢١	٢٩
السلق	٤	١٠ ـ ٢٩	٢٩	٣٥
الذرة السكرية	١٠	١٥ ـ ٣٥	٣٥	٤٠
الخيار	١٥	١٥ ـ ٣٥	٣٥	٤٠
الباذنجان	١٥	٢٤ ـ ٣٢	٢٩	٣٥
الخس	٢	٤ ـ ٢٧	٢٤	٢٩
القاوون	١٥	٢٤ ـ ٣٥	٣٢	٣٨
البامية	١٥	٢١ ـ ٣٥	٣٥	٤٠
البصل	٢	١٠ ـ ٣٥	٢٤	٣٥
البقدونس	٤	١٠ ـ ٢٩	٢٤	٣٢
الجزر الأبيض	٢	١٠ ـ ٢١	١٨	٢٩
البسلة	٤	٤ ـ ٢٤	٢٤	٢٩
الفلفل	١٥	١٨ ـ ٣٥	٢٩	٣٥
القرع العسلى	١٥	٢١ ـ ٣٢	٣٥	٣٨
الفجل	٤	٧ ـ ٣٢	٢٩	٣٥
السبانخ	٢	٧ ـ ٢٤	٢١	٢٩
الكوسة	١٥	٢١ ـ ٣٥	٣٥	٣٨
الطماطم	١٠	١٥ ـ ٢٩	٢٩	٣٥
اللفت	٤	١٥ ـ ٤٠	٢٩	٤٠
البطيخ	١٥	٢١ ـ ٣٥	٣٥	٤٠

(أ) من الضرورى انخفاض درجة الحرارة ليلا إلى ١٥°م أو أقل

جدول (٧ ـ ٣) : تأثير درجة الحرارة على عدد الأيام من الزراعة إلى الانبات[أ].

محصول الخضر	درجة حرارة التربة (°م)						
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
الهليون	×	×	٥٣	٢٤	١٥	١٠	١٢	٢٠	٢٨
فاصوليا الليما	—	—	×	٣١	١٨	٧	٧	×	—
الفاصوليا	×	×	×	١٦	١١	٨	٦	٦	×
البنجر	—	٤٢	١٧	١٠	٦	٥	٥	٥	—
الكرنب	—	—	١٥	٩	٦	٥	٤	—	—

جدول (٧ - ٣) : يتبع

محصول الخضر	درجة حرارة التربة (°م)							
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
الجزر	×	٥١	١٧	١٠	٧	٦	٦	٩	×
الفنبيط	—	—	٢٠	١٠	٦	٥	٥	—	—
الكرفس	×	٤١	١٦	١٢	٧	×	×	×	—
الذرة السكرية	×	×	٢٢	١٢	٧	٤	٤	٣	×
الخيار	×	×	×	١٣	٦	٤	٣	٣	—
الباذنجان	—	—	—	—	١٣	٨	٥	—	—
الخس	٤٩	١٥	٧	٤	٣	٢	٣	×	×
القاوون	—	—	—	—	٨	٤	٣	—	—
البامية	×	×	×	٢٧	١٧	١٣	٧	٦	٧
البصل	١٣٦	٣١	١٣	٧	٥	٤	٤	١٣	×
البقدونس	—	—	٢٩	١٧	٩٤	١٣	١٢	—	—
الجزر الأبيض	١٧٢	٥٧	٢٧	١٩	١٤	١٥	٣٢	×	×
البسلة	—	٣٦	١٤	٩	٨	٦	٦	—	—
الفلفل	×	×	×	٢٥	١٣	٨	٨	٩	×
الفجل	×	٢٩	١١	٦	٤	٤	٣	—	—
السبانخ	٦٣	٢٣	١٢	٧	٦	٥	٦	×	×
الطماطم	×	×	٤٣	١٤	٨	٦	٦	٩	×
اللفت	×	×	٥	٣	٢	١	١	١	٣
البطيخ	—	×	—	—	١٢	٥	٤	٣	—

ا ـ الزراعة على عمق ٢,٥ سم .
ب ـ لم يحدث إنبات
جـ ـ لم تختبر

٧ - ٣ - ٣ : درجات الحرارة المناسبة لنمو نباتات الخضر :

سبقت دراسة درجات الحرارة المناسبة لنمو نباتات الخضر تحت موضوع التقسيم الحرارى للخضر (الجزء ٤ - ٣) .

٧ - ٣ - ٤ : أهمية درجة الحرارة فى تحديد الموعد المناسب للزراعة

لدرجة الحرارة السائدة أهمية بالغة فى تحديد الموعد المناسب للزراعة ، لأن اختيار الموعد المناسب يتأثر بالعوامل التالية :

١ - طبيعة النبات نفسه ، ومدى تحمله للحرارة المنخفضة أو المرتفعة .

٢ - الظروف الجوية السائدة فى المنطقة .

٣ - الفترة المطلوبة لظهور المحصول فى الأسواق .

٤ - أهمية المحصول المبكر اقتصاديًا .

ومن الضرورى تحديد الموعد المناسب للزراعة بدقة فى الحالات الآتية :

١ – عند الرغبة فى معرفة أقرب موعد للزراعة للحصول على محصول مبكر .

٢ – عندما يكون موسم النمو قصيرًا ، ويلزم معرفة موعد الزراعة الذى يتلاءم مع المحصول المراد زراعته .

٣ – عندما يتأثر إزهار المحصول بدرجة الحرارة .

٧ – ٣ – ٥ : أضرار الحرارة المرتفعة

قسم ليفت Levitt النباتات الراقية حسب تحملها للحرارة المرتفعة إلى مجموعتين :

١ – مجموعة تسمى ميزوفيل mesophiles ، وفيها الحد الأعلى المحتمل لدرجة الحرارة من ٣٥ – ٤٥°م .

٢ – مجموعة وسطية التحمل للحرارة المرتفعة moderate thermophiles ، وفيها الحد الأعلى المحتمل لدرجة الحرارة من ٤٥ – ٦٠°م .

وبينما تموت معظم النباتات العشبية فى درجة حرارة ٥٠°م أو أقل ، فإن بعض النباتات الخشبية تتحمل درجة حرارة تصل حتى ٦٠°م لفترات قصيرة ، لكن درجة الحرارة المميتة تتوقف على فترة التعرض لها لأن حساسية الأنسجة النباتية للحرارة المرتفعة تزداد زيادة كبيرة مع ارتفاع درجة الحرارة .

كما تختلف الأوراق عن الثمار والأنسجة اللحمية فى مدى تحملها للحرارة المرتفعة ، لأن الأوراق قد تكون حرارتها أقل من درجة حرارة الجو المحيط بها بسبب عملية النتح ، بينما لا يحدث ذلك فى الأنسجة اللحمية ذات النشاط الحيوى العالى ، والتى لا تنتقل منها الحرارة الناتجة من التنفس بسرعة كافية إلى الجو المحيط ، الأمر الذى يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها عن درجة حرارة الهواء المحيط بها . كما ترتفع درجة حرارة الأنسجة النباتية المعرضة لأشعة الشمس المباشرة ، بما فى ذلك الأوراق .

وقد بيّن Levitt أن الأضرار التى تحدث من جراء التعرض لدرجات الحرارة المرتفعة تكون بصورة تدريجية كالتالى :

فى المرحلة الأولى يحدث مايلى :

١ – يفقد الماء من الأنسجة بسبب زيادة النتح ، وهو ما يعرف باسم الجفاف drought .

٢ – يحدث نقص فى المواد الغذائية بالنبات نتيجة لاستهلاكها فى التنفس ، حيث يكون معدل التنفس أعلى من معدل البناء الضوئى فى درجات الحرارة المرتفعة . وتعرف هذه الحالة باسم starvation .

٣ – تتراكم مركبات سامة فى النبات كما يحدث نقص فى مركبات أخرى نتيجة حساسية خطوات معينة فى عمليات التمثيل لدرجات الحرارة المرتفعة ، أى يحدث اضطراب فى عملية التمثيل metabolic disturbances يتبعها ظهور تبقعات بيوكيميائية biochemical lesions وهى البقع غير المتحللة التى تظهر بالأنسجة النباتية لأسباب فسيولوجية تؤثر على عمليات التمثيل .

