ويطلق على هذه المواعيد اسم عروات. فالعروة الصيفية مثلاً هى التى تزرع فى يناير وفبراير، وتنمو النباتات خلال فصل الربيع، وتعطى محصولها فى بداية فصل الصيف.

الزراعات المتتابعة من نفس المحصول فى الموسم الواحد

عندما تسمح العوامل السابقة الذكر بزراعة المحصول على مدى فترة زمنية طويلة، فإنه يكون من الأفضل تقسيم المساحة المراد زراعتها إلى مساحات أصغر تزرع فى مواعيد متتابعة، بحيث يمكن توزيع أعباء الأعمال الحقلية للمساحة ككل على مدى فترة زمنية أطول، خاصة بالنسبة لعملية الحصاد التى تتطلب أيد عاملة كثيرة، وبحيث يمكن تجنب حصاد المساحة كلها فى وقت واحد، وما يستتبع ذلك من مشاكل فى الشحن والتسويق، مع زيادة العرض وانخفاض الأسعار.

وتشتد الحاجة إلى التخطيط لعدد من الزراعات المتتابعة من محصول ما، خاصة عند الرغبة فى زراعة مساحة كبيرة، مع وجود تعاقدات مع مصانع حفظ الأغذية على توريد كميات معينة من المنتج فى مواعيد محددة. فمصانع حفظ الأغذية إمكاناتها محدودة، ولا يمكنها تلقى كل المحصول المراد تصنيعه فى فترة زمنية قصيرة، وإمكاناتها فى التخزين محدودة، فضلاً على أن تصنيع الأغذية سريعًا بعد الحصاد يعد أفضل من تصنيعها بعد فترة من التخزين. كما أن تشغيل هذه المصانع لأطول فترة من السنة يعد أمرًا حيويًّا من الوجهة الاقتصادية. لذلك تتعاقد مصانع حفظ الأغذية عادة على توريد كميات معينة من محاصيل الخضر، مثل: الطماطم، والبسلة، والفاصوليا، والذرة السكرية فى مواعيد محددة.

وقد استتبع ذلك إجراء عديد من الدراسات التى نتج عنها ما سمى بنظام الوحدات الحرارية heat unit system الذى يستخدم فى التنبؤ بموعد الحصاد؛ وبالتالى فى تحديد مواعيد الزراعات المتتابعة.

نظام الوحدات الحرارية

يستخدم نظام الوحدات الحرارية فى التنبؤ بموعد الحصاد؛ وبالتالى فى توقيت

مواعيد الزراعات المتتالية، حتى لا تكون كل المساحة جاهزة للحصاد فى وقت واحد، وخاصة بالنسبة للخضر التى تتدهور نوعيتها كثيرًا إذا ما تركت دون حصاد، مثل الذرة السكرية، والفاصوليا، والخيار، والبسلة، والقاوون، والطماطم.

كان Boswell أول من طبق هذا النظام على محاصيل الخضر، وكان ذلك على محصول البسلة، حيث وجد أن البسلة تزهر بعد أن تتلقى قدرًا معينًا من الحرارة – أعلى من أربع درجات مئوية – أيًّا كان عدد الأيام التى تمر إلى حين تلقيها لهذا القدر من الحرارة.

طريقة حساب الوحدات الحرارية

يعتمد هذا النظام على أنه يلزم لكل نبات عدد معين من الوحدات التى يجب أن يحصل عليها لإكمال نموه. كما أن لكل مرحلة من مراحل النمو وحداتها الحرارية الخاصة اللازمة لإتمامها. ولا يتم النمو إلا بعد أن يحصل النبات على هذه الوحدات، بغض النظر عن المدة التى تنقضى بعد الزراعة.

وتحسب الوحدات الحرارية heat units على أساس مجموع الساعات الحرارية الأعلى من درجة الأساس base temperature، أو نقطة الصفر zero point، وهى درجة الحرارة الدنيا لنمو المحصول. وتقدر هذه الدرجة تجريبيًّا، وهى تختلف من محصول لآخر، ولكنها تقدر بنحو ٤٠°ف (٤,٤°م) لخضر الجو البارد، وبنحو ٥٠°ف (١٠°م) لخضر الجو الدافئ. ويلزم لدقة الحساب أن تحدد تجريبيًّا لكل محصول على حدة. فمثلاً .. وجد أن درجة حرارة الأساس للطماطم هى: ٤٣°ف (٦,١°م) (Warnock & Isaacs ١٩٦٩)، وعمومًا .. فهى الدرجة التى يعطى استعمالها أقل قدر من معامل التباين.

