

果樹の開花に必要な低温積算時間を簡便に把握できる Web アプリの開発

農研機構果樹茶業研究部門
果樹生産研究領域
杉浦 裕義

はじめに

生物のライフサイクルにおいて、生長が一時的に休止するような現象またはその期間を「休眠」と呼ぶことがある。ブドウやニホンナシなどの落葉果樹においても、落葉後から萌芽まで樹の生長が停止しているように見えるため、落葉果樹は休眠すると言える。冬季の凍結するような低温、または低温に起因する根の吸水制限による乾燥から樹が身を守るため休眠すると考えられている。特に、果樹栽培あるいは果樹園芸学で断わりなく休眠といえば、生長の起点となる芽の休眠のことを指す場合がほとんどである。芽は春から夏に形態を形成した後、ある段階まで生長するが、落葉する前頃には生長を停止し、すなわち休眠し、翌春に萌芽するまで休眠は続く。しかし、芽は休眠中でも生理的には大きく変動しており、「前休眠」、「自発休眠」、「他発休眠」の順に、生理反応がまったく異なる3つの発育相に分類される(図-1上)。

果樹栽培では、露地栽培の他に、出荷時期の拡大、気象災害の防止および適期の管理作業を目的に果樹を施設内で栽培する施設栽培が普及している。施設栽培のうち、加温により収穫期をより前進させる加温栽培においては、この休眠特性に基づき加温施設への保温資材の被覆、加温の開始時期などを考慮して栽培管理することが重要である。そこで今回は果樹の休眠特性について解説し、次に加温栽培に必要な情報である低温積算時間を簡易に取得できるシステムを開発したので紹介する。

休眠期の3つの発育相

1. 前休眠

ニホンナシや落葉樹であるサクラでは、まだ葉が青々としている初秋において台風などの強風により強制的に除葉されると、不時開花(返り咲き)することがある(図-1下、図-2)。この

ことは芽が初秋に萌芽、開花できる状態まで分化、生長していることを示す。しかし通常萌芽・開花しないのは、葉が萌芽・開花を抑制しているためと考えられている。また頂芽による側芽の生長抑制も頂芽優勢として知られている。このように他の器官の存在により萌芽が抑制されている状態を、休眠(後述の狭義の休眠)の前ということで「前休眠」、または「条件的休眠」、「夏休眠」ともいう。

2. 自発休眠

落葉期の少し前になると、摘葉し加温施設などで樹を生育適温に加温処理しても萌芽・開花率が徐々に低下してゆき、その後は加温してもまったく萌芽・開花しなくなる時期となる(図-1下)。このように気温などの環境条件が生長に適していても、萌芽・開花しない(しにくい)状態が「自発休眠」である。自発休眠は芽自身の内生的な抑制によって生長を停止しているので、「内生休眠」あるいは「生理休眠」とも

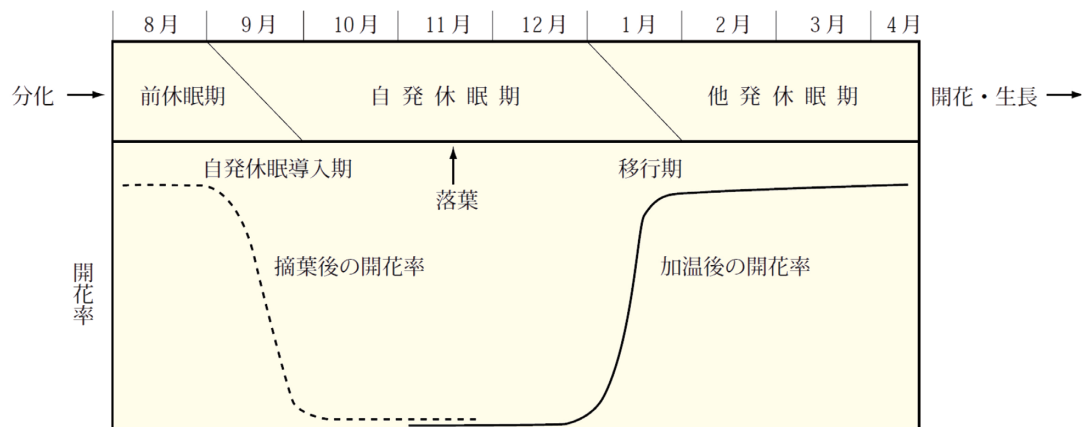


図-1 果樹の休眠期における芽の発育相(上側)と開花率の変化(下側)(杉浦, 2002)