٤ – يحدث نقص فى البروتينات والإنزيمات نتيجة لزيادة معدل الهدم عن معدل البناء . ومع استمرار ارتفاع درجة الحرارة تحدث الأضرار المباشرة التالية :

١ – حدوث تغير فى تركيب البروتين Protein denaturation .

٢ – ذوبان الدهون lipid liquification .

٣ – فقد الأحماض النووية loss of nucleic acids .

وباستمرار ارتفاع درجة الحرارة تحدث أضرار بكل الأنسجة النباتية ، حتى بالبذور الجافة نتيجة للتفاعلات الكيميائية (عن Stevens ١٩٨١) .

وللتعمق فى دراسة تأثير درجة الحرارة المرتفعة على النباتات يرجع إلى Levitt (١٩٨٠) و Turner & Kramer (١٩٨٠) Manassah & Briskey (١٩٨١) .

٧ – ٣ – ٦ : أضرار الحرارة المنخفضة الأقل من درجة التجمد فسيولوجيا الضرر ، وكيفية حدوثه

يؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من الصفر المئوى إلى تكوين بلورات ثلجية فى المسافات الموجودة بين الخلايا (المسافات البينية) ، وكذلك داخل الخلايا نفسها . فالماء يوجد فى المسافات البينية على شكل غشاء مائى رقيق يغطى الأسطح الخارجية لجدر الخلايا ، وكذلك فى صورة بخار ماء . وهذا الماء يكون نقيًا بدرجة عالية وذات درجة تجمد قريبة من الصفر المئوى . كذلك يوجد الماء فى الفجوات العصارية داخل الخلايا فى صورة محلول مذاب فيه العديد من المركبات والأملاح ، وهذا الماء يكون ذا درجة تجمد أقل من الصفر المئوى بدرجات قليلة .

وفى حالة انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من الصفر المئوى بقليل تبدأ البللورات الثلجية فى التكون فى المسافات البينية ، ويؤدى ذلك إلى نقص ضغط بخار الماء فى المسافات البينية عنه داخل الخلايا ، فينتشر الماء تبعًا لذلك من داخل الخلية إلى المسافات البينية ؛ وتزيد بذلك الكتلة البلورية فى الحجم . ويؤدى استمرار هذه العملية إلى انكماش الخلايا فى الحجم ، وزيادة تركيز عصيرها الخلوى ؛ فتزيد نقطة تجمد محتوياتها .

ومع ارتفاع درجة الحرارة إلى أعلى من الصفر المئوى تذوب بلورات الثلج المتكونة فى المسافات البينية تدريجيًا ، ويعود الماء إلى داخل الخلية بصورة تدريجية ، دون أن يحدث أضرارًا بالخلية .

لكن الأضرار قد تحدث عند تجمد الماء بين الخلايا فى الحالات التالية :

١ – عند زيادة فقد البروتوبلازم للماء الذى ينتشر فى المسافات البينية .

٢ – عند حدوث تجمع لبعض مكونات الخلية بدرجة لا يعود معها البروتوبلازم إلى حالته الطبيعية .

٣ – فى حالة الارتفاع الفجائى لدرجة الحرارة ، حيث يذوب الثلج وينتشر الماء داخل الخلايا بسرعة ، مما قد يؤدى إلى تمزق الغشاء البلازمى .

٤ – فى حالة النباتات الرهيفة tender ، والتى يكون غشاؤها الخلوى أقل نفاذية للماء ، الأمر الذى يؤدى إلى تجمع الماء فى المسافات البينية عند ذوبان البلورات الثلجية .

هذا .. ولا تتكون البلورات الثلجية داخل الخلايا إلا إذا انخفضت درجة الحرارة إلى القدر الذى يسمح بتجميد العصير الخلوى ، ويحدث ذلك فى الحالات الآتية :

١ – عندما يكون معدل الانخفاض فى درجة الحرارة أكبر من معدل الانخفاض فى نقطة تجمد العصير الخلوى (وهو الأمر الذى يحدث عند انتشار الماء من الخلايا إلى المسافات البينية) ويحدث ذلك فى الحالات التالية :

(أ) عندما يكون الانخفاض فى درجة الحرارة سريعًا وكبيرًا .

(ب) فى حالة النباتات الرهيفة ، وهى التى تكون أغشيتها الخلوية أقل نفاذية للماء ، الأمر الذى لا يسمح بسرعة انتشار الماء إلى المسافات البينية .

٢ – عندما لا تكون النباتات مؤقلمة جيدًا ، حيث تكون نقطة تجمد العصير الخلوى مرتفعة نسبيًا ، لأن النباتات المؤقلمة جيدًا يزيد بها تركيز المواد الذائبة بالعصير الخلوى ، كما يزيد محتواها من المركبات المحبة للرطوبة hydrophyllic compounds ، وهى مركبات تقوم بادمصاص الماء حولها ، وترتبط به بشدة ، الأمر الذى يؤدى إلى خفض نقطة تجمده ، وتزيد هذه المركبات فى الظروف التى لا تسمح بالنمو الخضرى السريع ، وكذلك فى النباتات الأكبر سنًا .

ويؤدى تجمد الماء داخل الخلايا إلى الأضرار التالية :

١ – فقد الخلية للماء الحر .

٢ – تمزق الغشاء البلازمى .

٣ – حدوث أضرار ميكانيكية تؤثر على تركيب الكلوربلاستيدات والتركيب الغروى للسيتوبلازم (Walker ١٩٦٩ ، Devlin ١٩٧٥) .

وللتعمق فى دراسة موضوع فسيولوجيا التعرض للصقيع فى النباتات بوجه عام يراجع كل من Li & Saki (١٩٧٨) و Christiansen (١٩٧٩) و Lyons وآخرين (١٩٧٩) و Levitt

(١٩٨٠) . وإضافة إلى ذلك .. فإن Cooper (١٩٧٣) يتناول بالتفصيل موضوع تأثير درجة حرارة الجذور على نمو وتطور النباتات بشكل عام .

دور البكتريا فى تكوين نويات البلورات الثلجية

اكتشف Lindow وآخرون (١٩٧٨) وجود عدة سلالات من نوعين من البكتريا التى تعيش على الأسطح النباتية epiphytic bacteria وبين خلايا النبات ، هما : **Pseudomonas syringae** و **Erwinia herbicola** وقد كانت بعض سلالات هذين النوعين على درجة عالية من الكفاءة فى تكوين نويات البلورات الثلجية ice nuclei فى درجات حرارة تراوحت بين ٢°م تحت الصفر و ٥°م تحت الصفر . وقد وجدت هذه الأنواع البكتيرية بأعداد كبيرة بأوراق معظم النباتات التى جمعت من مناطق جغرافية مختلفة وفى مواسم مختلفة .

وقد وجدوا أن أضرار الصقيع فى الذرة على درجة حرارة – ٥°م تناسبت طرديًا مع لوغاريتم أعداد هذه البكتريا ، لكن البكتريا لم تكن نشطة فى تكوين نويات البلورات الثلجية فى درجة حرارة أقل من – ١٠°م .

استنتج الباحثون أن هذه البكتريا هى المسئولة عن أضرار الصقيع فى النباتات الرهيفة ، مثل : الذرة ، والموالح ، والأفوكادو ، والكمثرى ، والطماطم ، والقرع العسلى ، والفاصوليا ، وفول الصويا ، وغيرها ، وقد أضيف لهذه البكتريا أيضًا النوع **P. fluorescens** (عن Ashworth & Davis ١٩٨٤) .

ودلت الدراسات أن هذه البكتريا توجد بأعداد ضخمة على أسطح الأوراق النباتية ، بما فى ذلك النباتات الخالية تمامًا من أى أعراض مرضية . وبعض هذه الأنواع تعيش معيشة رمية ، وتتفاعل مع البكتريا المرضية ، وتقلل من حدة الأمراض التى تحدثها . فمثلًا :

١ – تعمل **E. herbicola** على تثبيط الإصابة بـ **Xanthomonas oryzae** فى الأرز .