ويحسب عدد الوحدات الحرارية ليوم ما بطرح درجة حرارة الأساس من معدل درجة الحرارة فى ذلك اليوم، ثم يحسب مجموع الوحدات الحرارية من الزراعة حتى النضج، ويطلق عليها الأيام الحرارية degree days، أو الوحدات الحرارية heat units، أو thermal units. وبضرب الـ degree days فى ٢٤ نحصل على ما يسمى بالساعات الحرارية degree hours.

هذا .. ويقدر عدد الساعات الحرارية لكل صنف على حدة بإجراء دراسات تستمر لعدة سنوات يحسب منها متوسط عدد الساعات الحرارية اللازمة لكل مرحلة من مراحل النمو حتى الحصاد.

فمثلاً .. أجريت بولاية كاليفورنيا الأمريكية دراسة على صنف الطماطم فى اف ١٤٥ بى ٧٨٧٩ VF 145-B-7879 تضمنت ٢٤ تجربة على مدى ٣ سنوات، واستخدمت فيها ٦°م كدرجة حرارة أساس، وأمكن من خلالها معرفة عدد الساعات الحرارية اللازمة للوصول إلى مراحل النمو والنضج المختلفة (جدول ١٢-٤).

جدول (١٢-٤): عدد الساعات الحرارية اللازمة لوصول نباتات الطماطم من صنف VF 145-B-7879 إلى مراحل النمو والنضج المختلفة.

مرحلة النمو أو النضج	إجمالى عدد الساعات الحرارية اللازمة من وقت زراعة البذور
الإنبات	٩٣
بداية الإزهار	٦١٢
وصول أول الثمار لقطر ٢,٥ سم	٩١٣
وصول أول الثمار إلى مرحلة بداية التلون	١٤٢٦
تمام تلون أول الثمار	١٥٣٣

كما وجد أن الصنف كامبل ٣٤ Campbell 34 تطلب ساعات حرارية مماثلة لتلك التى تطلبها الصنف VF 145-B-7879 (Warnock ١٩٧٣).

هذا .. وبالرجوع إلى سجلات الأرصاد الجوية فى منطقة ما، فإنه يمكن تحديد مواعيد الزراعة مع التنبؤ بمواعيد الحصاد، لكن ذلك يتطلب سجلات دقيقة لدرجات الحرارة السائدة فى المنطقة على مدى سنوات عديدة سابقة.

العوامل المؤثرة على الوحدات الحرارية اللازمة من الزراعة إلى الحصاد

يتأثر عدد الوحدات الحرارية اللازمة من الزراعة إلى الحصاد بالعوامل التالية:

١- نوع المحصول المزروع.
٢- طول الفترة الضوئية وشدة الإضاءة.
٣- درجة حرارة التربة:
ولهذا العامل أهمية كبيرة قبل الإنبات. أما بعد ذلك، فالأهمية الكبرى تكون لدرجة حرارة الهواء.
٤- مدى انحدار التربة وحالة الصرف، وهى عوامل تؤثر على درجة حرارة التربة.
٥- الارتفاع عن سطح البحر وخط العرض فى منطقة الإنتاج.
٦- نوع التربة:
فالأراضى الثقيلة يكون النضج فيها بطيئًا، بعكس الأراضى الخفيفة.
٧- خصوبة التربة، وكمية وأنواع الأسمدة المضافة:
فالفوسفور يبكر النضج، بينما يؤخر النيتروجين موعد النضج.
٨- الرياح، والبَرَدَ، والعواصف، والأمراض، والحشرات.
٩- الأضرار الناجمة عن الجفاف والصقيع.
١٠- التغير اليومى فى درجة حرارة الليل والنهار.

وقد اقترح البعض استخدام الوحدات الحرارية مع معدل طول النهار كأساس للحساب، بدلاً من الوحدات الحرارية وحدها. فقد وجد أن الزيادة فى خط العرض على نفس مستوى الارتفاع من سطح البحر يصاحبها نقص فى عدد الوحدات الحرارية اللازمة بسبب الزيادة فى طول النهار صيفًا (Wilsie ١٩٦٢).