図-2 台風の強風により落葉したニホンナシの不時開花および展葉

	品 種	低温要求時間 (hr)
オ ウ ト ウ	佐 藤 錦	1,450
モ モ	白 鳳	900
ニホンナシ	幸 水	750
カ キ	刀根早生	700
ブ ド	巨 峰	400

表-1 落葉果樹における低温要求時間 (杉浦, 2002)

いわれる。単に休眠といえば自発休眠のみを指す場合もある。自発休眠期では、芽は生長を停止しているが、6℃のような低温に反応し、ある一定量の低温を経験すると自発休眠を終了し(これを自発休眠覚醒または自発休眠打破と呼ぶ)、他発休眠へ移行する。しかし、実際には自発休眠していた芽がある日を境に他発休眠に完全に切り替わるわけではない。図-1の「移行期」で示す自発休眠から他発休眠へ発育相が変化する過程において、加温後の萌芽・開花率は、この期間中の低温時間が長くなるほど徐々に上昇していく(図-1下)。また芽が加温すれば十分に萌芽・開花するような状態になってもさらに低温を経験する時間が長いと、加温してから萌芽・開花するまでの所要時間がより短時間となる。このため、早期に萌芽・開花させようと加温をむやみに早めるより、むしろより長い期間の低温を経験させた後に加温した方が萌芽・開花が早く、そのそろいも良くなるので、適期に加温を開始することは加温燃料の低減に有効である。

3. 他発休眠

「他発休眠」は生理的には芽が生長可能な状態にあるが、生長に不適な低温により芽の生長が停止させられてい

る状態であるため、「強制休眠」とか「環境休眠」ともいわれる。自発休眠覚醒後からその後に続く他発休眠中は一般に厳冬期であり、低温のため芽は萌芽・開花できない。晩冬から初春へと気温の上昇に従って、芽は生長を再開し、萌芽・開花する。言い換えれば、芽は他発休眠になっていれば、たとえ厳冬期でも生長できる適温に管理すれば萌芽・開花できるので(図-1下)、加温により露地栽培より作期を前進させる促成栽培は果樹でも普及しており、季節の先取りによる高単価販売や作業労力の分散に役立っている。

自発休眠覚醒に必要な低温要求時間

芽が自発休眠覚醒するにはある一定量の低温を経験する必要があるとしたが、これを自発休眠覚醒に必要な低温要求量という。低温要求量の表し方はいろいろあるが、最も利用されている指標に「低温要求時間」がある。自発休眠覚醒に有効な低温を7.2℃以下、これより高温を無効と仮定し、この温度以下となった時間を積算したものを低温積算時間または低温遭遇時間としている。低温積算時間が何時間以上になると自発休眠覚醒するか実験的にま

たは経験的に取得した値が低温要求時間である。この低温要求時間は絶対的なものでなく、同じ樹種、あるいは同じ品種でも文献などによって値が異なることが知られているが、主要品種毎の低温要求時間として一応の目安が示されている(表-1)。低温要求時間が異なる理由として、

- ・ 自発休眠覚醒を判断するために低温処理後に加温する温度が任意の状況でかつ、任意の加温期間における任意の萌芽・開花率を用いるなど自発休眠覚醒の判断の条件に統一的なものがないこと
- ・ 7.2℃を境に7.2℃以下の温度が自発休眠覚醒に一律に同じ効果を持たない、すなわち温度の高低によって自発休眠覚醒に寄与する効果が異なること

に起因することがわかっている。それでも地域や樹種毎の作型の実情に合わせて低温要求時間を決め、栽培管理に利用している。特に年明け早々に加温を開始するような作型の場合は、年によって低温積算時間が大きく異なるので注意が必要である。また低温要求時間を満たさないような時期に加温しても萌芽・開花率を向上させるシアナミドを主成分とした植物成長調整剤が実用化され、安定生産に寄与している。