٢ – وتعمل بعض أنواع البكتريا على تقليل شدة الإصابة بـ **E. amylovora** فى الكمثرى .

٣ – وتفيد العديد من البكتريا التابعة للجنس **Pseudomonas** فى تقليل شدة الإصابة بـ **P. syriagae** pv. **morsprunorum** فى الكريز (Lindow وآخرون ١٩٧٨ ، Kelman ١٩٧٩) ..

وقد وجد ٢٠ نوعًا على الأقل من هذه البكتريا ذات المقدرة على تكوين نويات البلورات الثلجية التى تعيش على أسطح الأوراق النباتية .

وقد وجد Anderson وآخرون (١٩٨٢) أن هذه البكتريا زادت من حساسية الطماطم وفول الصويا للصقيع عند رشها على النباتات قبل تعريضها لدرجة الحرارة المنخفضة ، حيث تجمدت نباتات الطماطم فى درجة حرارة – ٤°م وفول الصويا فى درجة حرارة – ٥°م فى الوقت الذى ظلت فيه النباتات غير المعاملة بالبكتريا دون أن تتجمد حتى حرارة – ٨°م . وقد كان من الضرورى أن يصل تركيز البكتريا إلى ٤ × ١٠^٥/مل لكى تكون فعّالة فى إحداث التجمد . كما أدى

تعريض البكتريا لدرجة حرارة ٢°م قبل معاملة النباتات بها إلى زيادة فاعليتها فى تكوين نويات البلورات الثلجية .

وقد توصل Yelenosky (١٩٨٣) إلى نتائج مماثلة فى البرتقال ، حيث وجد أن رش أشجار البرتقال الصغيرة بمعلق مائى من أى من نوعى البكتريا أدى إلى تجمدها فى درجة حرارة أعلى مما فى الأشجار غير المعاملة . كذلك حصل على نفس النتائج عند رش النباتات بمعلق مائى من أنواع بكتيرية أخرى أو بمعلقات بعض المركبات الكيميائية ، مثل : يوديد الفضة ، والفينازين phenazine ، والفلوروفلوجوبيت flurophlogopite .. فجميعها عملت كنويات للبلورات الثلجية .

وقد اكتشفت سلالة من بكتريا E. herbicoia كانت غير نشطة فى تكوين نويات البلورات الثلجية ، وأدت إلى تقليل كفاءة السلالات النشطة من كل من E. herbicola و P. syringae بمنعهما من تكوين نويات البلورات الثلجية تحت ظروف غرف النمو .

وفى محاولة لإجراء مكافحة بيولوجية لأضرار الصقيع ، قام Lindow وآخرون (١٩٨٣) بدراسة تأثير هذه السلالة (واسمها M 232 A) وسلالة أخرى مشتقة منها ومقاومة أيضًا للأ ستربتومايسين (واسمها M 232 A sk 11) تحت ظروف الحقل ؛ ووجدوا أن المعاملة بأى من السلالتين أدت إلى إحداث خفض جوهرى فى أعداد البكتريا النشطة كنويات للبلورات الثلجية خلال موسم النمو وإلى تقليل أضرار الصقيع فى الذرة تحت ظروف الحقل .

٧ – ٤ : تأثير الضوء والفترة الضوئية على نباتات الخضر

لا يمكن للنباتات أن تنمو فى غياب الضوء ، فهو العامل الأساسى فى عملية البناء الضوئى التى تعتمد عليها النباتات كلية فى تحضير السكريات الأولية . وتتأثر النباتات بكل من شدة الإضاءة ونوعية الإضاءة وطول الفترة الضوئية .

٧ – ٤ – ١ : تأثير شدة الإضاءة

تؤثر شدة الإضاءة Light Intensity تأثيرًا كبيرًا على معدل عملية البناء الضوئى ؛ فيزداد البناء الضوئى مع زيادة شدة الإضاءة فى حدود معينة . ونظرًا لأن النباتات تعتمد فى نموها على عملية البناء الضوئى ، نجد أن المحصول يزداد مع ازدياد شدة الإضاءة .

هذا .. وتختلف شدة الإضاءة من منطقة لأخرى ، ومن ساعة لأخرى فى نفس المنطقة ، فتزداد شدة الإضاءة :

١ – قرب خط الاستواء ، عنه قرب القطبين .

٢ – فى الأجواء الجافة الصحوة ، عنه فى الأجواء الملبدة بالغيوم .

٣ – فى الأماكن المرتفعة ، عنه بالقرب من سطح البحر .

٤ – صيفًا عنه شتاءً .

٥ – وقت الظهيرة ، عنه فى الصباح أو المساء .

وفى المتوسط نجد أن الإضاءة القوية تبلغ نحو ٥٠٠٠ شمعة/ قدم ، وأقل إضاءة لازمة للنمو النباتى هى ٨٠٠ – ١٠٠٠ شمعة/ قدم .

وتقسم النباتات حسب شدة الإضاءة المناسبة إلى مجموعتين :

١ – نباتات الضوء Heliophytes : وهى التى تنمو أحسن ما يمكن فى ضوء الشمس الكامل ، وتشتمل على معظم نباتات الخضر .

٢ – نباتات الظل Sciophytes : وهى التى تنمو أحسن ما يمكن فى شدة إضاءة تبلغ حوالى ١٠٪ من ضوء الشمس ، وتشتمل على عيش الغراب ، وعدد كبير من نباتات الزينة .

ويمكن إجمال تأثير شدة الإضاءة فيما يلى :

١ – التأثير على معدل البناء الضوئى والمحصول .. فلا يكون البناء الضوئى محسوسًا فى إضاءة ٠,٥ شمعة/ قدم ، ويتساوى البناء مع الفاقد فى التنفس (Compensation point) فى إضاءة ١٠٠ – ٣٠٠ شمعة/ قدم .

٢ – تؤثر على معدل النتح ؛ فيزيد النتح مع زيادة شدة الإضاءة ، لذلك يفضل إجراء عملية الشتل فى الجو الملبد بالغيوم ، أو فى المساء ، لأن النباتات المشتولة حديثًا لا يمكنها امتصاص كمية كبيرة من الماء من التربة ، لأنها تفقد جزءًا من مجموعها الجذرى عند تقليعها من المشتل .

٣ – تؤثر شدة الإضاءة على التركيب التشريحى للأوراق . ففى الإضاءة الساطعة تحتوى الأوراق على ٢ – ٣ طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء ، وتكون الخلايا مندمجة ومكتنزة بالغذاء المجهز ، أما تحت ظروف الإضاءة الضعيفة ، فإن المسافات البينية بين خلايا الميزوفيل تكون واسعة ، وتكون الأوراق عصيرية . وتلك هى الصفات المفضلة فى نباتات السلاطة ، مثل : الخس ، والجرجير .

٤ – تؤدى زيادة شدة الإضاءة أكثر من اللازم إلى الإصابة بلفحة الشمس Sunburn ، ويحدث ذلك فى النموات الخضرية والثمرية على حد سواء .

ويحدث الضرر بالنموات الخضرية ، خاصة عندما تكون رهيفة وعصيرية وتتعرض لأشعة شمس قوية بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم . فتحت هذه الظروف تتلون الأنسجة المعرضة لأشعة الشمس باللون الأخضر المصفر فى مساحات غير منتظمة الشكل ، وسريعًا تصبح الأنسجة المصابة طرية ، ثم تجف ، تاركة بقعًا هشة بنية اللون .

كذلك تتعرض أبصال البصل ودرنات البطاطس لأضرار مماثلة عند إجراء الحصاد فى جو حار صحو .