التحورات التى أدخلت على نظام حساب الوحدات الحرارية

إن حساب عدد الساعات الحرارية على أساس طرح متوسط درجة الحرارة اليومى (وهو حاصل جمع درجة الحرارة الدنيا ودرجة الحرارة العظمى مقسومًا على ٢) من درجة حرارة الأساس (ولتكن ١٠°م بالنسبة لمحصول صيفى كالذرة السكرية)، وضرب الناتج فى ٢٤ (عدد ساعات اليوم) .. إن إجزاء الحساب بهذه الكيفية لا يعطى

الوحدات الحرارية الفعّالة حينما تنخفض الحرارة عن الحد الأدنى اللازم للنمو، أو حينما ترتفع عن الحد الأقصى الذى يتوقف بعده النمو. فمثلاً .. لو أن الحرارة انخفضت ليلاً إلى خمس درجات مئوية وارتفعت نهارًا إلى ١٥°م، فإن إجمالى الساعات الحرارية يكون صفرًا، بينما يُستدل من الحد الأقصى لدرجة الحرارة فى هذا المثال على أنها كانت مناسبة للنمو لفترة من اليوم.

ولو أن درجة الحرارة الصغرى انخفضت إلى حد إحداث صدمة لعملية تطور النمو النباتى، لكان لأخذها فى الحسبان – عند حساب عدد الساعات الحرارية – ما يُبرره. ولكن لو أن الانخفاض فى درجة الحرارة الصغرى – عن درجة حرارة الأساس – لم يكن كبيرًا إلى حد إحداث صدمة للنمو النباتى .. فحينئذٍ يصبح من المنطقى اعتبار درجة الحرارة الصغرى مساوية لدرجة حرارة الأساس.

كذلك فإن الحرارة الأعلى من درجة الحرارة العظمى تثبط النمو النباتى؛ الأمر الذى يتطلب إجراء تصحيح لعدد الساعات الحرارية المحسوبة. ويمكن إجراء هذا التصحيح بطرح الفرق بين درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة المثلى من متوسط درجة الحرارة اليومى المحسوب. ويتطلب ذلك الإجراء – بطبيعة الحال – معرفة درجة الحرارة المثلى تجريبيًّا (عن Gilmore & Rogers ١٩٥٨)، وقد يكتفى باعتبار درجة الحرارة العظمى المشاهدة مساوية لدرجة الحرارة العظمى التى يتوقف بعدها النمو، وهى التى يتعين تحديدها تجريبيًّا كذلك (Arnold ١٩٧٤).

وتعرف الطريقة السابقة – التى يطرح فيها الفرق بين الحرارة العظمى للمحصول والحرارة العظمى لليوم من معدل درجة الحرارة اليومى – بنظام السقف الحرارى Temperature Ceiling.

وقد قام Perry وآخرون (١٩٨٦) بتطبيق ١٤ طريقة لحساب الوحدات الحرارية من الزراعة إلى الحصاد فى الخيار، ووجدوا أن أفضل طريقة كانت بجمع الفرق اليومى بين درجة الحرارة العظمى وحرارة أساس مقدارها ١٥,٥°م، ولكن مع حساب

الوحدات الحرارية – عندما ترتفع الحرارة العظمى اليومية عن ٣٢°م – بالطريقة التالية:

الوحدات الحرارية اليومية = [٣٢ – (درجة الحرارة العظمى – ٣٢)] – ١٥,٥

وقد أعطت هذه الطريقة معامل تباين مقداره ٣٪، مقارنة بـ ١٠٪ عند حساب الوحدات الحرارية بالطريقة العادية.

وقد طبقّ Perry & Wehner (١٩٩٠) هذا النظام على الخيار فى ثلاث سنوات، وثلاث عروات، وثلاثة واقع، ووجدا أنه أفضل جوهريًّا من النظام العادى لحساب الساعات الحرارية للتنبؤ بموعد الحصاد فى أصناف خيار التخليل، ولكنه لم يكن فعّالاً مع أصناف السلاطة.