農研機構

果樹アプリメニュー



果樹アプリは、[農研機構メッシュ農業気象データ](#)と生育予測モデル等を利用して、生産者や普及機関の栽培管理等を支援するシステムです。果樹アプリは試供版のため、無料公開しています。

果樹アプリから取得したデータの取り扱い（暫定版）は[こちら](#)です。

利用には、ユーザ登録が必要です。初めての方は[ユーザ登録](#)してください。

図-3 「果樹の低温積算時間表示システム」のトップページ



図-4 「果樹の低温積算時間表示システム」ログイン後のメニュー画面

低温積算時間に基づく栽培管理

加温により露地栽培より作期を前進させる促成栽培、特により早期に加温する場合において、保温資材の被覆・加温のタイミングを間違えると萌芽・開花の不良や不揃い、萌芽・開花するまでの加温期間が長くなるなど弊害が生じることが知られている。自発休眠

覚醒は外見からは判断できないため、低温要求時間を基に低温積算時間がどの程度充足しているか把握し、栽培管理することは重要である。

これまで、公設試験研究機関や地域の普及機関などは、独自に観測する気温や最寄りのアメダスの気温のデータを利用して、各々低温積算時間を計算してきたが、近くに観測地点やアメダスがない園地では、離れた地点の低温積算時間を参考にするしかなく、傾斜

地に多い果樹園では、たとえ観測地点に近くても標高により気温が異なることから低温積算時間にずれが生じてきた。また各自で気温を測定して低温積算時間を計算しようにも、気温の測定そのものや計算自体も煩雑である。

一方、農研機構が運用するメッシュ農業気象データシステムは、約1 km四方の大きさの領域を単位に気温などの気象データの過去値および予測値を配信しており、より細かい範囲の気象



図-5 「地点の低温積算時間の実況と予測」の設定画面



図-6 「地点の低温積算時間の実況と予測」の計算結果表示画面の一例

データが利用できるようになったが、各自でこの気象データを取り扱うのはある程度専門の知識を有する必要がある。そこで、メッシュ農業気象データシステムの気温データを参照して、煩わしいデータ処理作業なしに、スマートフォンやPCなどの端末で誰でも低温積算時間を手軽に確認できる「果樹の低温積算時間表示システム」を開発した。

果樹の低温積算時間表示システム

本システムは、スマートフォンやPCなどに搭載されているWebブラウザ（Google Chrome, Safari, Microsoft Edge など）を利用して、以下の情報が取得できる。

- ・低温積算時間の実況を知りたい地点と起算日を指定すると、この地点の低温積算時間毎の到達日と到達予測日を表示
- ・都道府県と日付を指定すると、低温積算時間のヒートマップを都道府県毎に表示

本システムのトップページのURLは <https://fruitforecast.jp/> である（図-3）。利用には、ユーザ登録が必要だ

が、現在は無料で利用できる。次に操作方法を示しながらシステムの詳細を紹介する。なお操作マニュアルは本システムからダウンロードできる。ユーザ登録が完了していると、2種類のメニューが表示される（図-4）。

地点の低温積算時間の実況と予測

- ・画面上の地図（図-5）から低温積算時間を知りたい任意の地点を選んで「計算実行」をタップすると、低温積算時間が計算され、画面中央に低温積算時間現在値が表示される（図-6中央）。
- ・2月末日まで200時間毎の低温積算時間の到達日（青字）と到達予測日（赤字）が画面右側に表形式で表示される（図-6右側）。
- ・GPS機能があるスマホなどでは現在位置を指定できる（図-5の「現在位置」をタップ、利用する端末で設定が必要）。
- ・低温積算時間を計算する基準温度は変更できる（図-5、初期設定は7.2℃）。
- ・低温積算時間を計算する起算日は10月～2月の範囲できる（図-5、初期設定は当年度の10月1日）。