وأيضًا تصاب ثمار الخضر المختلفة بلفحة الشمس ، فتصاب ثمار الطماطم والبطيخ والشمام والفلفل والباذنجان وغيرها عند التعرض لأشعة الشمس القوية فى الجو الحار . وتظهر الأعراض على ثمار الطماطم ، سواء أكانت خضراء ، أم قاربت على النضج ، حيث يبدو النسيج المصاب لامعًا فى البداية ، ثم يصبح مشبعًا بالماء ، ثم يجف بسرعة ، وينخفض سطح النسيج المصاب عن مستوى سطح باقى الثمرة ، ويتحول لونه إلى اللون الأبيض أو الرمادى فى الثمار الخضراء ، وإلى اللون الأصفر فى الثمار الحمراء . وعادة تزداد شدة الضرر فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف .

وفى الفاصوليا تظهر أعراض لفحة الشمس على الثمار فى صورة بقع صغيرة مشبعة بالماء سريعًا ما تتلون باللون الأحمر أو البنى . وتزداد حدة هذه الأعراض فى الجو الحار .

وقد توصل Rabinowitch وآخرون (١٩٨٣) من دراساتهم على لفحة الشمس فى ثمار الفلفل والخيار إلى الاعتقاد بأن الكلوروفيل ضرورى لكى تظهر أعراض الإصابة بلفحة الشمس . فقد عرّضوا ثمار فلفل وخيار مقطوفة ، وأخرى على النبات وهى فى مراحل مختلفة من نضجها لأشعة الشمس ؛ ووجدوا أن ظهور حالة لفحة الشمس يتأثر بلون الثمرة ، وما إذا كانت مقطوفة ، أو ما زالت بالنبات . فالثمار المقطوفة ارتفعت حرارتها بدرجة أكبر عن تلك التى ظلت على النبات ، وكانت أكثر حساسية للفحة الشمس . كما ارتفعت درجة حرارة ثمار الفلفل الناضجة ذات اللون الأخضر الفاتح بدرجة أقل ، وظهرت بها نسبة أقل من إصابات لفحة الشمس عن مثيلاتها من الثمار الناضجة ذات اللون الأخضر الداكن . أما ثمار الفلفل الحمراء الناضجة ، وثمار الخيار الصفراء الناضجة ، فقد كانتا مقاومتين للإصابة بلفحة الشمس . وبالعكس .. كانت ثمار الفلفل فى طور النضج الأخضر ، أو بداية التلوين ، وثمار الخيار الخضراء الناضجة والخضراء المصفرة أكثر الثمار عرضة للإصابة بلفحة الشمس .

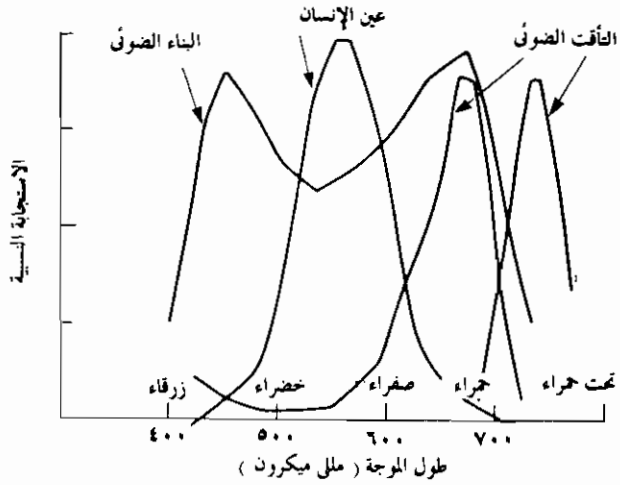
٧ – ٤ – ٢ : تأثير طول الموجة الضوئية

من أهم العمليات الحيوية التى تتأثر بطول الموجة الضوئية Wave length ما يلى :

١ – عملية البناء الضوئى .

٢ – الاستجابة للفترة الضوئية photoperiodic response (وسيأتى شرحها فى الفصل السادس والعشرين) .

فكل عملية منهما يبلغ معدلها أعلى ما يمكن عندما يكون الضوء من طول موجة معين ، أى من لون معين (شكل ٧ – ٢) . ونظرًا لأن الضوء الأبيض العادى يحتوى على جميع ألوان الطيف ، فإن أهمية هذا الموضوع تظهر فى الدراسات البحتة التى يدرس فيها الباحث تأثير ألوان الطيف المختلفة على العمليات الحيوية فى النبات .



شكل ٧ – ٢ : تأثير طول الموجة الضوئية (ألوان الطيف) على معدل عمليتى البناء الضوئى والتأقت الضوئى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

٧ – ٤ – ٣ : تأثير الفترة الضوئية

تؤثر الفترة الضوئية photoperiod على النباتات عن طريقين

١ – من خلال تأثيرها على كمية الضوء الكلية التى تتعرض لها النباتات ، وبالتالى تؤثر على كمية الغذاء المجهز ، والنمو ، والمحصول . ولهذا يلاحظ أن المحصول يكون أكبر عادة صيفًا فى الدول الشمالية ، حيث تزيد الفترة الضوئية إلى نحو ١٧ ساعة يوميًا .

٢ – تؤثر الفترة الضوئية تأثيرًا مباشرًا على نمو وتطور النباتات . ويعرف هذا النوع من الاستجابة للفترة الضوئية باسم التأقت الضوئى photoperiodism . وقد يكون تأثير الفترة الضوئية متمثلًا فى دفع النباتات نحو الإزهار ، أو إلى تكوين درنات أو أبصال أو مدادات ... إلخ من عمليات النمو والتطور التى تتأثر بالفترة الضوئية .

وعادة يعنى بتأثير الفترة الضوئية تأثيرها على الإزهار ، ما لم يذكر غير ذلك .

وتقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ٣ مجموعات .

١ – نباتات النهار القصير Short-day plants : وهذه لا تزهر إلا إذا زاد طول الليل عن حد معين . فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تقل عن حد معين حتى تزهر . ومن أمثلتها : الذرة الحلوة ، والفول الرومى ، وفول الصويا ، والكايوت ، والروزيل .

٢ – نباتات النهار الطويل Long-day plants : وهذه لا تزهر إلا إذا قصر طول الليل عن حد معين . فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تزيد عن حد معين حتى تزهر . ومن أمثلتها : السبانخ ، والفجل ، والشبت .

٣ – نباتات محايدة Day-neutral plants : وهذه لا تتأثر فى إزهارها بالفترة الضوئية ، ومن أمثلتها : الطماطم ، والبامية .

وكما سبق الذكر .. فإن تأثير الفترة الضوئية لا يقتصر على الإزهار ، بل يمكن أن يكون على :

١ – تكوين الأبصال : فيعتبر البصل والثوم من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال .

٢ – تهيئة النبات لتكوين الدرنات : فتعتبر البطاطس والطرطوفة واليام من نباتات النهار القصير بالنسبة لتهيئة النبات لتكوين الدرنات ، كما تعتبر البطاطا والكاسافا من نباتات النهار القصير بالنسبة لزيادة الجذور فى الحجم (Yamaguchi ١٩٨٣) .

٣ – تكوين المدادات : فيعتبر الشليك من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين المدادات .

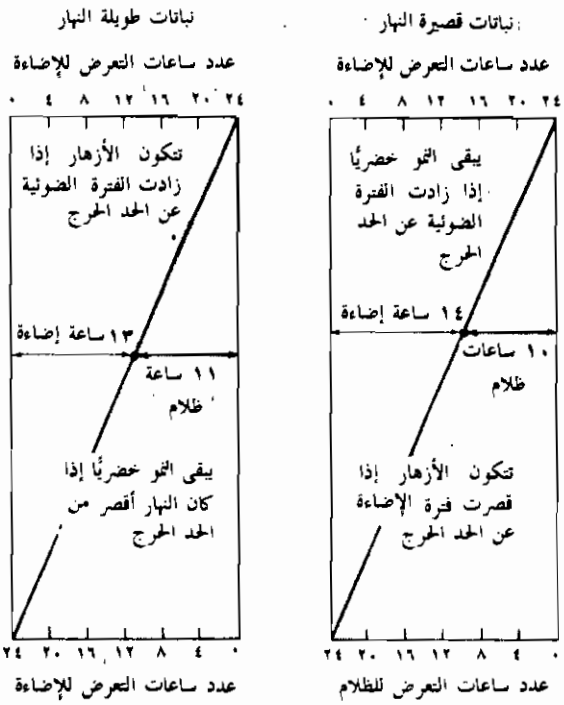
٤ – نمو السلاميات فى الفاصوليا .

