

# カキ ‘ 刀根早生'の自発休眠覚醒モデルによる自発休眠覚醒期および早期加温栽培における発芽期の推定

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	杉村,輝彦 浦崎,孝行 今川,順一 脇坂,勝
発行元	園芸学会
巻/号	5巻1号
掲載ページ	p. 45-49
発行年月	2006年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# カキ ‘刀根早生’ の自発休眠覚醒モデルによる自発休眠覚醒期および早期加温栽培における発芽期の推定

杉村輝彦\*・浦崎孝行<sup>a</sup>・今川順一・脇坂 勝

奈良県農業技術センター果樹振興センター 637-0105 奈良県五條市西吉野町湯塩 1345

## Estimation of Endodormancy Completion Stage and Bud Burst Stage in Forced Culture of Japanese Persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) ‘Tonewase’ by Developmental Rate Model

Teruhiko Sugimura\*, Takayuki Urasaki<sup>a</sup>, Junichi Imagawa and Masaru Wakisaka

Nara Fruit Tree Research Center, Gojo, Nara 637-0105

### Summary

We developed a Developmental Rate Model (DVR model) of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.), which was estimated by bud burst rate of cuttings chilled at constant temperatures (0, 5, 8, 11 and 18°C). Temperatures at 5–8°C were considered most effective for breaking bud endodormancy in ‘Tonewase’. Based on this model, the endodormancy completion stage of ‘Tonewase’ was assumed to be December 19–30 in Nara. Bud burst in forced culture, heated with the minimal air temperature in a greenhouse maintained above 15–18°C, can be estimated by the Developmental Index (DVI) at heating start time for bud burst. The DVR model was verified by comparison between estimated and observed bud burst stage in forced culture.

**Key Words** : bud burst rate, cuttings, Developmental Index, temperature

キーワード : 発芽率, 発育指数, 切り枝, 温度

### 緒言

奈良県では五條市および下市町などでカキ ‘刀根早生’ の加温栽培が約 16 ha で行われている。加温栽培は 12 月下旬に加温を開始し、6 月下旬から収穫を開始する早期加温栽培と、1 月下旬に加温を開始して 8 月中旬から収穫する普通加温栽培に大別される。生産現場で行われている温度管理は、いずれの作型でも最低温度 8°C で加温し始め、7～10 日おきに 2°C ずつ昇温するが、加温開始時期および温度管理ともに科学的な根拠に乏しい。特に、早期加温栽培では暦日で加温開始を決定しているため、加温開始が早いと自発休眠覚醒が不十分で、発芽まで長い日数を要する。一方、年次ごとに変動する自発休眠覚醒期を推定する方法がないため、加温開始時期の根拠となる目安がなく、重油の浪費につながる可能性が高い。

従来、果樹の自発休眠覚醒期は 7.2°C 以下の低温要求量で推定されることが多かったが (Weinberger, 1950)、近年温

度の重み付けを行うチルユニット (Richardson ら, 1974) や、発育速度 (DVR) モデル (杉浦・本條, 1997) の概念が浸透しつつある。カキでは夏季以降自発休眠に入り、11 月下旬～1 月中旬に覚醒することは明らかとなっているが、その時期は品種、年次および地域などにより大きく変動し (原田, 1974; Iwasaki・Mizuta, 2002; Kang ら, 1998; 北野ら, 1987)、的確に推定する方法は示されてこなかった。そのなかで、カキ ‘前川次郎’ では、杉浦・本條 (1997) の DVR モデルを参考にして自発休眠覚醒モデルが作成され、年次ごとの自発休眠覚醒期の推定が可能となったが (中村, 2001) ‘刀根早生’ には適合しない可能性が高い。‘刀根早生’ において低コストで効率的な加温方法を開発するためには、自発休眠覚醒期に基づく加温開始時期の設定と自発休眠覚醒程度に応じた温度管理法を構築する必要がある。そこで、自発休眠覚醒モデル (以下、DVR モデル) を作成し、これにより自発休眠覚醒期を推定するとともに、早期加温栽培の発芽期の推定における DVR モデルの適合性を検証した。

### 材料および方法

#### 1. DVR モデルの作成と自発休眠覚醒期の推定

##### 1) 切り枝に対する温度処理による発芽率の調査

奈良県果樹振興センター (五條市西吉野町湯塩) 内の普通加温ハウスに植栽されている 11 年生 ‘刀根早生’ から、

2005 年 6 月 3 日 受付. 2005 年 9 月 8 日 受理.