كما جرّب Dufault وآخرون (١٩٨٩) ثمانى طرق لحساب الوحدات الحرارية من الزراعة إلى الحصاد فى الكولارد، وقارنوا بينها على أساس معامل الاختلاف. وقد حصل الباحثون على أقل معامل اختلاف (٩,١٪) عند حساب الوحدات الحرارية على أساس الفرق بين درجة الحرارة العظمى اليومية ودرجة حرارة أساس قدرها ١٣,٤°م، ولكن مع طرح درجة حرارة الأساس (١٣,٤°م) من حرارة عظمى معدلة (هى: ٢٣,٩ – الفرق بين الحرارة العظمى المسجلة و ٢٣,٩°م) عندما ارتفعت درجة الحرارة العظمى عن ٢٣,٩°م.

وفى المقابل .. كان معامل الاختلاف ١١,٤٪ عندما اتبعت الطريقة العادية بجمع حاصل الطرح اليومى لدرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤°م من متوسط درجة الحرارة – يوميًّا – خلال موسم النمو. كما كان معامل الاختلاف ١٣,٤٪ حينما اكْتُفِىَ بجمع عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد.

ومن التعديلات الأخرى التى أدخلت على معادلة حساب الساعات الحرارية، ما يلى:

١– عند انخفاض درجة الحرارة بشدة لفترة قصيرة (ولتكن ثلاث ساعات) ليلاً اقترح

للذرة السكرية المعادلة التالية: عدد الأيام الحرارية = [(الحرارة الصغرى + الحرارة العظمى لفترة ٣ ساعات)/٢] – ١٠°م، مع اعتبار الحرارة المثلى ٣٠°م.

٢– أخذت درجة حرارة التربة – وليست درجة حرارة الهواء – فى الحسبان عند حساب عدد الساعات الحرارية من الزراعة حتى إنبات البذور فى الذرة السكرية (عن Lass وآخرين ١٩٩٣).

٣– فضَل بعض الباحثين ضرب الوحدات الحرارية المتجمعة يوميًّا فى طول الفترة الضوئية، وكان هذا النظام مناسبًا لكل من الخس والبسلة.

بديل مبسط لنظام الوحدات الحرارية

فى غياب البيانات اللازمة عن الاحتياجات الحرارية للمحصول وسجلات الأرصاد الجوية للمنطقة، فإنه يمكن عمل تخطيط أولى لمواعيد الزراعات المتتابعة؛ وذلك بتكرار الزراعة عندما تصل نباتات الزراعة السابقة إلى مرحلة نمو الورقة الحقيقية الأولى. ويكون ذلك – عادة – فى غضون أسبوع من الإنبات وظهور البادرات فوق سطح التربة. ويوضح جدول (١٢–٥) عدد الأيام من الزراعة للإنبات فى محاصيل الخضر المختلفة فى الظروف المناسبة للإنبات.

جدول (١٢–٥): عدد الأيام من الزراعة إلى الإنبات فى محاصيل الخضر المختلفة تحت الظروف المناسبة للإنبات

المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات	المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات
الأسبرجس	١٥	القاوون	٧
الفاصوليا العادية	٦	المسترد	٩
فاصوليا الليما	٧	البامية	١٠
البنجر	٩	البصل	١٠
البروكولى	١٠	البقدونس	٢١
كرنب بروكسل	١٠	الجزر الأبيض	١٨

تابع جدول (١٢-٥).

المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات	المحصول	عدد الأيام حتى الإنبات
الكرنب	١٠	البسلة	٨
الكرنب الصينى	٩	الفلفل	١٠
الجزر	٨	القرع العسلى	١٠
القنبيط	١٠	الفجل	٦
الشيكوريا	١٢	الروبارب	١٠
الكولارد	١٠	الروتاباجا	٩
السيلارياك	٢١	السبانخ	٨
الكرفس	٢١	قرع الكوسة	٧
الخيار	٧	قرع الشتاء	٩
الباذنجان	١٠	الذرة السكرية	٧
الهندباء	١٠	الطماطم	٨
الكيل	١٠	اللفت	٧
كرنب أبو ركبة	١٢	البطيخ	٨
الخس	٧		

ولمزيد من التفاصيل حول التخطيط لزراعات الخضر المتتابعة والتنبؤ بمواعيد حصادها .. يراجع Wurr وآخرين (٢٠٠٢).