٥ – تمثيل صبغة الأنثوسيانين فى الكرنب الأحمر (Piringer ١٩٦٢) .

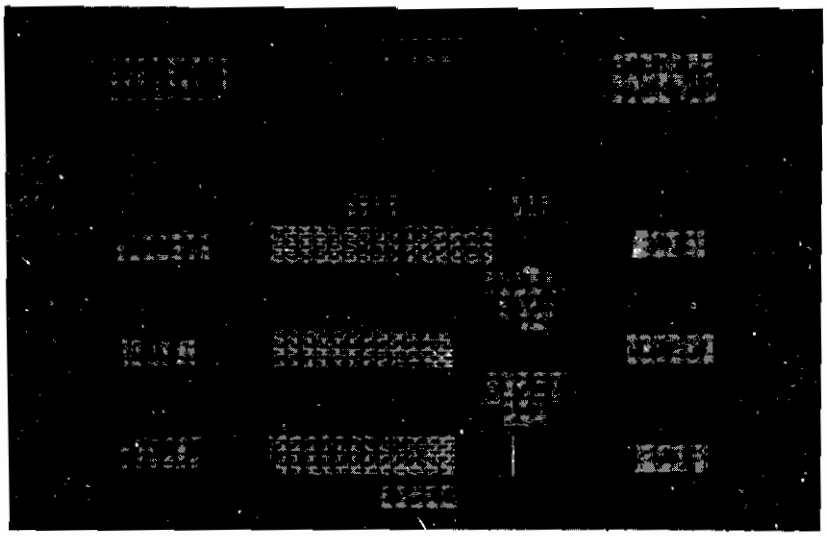
ومما تجدر ملاحظته أن الاستجابة للفترة الضوئية لا تستلزم أبدًا أن يكون النهار قصيرًا فى نباتات النهار القصير ، وأن يكون النهار طويلًا فى نباتات النهار الطويل ، بل إن العكس قد يحدث أحيانًا . فالذرة الحلوة تزهر فى المناطق الشمالية صيفًا ، حيث يصل طول النهار إلى ١٧ ساعة ، رغم أنها من نباتات النهار القصير ، فى حين أن بعض أصناف السباغ قد تزهر فى فترة إضاءة أقل من ١٢ ساعة ، رغم أنها من نباتات النهار الطويل . كذلك قد تكون بعض أصناف البصل أبصالًا فى نهار طول ١١ ساعة ، بينما لا يمكن لبعض الأصناف الأخرى أن تكون أبصالًا فى فترة إضاءة تقل عن ١٦ ساعة ، رغم أن جميع أصناف البصل تعد من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال ، فالعبرة بطول فترة الظلام ، وما إذا كانت الاستجابة لا تحدث إلا عند زيادتها عند حد معين (نباتات النهار القصير) ، أو إلّا عند قصرها عند حد معين (نباتات النهار الطويل) . ويوضح شكل (٧ – ٣) هذه العلاقة بين السباغ – وهى من نباتات النهار الطويل ، وتلزمها فترة ظلام لا تزيد عن ١١ ساعة حتى تزهر – والقرنفل – وهو من نباتات النهار القصير ، وتلزمه فترة ظلام لا تقل عن ١٠ ساعات حتى يزهر .

ويمكن عمليًا زيادة طول النهار فى المواسم قصيرة النهار بعمل وميض من الضوء لمدة ٤ ثوان كل دقيقة ليلًا ، أو بالإضاءة لمدة ٣ ساعات بعد نهاية النهار . ويستفاد من ذلك فى عدم زيادة طول فترة الظلام عن حد معين ، وبالتالى دفع نباتات النهار الطويل للإزهار . وتختلف الاستجابة لهذه المعاملة بين نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير (شكل ٧ – ٤) .

كما يمكن إطالة فترة الظلام بتغطية النباتات بقماش أسود لعدة ساعات يوميًا أثناء النهار ، وبذلك يمكن دفع نباتات النهار القصير نحو الإزهار فى غير موسمها ، كما فى الأرولا .

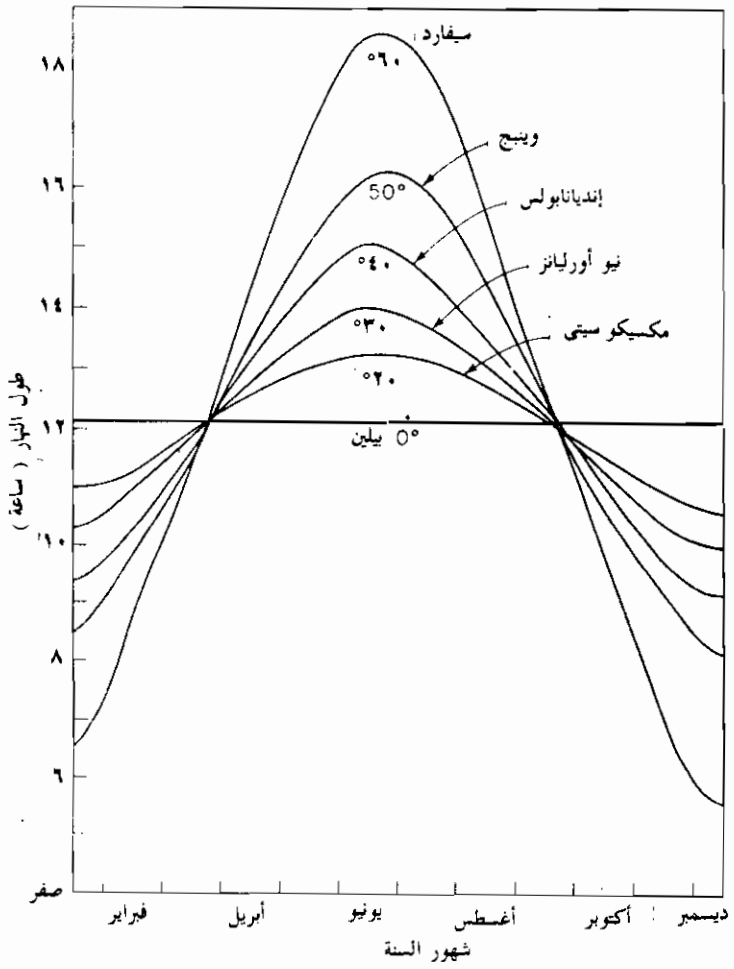


شكل ٧ – ٣ : تأثير الفترة الضوئية على أزهار السبانخ والقرنفل . لاحظ أن الفترة الضوئية الحرجة هى ١٣ ساعة للسبانخ و ١٤ ساعة للقرنفل (عن Steward ١٩٦٦) .



شكل ٧ – ٤ : تأثير كسر فترة الظلام بوميض من الضوء على إزهار النباتات القصيرة النهار والنباتات الطويلة النهار (عن Galston ١٩٦٤) .

هذا .. ويختلف طول الفترة الضوئية باختلاف خط العرض واليوم من السنة كالتالى (شكل ٧ – ٥ وجدول ٧ – ٤) :



شكل ٧ – ٥ : التغيرات السنوية فى طول الفترة الضوئية فى المناطق المختلفة من العالم . يلاحظ ازدياد الفارق بين طول النهار صيفًا عنه شتاءً كلما اتجهنا شمالًا (عن Leopold & Kriedmann ١٩٧٥) .

١ – فى كل من ٢١ مارس ، ٢١ سبتمبر تكون الشمس متعامدة تمامًا على خط الاستواء ، ويكون الشروق من الشرق تمامًا ، والغروب من الغرب تمامًا ، ويتساوى طول الليل مع طول النهار فى كافة أرجاء الكرة الأرضية .

٢ – فى ٢١ ديسمبر تكون الشمس أبعد ما تكون جنوبًا عن خط الأستواء ، ويصاحب ذلك أقصر نهار فى نصف الكرة الشمالى ، وأطول نهار فى نصف الكرة الجنوبى .