低温積算時間の実況地図

- ・画面上の選択項目（図-7）から、1) 都道府県、2) 年度および3) 日付を選択して、「ダウンロード」をタップすると、都道府県単位でヒートマップ化された低温積算時間の実況地図が表示される（図-8）。
- ・年は2019年度以降で選択できる（図-7）。
- ・日付は10月～2月で1週間毎に選択できる（図-7）。
- ・実況地図はPNGファイル形式で、ウェブブラウザの操作で端末に保存できる。

おわりに

本システムは、気象の過去データだけでなく予測データも活用して、低温積算時間の現況を確認しつつ、いつ目標とする低温積算時間に到達するか把握できる。近年の気候変動下における果樹の安定生産のため、本システムのような生育予測の情報をうまく利用して適期に栽培管理することがますます重要となっている。

本システムへの登録者数は本年4月に約1300名となり、昨年度のアク

1) 都道府県を選択してください。

都道府県...

2) 年度を選択してください(2019年～)。

年度...

3) 日付を選択してください。

日付...

ダウンロード

図-7 「低温積算時間の実況地図」の設定画面

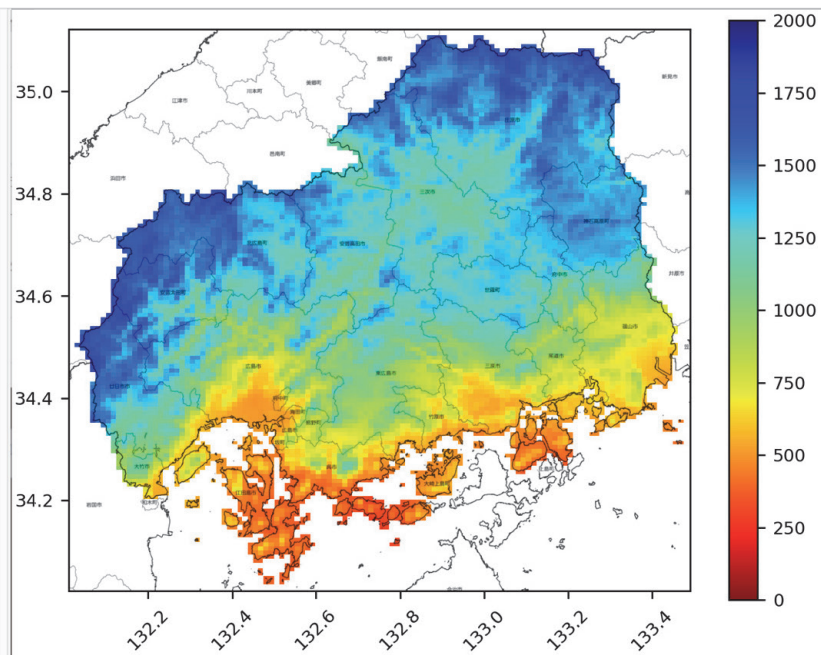


図-8 広島県における2021年10月1日～2022年1月10日の低温積算時間の現況マップ
縦軸は緯度（度），横軸は経度（度），図横のカラーバーは7.2℃以下の低温積算時間（時間）

セス数の合計は約 6900 件となった。登録者から個別の要望の連絡を受けており、今後のシステム改良・開発に反映の予定である。なお本システムは民間のベンダー等への移転に向け準備を進めているが、試供版のため今年度末まで利用できるものとしている。

引用文献

- 大野宏之ら 2016. 実況値と数値予報，平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成．生物と気象 16, 71 - 79.
- 果樹研究所 2005. 平成 16 年台風による果樹被害の調査報告書．
- 富山政之 2017. シアナミド利用の基礎．農業技術体系果樹編 2, 追録第 32 号 196 の 6 - 196 の 9.
- 杉浦裕義・稲富素子 2023. リアルタイムに

低温積算時間の実況と予測値を表示．農研機構プレスリリース〈https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nifts/156549.html〉

杉浦俊彦 2002. 落葉果樹の休眠と低温要求性．農業技術体系果樹編．8, 追録第 17 号 50 の 2 - 50 の 7 の 4.

JH Weinberger 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proceedings. American Society for Horticultural. 56, 122 -128.