本研究の一部は園芸学会平成 16 年度春季大会で発表した。

本研究は独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構運営交付金プロジェクト研究「画期的園芸作物新品種創出による超省力栽培技術の開発」により行った。

\* Corresponding author. E-mail: sugimura@naranougi.jp

<sup>a</sup> 現在 : 奈良県南部農林振興事務所 農業普及課

2002年10月9日に長さ15～25cmの1年生枝を採取し、葉はすべて除去した。切り枝は切り口を水分保持した不織布でくるんで、乾燥を防ぐためにポリ袋に入れた。切り枝はそれぞれの温度に設定した暗黒下の恒温器または冷蔵庫内に搬入し、温度処理を行った。温度は0、5、8および11℃とし、各温度とも精度は±1℃以内になるように調整した。温度処理時間は720、960、1200および1440時間とした。切り枝は各区とも10本ずつ供試し、処理終了後、先端の3芽を残して他の芽は除去し、水揚げをよくするため、基部を水中で切った（以下、水切りと呼ぶ）。切り枝は水を入れた200mLの培養瓶に挿し、暗黒で25℃に設定した恒温器内で加温して発芽を促し、加温開始から5日ごとに50日間発芽の有無について調査した。なお、芽の長さが加温開始時の約2倍以上になった時点で発芽とみなした。また、水揚げをよくするために10日おきに水切りした。

15℃については2002年では前述の試験と同時にやったが、処理時間1680時間も併せて検討した。反復試験として、2003年9月30日に同ハウスから採取した切り枝5本ずつに対して700、1420、1660、1920、2120および2380時間処理した。さらに、2004年9月28日には切り枝10本ずつを1440、1680、1920、2160および2400時間処理した。温度処理後、切り枝は24℃に設定した恒温器（24時間日長、照度約500lx）内に移して加温し、発芽を促した。調査方法については前述に準じた。

18℃については、2004年の15℃の試験と同じ処理時間および方法で試験を行った。なお、各温度とも精度は±1℃以内になるように設定した。

## 2) DVRモデルの作成

杉浦・本條（1997）によれば、発育速度（DVR）は特定の温度に1時間遭遇したときの自発休眠覚醒に向かって進む量と規定され、自発休眠覚醒までに必要な所要時間の逆数で計算される。本試験では、中村（2001）の方法に準じて、温度処理後、25℃での加温25日後に発芽率が50%に到達する場合に自発休眠が覚醒した定義した。1)の発芽率の調査から、各温度において、この条件を満たす最短の所要時間を調査し、その逆数をDVRとした。各温度におけるDVRをプロットした各点の間を一次直線方程式で補完し、DVRモデルとした。

## 3) DVIの算出と自発休眠覚醒期の推定

DVRの積算値は発育指数（DVI）と呼び、その値が1となった日が自発休眠覚醒期と定義される（杉浦・本條、1997）。DVIの算出に当たり、まず、2001～2004年の各年の9～12月にかけて、センター内に設置された気象観測装置（標高約250m）により得られた1時間おきの露地の気温のうち、18℃未満の気温（0.1～17.9℃）を調査した。つぎに、9月以降に最低気温が18℃未満となる日を起算日として、前述の一次直線方程式（DVRモデル）に上記の18℃未満の気温を入力して1時間ごとのDVRを算出し、DVRの積算値（DVI）が1となる日を自発休眠覚醒期の推

定日とした。

## 2. 加温開始時のDVIと発芽までの日数との関係

### 1) 切り枝の採取および調整

2003年～2005年にかけて9月上旬からは概ね1か月おき、11月下旬～1月下旬までは概ね10日おきに、同ハウス内から1年生枝を7～25本採取した。9月～落葉期（11月20日頃）までに採取した枝については、葉を全て除去して20～25cm程度に調整し、先端3芽を残してその他の芽は除去した。これらの切り枝は、乾燥を防ぐために12月上旬まではポリ袋に入れて湿度を保持し、水揚げを良くするために発芽前は1か月おき、発芽直前からは5～10日おきに水切りした。

### 2) 加温開始時のDVIの算出

ハウス内の気温は、電動ファンを取り付けた筒を地上約170cmに設置し、筒の中央部に温度データロガー（ティアンドディ社製 おんどとり Jr.）のセンサーを配置して通風温を測定した。9月以降に最低気温が18℃未満となる日を起算日として、1時間ごとの気温をDVRモデルに入力して加温開始時のDVIを算出した。

### 3) 発芽促進のための加温温度

加温は8℃（暗黒）、11℃（24時間日長、照度約500lx）、15℃（24時間日長、照度約3000lx）、18℃（暗黒）および24℃（24時間日長、照度約500lx）とした。各温度とも精度は±1℃以内になるように調整し、恒温器内に水を入れた培養瓶に切り枝を挿した状態で加温し、発芽を促した。3～10日おきに発芽の有無を調査して、発芽率が50%を超えるのに要した日数（以下、発芽までの日数）と、加温開始時のDVIとの関係を調査した。