٣ – يحدث العكس فى ٢١ يونية ، حيث تكون الشمس أبعد ما تكون شمالًا عن خط الاستواء ، ويصاحب ذلك أطول نهار فى نصف الكرة الشمالى ، وأقصر نهار فى نصف الكرة الجنوبى .

٤ – يتساوى طول النهار مع طول الليل عند خط الاستواء فى جميع أيام السنة .

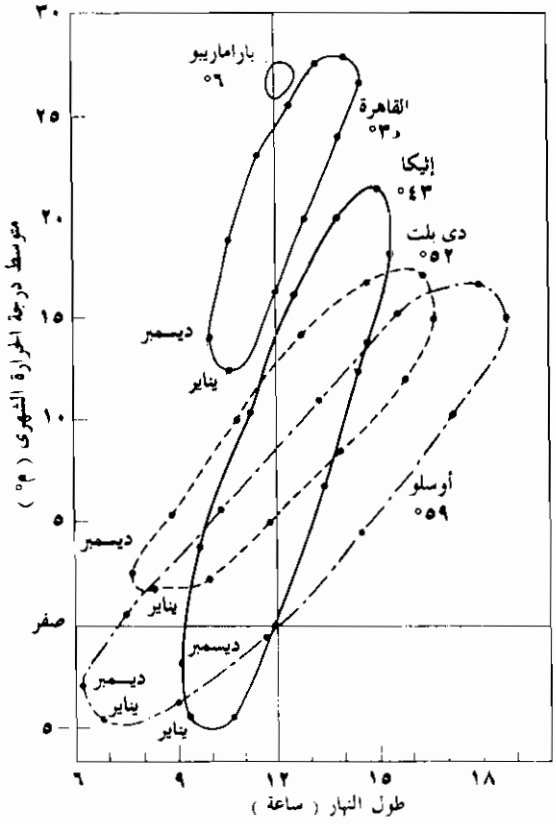
٥ – فى نصف الكرة الشمالى يكون طول النهار فى الفترة من ٢١ مارس إلى ٢١ سبتمبر أطول فى المناطق الشمالية ، عنه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء . ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ يونية ، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى .

٦ – يحدث كذلك فى نصف الكرة الشمالى أن طول النهار فى الفترة من ٢١ سبتمبر إلى ٢١ مارس يكون أقصر فى المناطق الشمالية ، عنه فى المناطق الأقرب إلى خط الاستواء . ويكون الفارق أكبر ما يمكن فى ٢١ ديسمبر ، ويحدث العكس تمامًا فى نصف الكرة الجنوبى (عن Edmond وآخرين ١٩٧٥) .

جدول (٧ ـ ٤) : التغيرات فى فترق الضوء والظلام مع تغير الفصول عند خطوط العرض المختلفة بنصف الكرة الشمالى .

مثال للمدن		فترق الضوء والظلام بالساعة فى		
خط العرض	التى يمر بها		٣/٢١ ، ٩/٢١	١٢ / ٢١	٦ / ٢١
°١٠	أديس أبابا	الضوء	١٢	١١,٧	١٢,٧
		الظلام	١٢	١٢,٣	١١,٣
°٢٠	بومباى	الضوء	١٢	١١,٠	١٣,٣
		الظلام	١٢	١٣,٠	١٠,٧
°٣٠	الاسكندرية	الضوء	١٢	١٠,٢	١٤,١
		الظلام	١٢	١٣,٨	٩,٩
°٤٠	روما	الضوء	١٢	٩,٣	١٥,٠
		الظلام	١٢	١٤,٧	٩,٠
°٥٠	ستالينجراد	الضوء	١٢	٨,١	١٦,٤
		الظلام	١٢	١٥,٩	٧,٦
القطب		الضوء	١٢	صفر	٢٤,٠
		الظلام	١٢	٢٤,٠	صفر

وجميع هذه الاختلافات فى الفترة الضوئية تكون مصاحبة بتغيرات أخرى فى درجة الحرارة ، كما يتضح من شكل (٧ – ٦) .



شكل ٧ – ٦ : التغيرات السنوية فى كل من الفترة الضوئية ودرجة الحرارة فى المناطق المختلفة من العالم . يلاحظ أنه كلما ابتعدنا عن خط الاستواء ، ازداد الفارق بين الصيف والشتاء فى كل من درجة الحرارة والفترة الضوئية (عن Leopold & Kriedmann ١٩٧٥) .

وعمليًا .. يستفاد من دراسة الفترة الضوئية وتأثيرها على النباتات فى اختيار الصنف والموعد المناسبين للزراعة فى منطقة الإنتاج ، بحيث ينمو المحصول بالطريقة التى تؤدى إلى إنتاج المحصول الاقتصادى الذى زرع من أجله . فمثلًا :

١ – عند زراعة محصول مثل السبانخ يراعى اختيار موعد الزراعة ، بحيث يتم إنتاج المحصول الاقتصادى – وهو الأوراق – قبل زيادة الفترة الضوئية إلى الحد الذى يدفع النباتات نحو الإزهار ، فتفقد بذلك قيمتها الاقتصادية .

٢ – كذلك توجد اختلافات كبيرة بين أصناف السبانخ فى سرعة اتجاهها نحو الإزهار بزيادة الفترة الضوئية ، فيجب اختيار الأصناف الأقل ميلًا للإزهار فى الزراعات التى يصاحبها نهار طويل نسبيًا .

٣ – عند زراعة البصل يجب اختيار الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى الفترة الضوئية السائدة فى منطقة الإنتاج . فتزرع الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى فترة ضوئية قصيرة نسبيًا فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية . أما الأصناف التى تلزمها فترة ضوئية طويلة ، فلا يمكنها تكوين أبصال جيدة فى مثل هذه المناطق .

٤ – توقيت موعد الزراعة ، بحيث تتجه النباتات نحو الإزهار فى الوقت المناسب عند الرغبة فى إنتاج البذور .

٥ – توفير الفترة الضوئية المناسبة لإزهار النباتات فى برامج التربية .

٧ – ٤ – ٤ : تأثير الأشعة غير المرئية

تختلف الأشعة غير المرئية عن الضوء العادى الأبيض . وأهم ما يصل منها للنباتات بجرعات محسوسة : الأشعة تحت الحمراء ، والأشعة فوق البنفسجية ، وكلتاهما غير لازمتين للنمو النباتى ، وأكبر دليل على ذلك أن النباتات التى تنمو فى البيوت (الصوب) الزجاجية تعطى محصولًا عاليًا ، برغم أن الزجاج يمتص معظم هذه الأشعة .

لكن وجد أن الأشعة فوق البنفسجية تلعب دورًا فى تلوين الأوراق فى فصل الخريف ، وفى زيادة تركيز اللون فى بعض الثمار . ويؤدى التعرض لجرعات عالية من الأشعة فوق البنفسجية – كما فى المناطق المرتفعة – إلى إحداث تأثيرات سلبية على النباتات .

٧ – ٥ : تأثير العوامل الجوية الأخرى

٧ – ٥ – ١ : الريـــاح

تؤدى زيادة سرعة الرياح إلى :

١ – اقتلاع النباتات ، وكسر فروع الأشجار ، ورقاد النباتات الطويلة المروية حديثًا .

٢ – تغطية النباتات بالكثبان الرملية .

٣ – إثارة حبيبات الرمل التى تضرب فى النباتات ، محدثة بها أضرارًا كبيرة .

٤ – اختلال التوازن المائى داخل النباتات وذبولها عندما تكون الرياح ساخنة جافة ، نظرًا لتسببها فى زيادة سرعة النتح بدرجة أكبر من مقدرة الجذور على امتصاص الماء .

٥ – غلق الثغور جزئيًا عند زيادة سرعة الرياح عن ١٠ كم/ساعة ، ويؤدى ذلك إلى نقص تبادل الغازات ، وبطء عملية البناء الضوئى .

ولأجل هذا يلزم الاهتمام بإقامة مصدات الرياح حول مزارع الخضر ، كما تجب دراسة تحركات الهواء البارد من أعالى الجبال نحو الوديان ، لما لذلك من تأثيرات قد تكون ضارة أو مفيدة – حسب المحصول والظروف الجوية السائدة – قبل الشروع فى زراعة محاصيل الخضر فى مثل هذه الأماكن .

وفى دراسة عن تأثير الرياح على نباتات الخضر قام Bubenzer & Weis(١٩٧٤) بتعريض نباتات الفاصوليا والبسلة لرياح سرعتها ٢٤,٨ كيلو متر فى الثانية لمدة ٢٠ دقيقة ، ووجدا أن هذه المعاملة قد أدت إلى نقص المحصول :

١ – فى الفاصوليا بمقدار ٨٪ عندما أُجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات ، وبمقدار ١٤٪ عندما أُجريت فى مرحلة الإزهار .

٢ – فى البسلة بمقدار ١٦٪ ، سواء أُجريت المعاملة فى مرحلة نمو البادرات أو فى مرحلة الإزهار .

كما وجد Mitchell وآخرون (١٩٧٥) أن هز نباتات الطماطم برفق مرة أو مرتين يوميًا أدى إلى نقص عدد العقد على الساق وعدد الأوراق ، مع قصر السلاميات ، وتقزم النبات ، وحدوث انتفاخ عند العقد ، وتدلى نصل الورق لأسفل epinasty ، مع تلون الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن ، وزيادة التفرع الجانبى للنبات . وقد اقترح الباحثون الاصطلاح سيسمومورفوجينيسس Seismomorphogensis لوصف التأثير الذى تحدثه الرياح على النباتات .

هذا .. وتهب على مصر رياح مختلفة على مدار العام ، هى كالتالى :

١ – الرياح التجارية : وتهب على مصر معظم العام من الشمال أو الشمال الشرقى عادة ، وسرعتها متوسطة ، وتفيد فى تلقيح النباتات هوائية التلقيح .

٢ – الخسوم أو برد العجوز : وهى رياح شديدة البرودة ، وتهب فى أوائل مارس ، وتستمر لمدة ثمانية أيام . ولهذه الرياح تأثيرات ضارة ، إذ أنها :

(أ) قد تؤدى إلى موت بعض النباتات .

(ب) تؤخر إنبات البذور .

(جـ) تؤدى إلى سقوط أزهار النباتات .

٣ – الخماسين : وهى رياح حارة جافة تهب من الجنوب عادة ، وتكون محملة بالأتربة والغبار ، وقد ترتفع درجة الحرارة أثناء هبوبها إلى ٤٥°م . تهب رياح الخماسين عادة أثناء شهور مارس وأبريل ومايو ، وفى المتوسط .. فإن عدد أيام رياح الخماسين يكون :

٦ أيام فى فبراير ، ٧ أيام فى مارس ، ٧ أيام فى أبريل ، ٥ أيام فى مايو ، يومين فى يونيو .

ولهذه الرياح تأثيرات ضارة ؛ إذ أنها تؤدى إلى :

(أ) سقوط الأزهار والثمار .

(ب) تمزق الأوراق .

(جـ) زيادة سرعة النضج .

(د) ضمور حبوب اللقاح .
(هـ) زيادة الإصابة بالعنكبوت الأحمر (عن مرسى وآخرين ١٩٥٩)

٧ - ٥ - ٢ : الأمطـــــار

لا تخفى أهمية الأمطار فى حالة الاعتماد على ماء المطر بدلًا من الرى . وتجب فى هذه الحالة دراسة توزيع الأمطار . والكمية الكلية لماء المطر على مدار العام قبل التخطيط لزراعة محاصيل الخضر .

ويفضل دائمًا إنتاج البذور فى المناطق غير الممطرة ، نظرًا لأن الأمطار تساعد على :

١ - انتشار بعض الأمراض الفطرية والبكتيرية التى تنتقل عن طريق البذور ، كما فى العديد من أمراض البسلة والفاصوليا .

٢ - انتشار البذور من الثمار الجافة قبل حصادها ، كما فى الخس .

هذا ويقسم العالم إلى ثلاث مناطق حسب معدل تساقط الأمطار السنوى فيها كالتالى :

١ - المناطق الجافة Arid : ويقل معدل تساقط الأمطار فيها عن ٢٥ سم سنويًا .

٢ - المناطق شبه الجافة Semi arid : ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها من ٢٥ - ٥٠ سم .

٣ - المناطق تحت الرطبة Subhumid : ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها من ٥٠ - ١٠٠ سم .

٤ - المناطق الرطبة Humid : ويتراوح المعدل السنوى لتساقط الأمطار فيها من ١٠٠ - ١٥٠ سم .

٥ - المناطق المبتلة Wet : ويزيد معدل تساقط الأمطار فيها عن ١٥٠ سم سنويًا (Yamaguchi ١٩٨٣) .

هذا .. وتعتبر مصر من المناطق الجافة التى يقل معدل تساقط الأمطار السنوى فيها كثيرًا . حيث يبلغ المعدل ١٣,٣ سم فى المناطق الساحلية ، وينخفض المعدل إلى النصف فى الدلتا ، وإلى الربع فى مصر الوسطى ، وينعدم المطر تقريبًا فى مصر العليا . كما تتساقط معظم الأمطار خلال الفترة من نوفمبر حتى مارس ، وتنعدم خلال شهور الصيف (جدول ٧ - ٥) .

جدول (٧ ـ ٥) : معدل تساقط الأمطار السنوى فى مصر (بالملليمتر) .

الشهر	المنطقة			
	الساحلية	الدلتا	مصر الوسطى	مصر العليا
يناير	٢٨	١٦	٩	—
فبراير	٢٢	١٢	٥	—
مارس	١٤	٩	٥	—
أبريل	٤	٢	١	—
مايو	٢	٢	١	—
يونيه	—	—	—	—
يولية	—	—	—	—
أغسطس	—	—	—	—
سبتمبر	—	١	—	—
أكتوبر	٧	٥	٢	—
نوفمبر	٢١	٧	٢	—
ديسمبر	٣٥	١١	٦	—
المجموع	١٣٣	٦٥	٣٠	—

٧ – ٥ – ٣ : الرطوبة النسبية :

للرطوبة النسبية مزاياها ومضارها كالتالى :

١ – بعض المحاصيل تجود فى ظروف الرطوبة النسبية المرتفعة ، مثل : القنبيط ، والخس ، والسبانخ ، والخضر الورقية عمومًا ، بينما تجود محاصيل أخرى فى الجو الجاف ، مثل : البطيخ ، والشمام .

٢ – تساعد الرطوبة النسبية المرتفعة على انتشار الأمراض .

٣ – تخفف الرطوبة النسبية المرتفعة من الأثر الضار لكل من الحرارة المنخفضة والحرارة المرتفعة على بعض محاصيل الخضر ، مثل : الطماطم ، والفاصوليا ، ولهذا السبب تنجح العروة الصيفية المتأخرة من الطماطم فى المنطقة الساحلية وشمال الدلتا .

وفى دراسة تأثير الرطوبة النسبية على نباتات الفاصوليا وجد O' Leary & Knecht (١٩٧١) أن الرطوبة النسبية المرتفعة جدًا (من ٩٥ – ١٠٠٪) لم يكن لها أى تأثير على الوزن الجاف أو الطازج للنباتات ، أو على محصول بذور الفاصوليا ، بالمقارنة بالرطوبة النسبية المنخفضة (٣٥ – ٤٠٪) أو المتوسطة (٧٠ – ٧٥٪) . وانحصر تأثير الرطوبة العالية فى نقص الماء المفقود بالنتح مع زيادة فى المادة الجافة بالنبات لكل وحدة من الماء المستهلك فى النمو ، بالمقارنة بالمستويات الأخرى من الرطوبة النسبية .