## 3. 早期加温栽培の発芽期推定におけるDVRモデルの適合性の検証

### 1) 早期加温栽培における発芽期の調査

収穫年次が2001年では面積2.5aの4連棟アーチ型ハウス内の盃状形、8年生の‘刀根早生’を供試した。2002および2003年では、面積5aでアーチ型ハウス内の200～315Lの根域制限を行った7～8年生主幹形樹を供試した。2004～2005年では面積1.4aの単棟アーチ型ハウス内の4～5年生で、地上0.9mに幅1.1mのテーブル面に誘引した低面ネット栽培樹を供試した。いずれも12月24日～1月8日加温開始の早期加温栽培とし、2001年については最低気温18℃、2002～2005年については15℃になるように暖房機の設定を調整して加温し、最高気温は30℃以上にならないように自動換気を行った。発芽期は結果母枝先端の2～3芽が樹全体の20～30%緑色を帯びた日とした。

### 2) 加温開始時のDVIの算出

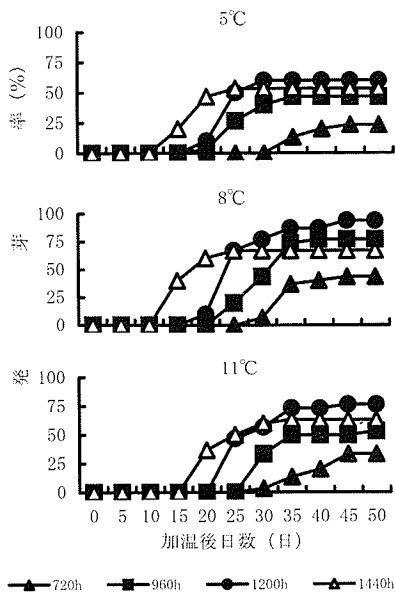
加温開始時のDVIは、2001年および2005年ではハウス内に設置した温度データロガーによる気温、2002年～2004年ではセンター内に設置された気象観測装置による露地の気温により1.の3)と同様にして算出した。加温開始時のDVIと2.に記した実験からの結果を用いて発芽期を推定

し、観測値との比較から DVR モデルの適合性を検証した。

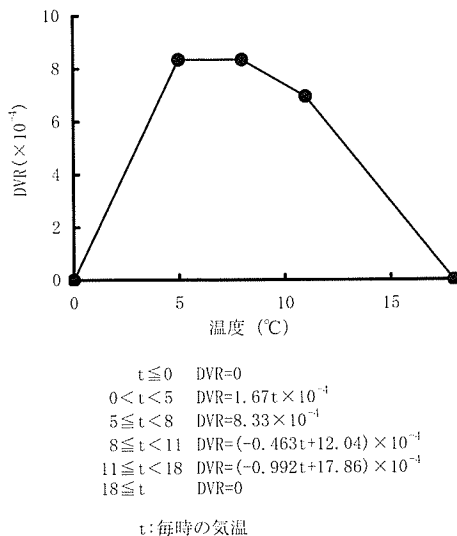
## 結果

### 1. DVR モデルの作成と自発休眠覚醒期の推定

25°Cで加温 25 日後に発芽率が 50%に到達するための最短の所要時間は、5°Cおよび8°Cでは1200時間となり、5~8°Cの温度が自発休眠覚醒に最も有効であった(第1図)。同様に11°Cでは1440時間であったことから、DVRは5°Cおよび8°Cでは $8.33 \times 10^{-4}$  (=1/1200)、11°Cでは $6.94 \times 10^{-4}$  (=1/1440)とした。0°Cの720~1440時間処理と18°Cの1440~2400時間処理は、25°Cあるいは24°C一定の加温で50日間発芽は認められなかったため(データ省略)、DVR



第1図 カキ‘刀根早生’の切り枝の発芽に及ぼす温度および遭遇時間の影響



第2図 カキ‘刀根早生’の自発休眠覚醒モデル(DVRモデル)

は0とし、各点を直線で結んで DVR モデルとした(第2図)。なお、15°Cでは2002年の試験において1680時間処理で発芽率が50%を超えたが、2003~2004年の反復試験では2400時間処理でも超えなかったため(データ省略)、プロットせずに、11°Cと18°CのDVRを直線で結んだ(第2図)。DVIが1となった日を自発休眠覚醒期とすると、センターでは2001年~2004年には12月19~30日と推定された(第1表)。