هذا .. ويتراوح المتوسط العام للرطوبة النسبية فى مصر من ٤٤٪ فى شهر مايو إلى ٦١٪ فى شهر نوفمبر ، لكن المعدل العام يزداد كلما اتجهنا شمالاً ، ويقل كلما اتجهنا جنوبًا ، فمثلًا تكون الرطوبة النسبية كالتالى فى كل من الإسكندرية وأسوان :

الشهر	فى أســـوان	فى الإسكندرية
مـــــارس	٣٦٪	٦٧٪
ديسمبر	٥٣٪	٧٤٪

(عن الإدارة العامة للتدريب – وزارة الزراعة المصرية ١٩٧٣)

٧ – ٥ – ٤ : البــرق

عندما يلامس البرق سطح الأرض تنتشر طاقة كهربائية كبيرة فى اتجاه شبه دائرى تقريبًا ، ويتوقف المدى الذى يصل إليه انتشار هذه الطاقة الكهربائية على نسبة الرطوبة الأرضية فى الطبقة السطحية من التربة . فكلما ازدادت الرطوبة الأرضية ، كلما ازداد اتساع دائرة الضرر .

وعادة لا يلاحظ ضرر البرق إلّا بعد مضى عدة أسابيع من وقت حدوثه . ويظهر الضرر فى صورة مساحة شبه دائرية قاحلة ماتت فيها كل أو معظم النباتات . وعلى حواف هذه الدائرة تكون النباتات متوقفة جزئيًا عن النمو ، ومعرضة بدرجة كبيرة للإصابات المرضية ، لكن تختلف درجة الإصابة باختلاف النباتات .

ففى الكرنب قد لا تكون الشحنة الكهربائية كافية لموت النباتات ، وحينئذ فإنها تخترق الساق فى مستوى سطح التربة ، محدثة ضررًا بسيطًا فى نسيج البشرة والحزم الوعائية ، ثم تتخلل النخاع العصيرى ، حيث تموت الخلايا النخاعية التى توجد أعلى وأسفل مكان اختراق الشحنة الكهربائية ، تاركًا فراغًا محاطًا بلون بنى داكن من أنسجة الخلايا الجافة التى تحللت . وقد يتبع ذلك ظهور جذور عرضية جديدة كثيرة من المحيط الداخلى للحلقة الوعائية .

أما فى الطماطم ، فإن الفرصة تكون أكبر لإنتشار الشحنة الكهربائية خلال نخاع الساق ، وتظهر أول الأعراض بعد ساعات قليلة من وقت تفريغ الشحنة فى صورة ذبول للأوراق الطرفية ، يتبع ذلك ذبول باقى الأوراق والفروع ، وانهيار السيقان المصابة . وقد يمتد الضرر خلال أعناق الثمار إلى داخلها ، حيث يحدث بها تحللًا جزئيًا . وقد يمتد الضرر إلى سطح الثمار ، محدثًا بثورا تتحول فى النهاية إلى اللون البنى .

ويتماثل الضرر فى البطاطس مع الضرر فى الطماطم . وقد تحدث أحيانًا أضرار للدرنات ، فتظهر بها مساحات منخفضة داكنة غير منتظمة فى الشكل أو فى المساحة (Walker ١٩٦٩) .

٧ - ٦ : المراجـــع

الإدارة العامة للتدريب - وزارة الزراعة - جمهورية مصر العربية (١٩٧٣) . من البرامج التدريبية - الجزء التاسع : حاصلات الخضر والنباتات الطبية والعطرية - ٣٣٦ صفحة .

الفندى ، محمد جمال الدين (١٩٦٢) . الطبيعة الجوية . المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والنشر ، القاهرة - ٣٥٥ صفحة .

مرسى ، مصطفى على ، أحمد إبراهيم المربع ، وعاصم بسيونى جمعة (١٩٥٩) . نباتات الخضر - الجزء الأول : أساسيات إنتاج الخضر . مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة - ٥٠٠ صفحة .

Anderson, J.A., D.W. Buchanan, R.E. Stall and C.B. Hall. 1982. Frost injury of tender plants increased by **Pseudomonas syringae** van Hall. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107: 123-125.

Ashworth E.N. and G.A. Davis. 1984. Ice nucleation within peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109: 198-201.

Bubenzer, G.D. and G.G Weis. 1974. Effect of wind erosion on production of snap beans and peas. J.Amer. Soc. Hort. Sci, 99: 527-529

Christiansen, M.N. 1979. physiological basis for resistance to chilling. HortScience 14: 583-586.

Cooper, A.J. 1973 Root temperature and plant growth. Commonwealth Agr. Bureau, East Malling; Research Rev, No. 4. 73p.

Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews and R.G. Halfacre. 1975 (4 th ed.). Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 560 p.

Galston, A.W. 1964. The life of the green plant. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 118p.

Hanan, J.J. W.D. Holley and K.L. Goldsberry. 1978. Greenhouse management. Springer-Verlag, N.Y. 530 p.

Hartmann, H.T. and D.E. Kester. 1975. (3 rd ed.) Plant propagation: principles and practices. Prentice-Hall of India Priv. Limited, New Delhi. 662p.

Kelman, A. 1979. How bacteria induce disease. In J.G. Horsfall and E.B. Cowling (Eds) 'Plant Disease: an Advanced Treatise' Vol IV, pp. 181-202. Academic Pr., N.Y.

Leopold, A.C. and P.E. Kriedmann. 1975. (2nd ed.). Plant gowth and development. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 545p.

Levitt, J.1980 (2nd ed.). Responses of plants to environmental stresses. Vol.1. Chilling, freezing. and high temperature stresses. Aeadmic Pr., N.Y 497p.

Li, P.H. and A. Sakai (Eds.). 1978. Plant cold hardiness and freezing stress: mechanisms and crop implications. Academic press., N.Y. 416p.

Lindow, S.E., D.C. Arny and D.C. Upper. 1983. Biological control of frost injury: establishment and effects of an isolate of **Erwinia herbicola** antagonistic to ice nucleation active bacteria on corn in the field. Phytopathology 73: 1102-1106.

Lindow, S.E., D.C. Arny, C.D. Upper and W.R. Barchet. 1978. The role of bacterial ice nuclei in frost injury to sensitive plants. In P.H. Li and A. Saki (Eds)'Plant cold Hardiness and Freezing Strees: Mechanisms and Crop Implications'; pp. 249-263. Academic Pr., N.Y.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2 nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y. 390 p.

Lyons, J.M, D. Grakam and J.K. Raison (Eds.). 1979 Low temperature stress in crop plants: the role of the membrane. Academic Pr., N.Y. 565p.

Manassah, J.T. and E.J. Briskey (Eds). 1981. Advances in food-producing systems for arid and semiarid lands. Academic Pr., N.Y. Parts A and B; 1274p.

Mitchell, C.A., C. Severson, J.A. Wott and P.A. Hammer. 1975 Seismomorphogenic regulation of plant growth. J. Amer Soc. Hort. Sci, 100: 161-165

O'Leary, J.W. and G.N. Knecht. 1971. The effect of relative humidity on growth, yield and water consumption of bean plants. J.Amer. Soc. Hort. Sci, 96: 263-265.

Piringer, A.A. 1962. Photoperiodic responses of vegetable plants. In Campbell Soup Company Proceedings of plant Science Symposium; pp. 173-185. Camden, N.J

Rabinowith, H.D., M. Friedmann and B. Ben-David. 1983. Sunscald damage in attached and detached pepper and cucumber fruits at various stages of maturity. Scientia Horticulturae 19: 9-18.

Stevens, M.A. 1981. Resistance to heat stress in crop plants. In J.T. Manassah and E.J. Briskey (Eds) 'Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands'; pp, 457-487. Academic Pr., N.Y.

Steward, F.C. 1966. About plants: topics in plant biology, Addison-Wesley, Reading, Mass. 174 p.

Turner, N.C. and [illegible] Kramer (Eds). 1980. Adaptation of plants to water and high temperature stress. John Wiley & Sons, N.Y. 482 p.

Walker, J.C. 1969. Plant pathology. McGraw, N.Y. 819 p.

Yelenosky, G. 1983. Ice nucleation active (INA) agents in freezing of young citrus trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 1030-1034.

Yamaguchi, M. 1983. World vegetables: principles, production and nutritive values. AVI Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 415 p.