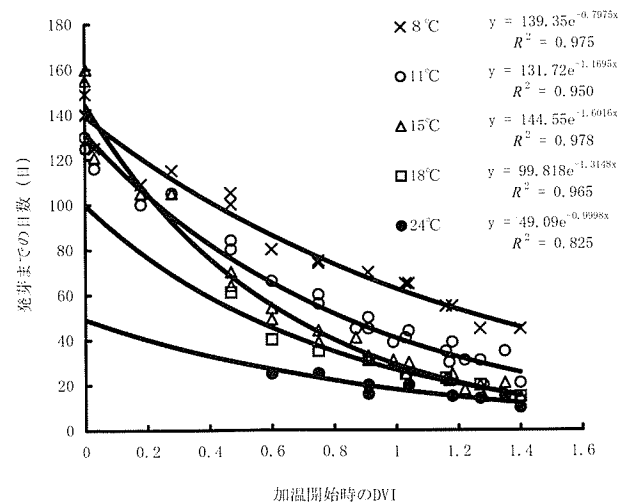
### 2. 加温開始時のDVIと発芽までの日数との関係

加温温度および加温開始時のDVIと発芽までの日数との関係を第3図に示した。9月上旬~1月下旬まで定期的に枝を採取した場合、加温開始時のDVIは0~1.4となった。これらの切り枝を加温した結果、発芽までの日数(発芽率が50%を超えるのに要した日数)は、加温温度が8°Cでは149日から45日、11°Cでは130日から21日、15°Cでは160日から15日へと、加温開始時のDVIが大きくなるに応じて短縮した。18°Cでは11月上旬までは発芽率が50%を超えなかったが、11月下旬以降、発芽までの日数は61日から15日に短縮した。24°Cでは11月下旬までは発芽率が50%を超えなかったが、12月上旬以降、発芽までの日数は25日から10日へ短縮した。加温開始時のDVIと発芽までの日数との関係は、各加温温度とも指数関数式でよく近似できた。

第1表 カキ‘刀根早生’の自発休眠覚醒期(推定)

	年次			
	2001	2002	2003	2004
自発休眠覚醒期 <sup>2)</sup>	12月22日	12月19日	12月27日	12月30日

<sup>2)</sup>9月以降に最低気温が18°C未満となる日を起算日として、DVRモデルに露地の1時間おきの気温を入力し、算出したDVRの総和が1となった日



第3図 カキ‘刀根早生’における加温温度および加温開始時のDVIと発芽までの日数との関係

第2表 カキ‘刀根早生’の早期加温栽培概要および発芽期の推定

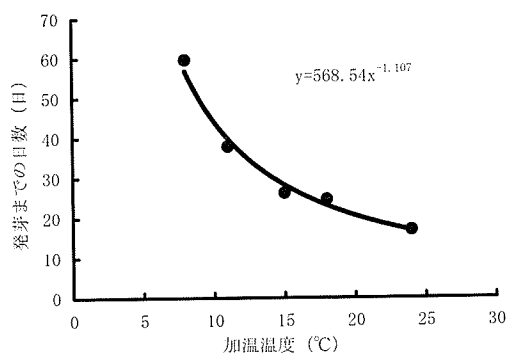
収穫年次	加温方法				加温開始から発芽期までの平均気温 (°C)	発芽期		近似式	R <sup>2</sup>
	加温開始日	加温開始時の DVI <sup>z</sup>	最低気温 (°C)	最高気温 (°C)		観測	推定 <sup>y</sup>		
2001	12/27	0.950	18	30	18.1	1/20	1/23	Ed <sup>x</sup> =584.87t <sup>-1.067</sup>	0.987
2002	12/27	1.065	15	30	16.8	1/21	1/21	Ed=568.54t <sup>-1.107</sup>	0.987
2003	12/25	1.107	15	30	17.0	1/16	1/17	Ed=581.57t <sup>-1.136</sup>	0.985
2004	1/8	1.180	15	30	16.8	1/31	1/30	Ed=533.01t <sup>-1.137</sup>	0.974
2005	12/24	0.875	15	30	16.3	1/26	1/24	Ed=633.86t <sup>-1.066</sup>	0.981

<sup>z</sup> 2001年および2005年はハウス内の気温により、2002年～2004年は露地の気温より算出した

<sup>y</sup> 加温開始日に発芽率が50%を超えるのに要する推定所要日数 (Ed) を加えた日

この場合、推定所要日数は加温開始から発芽期までの平均気温を近似式に入力して算出した

<sup>x</sup> 各加温温度 (t) において発芽率50%を超えるのに要する日数の推定値



第4図 カキ‘刀根早生’の加温開始時のDVIが1.065のときの加温温度と発芽までの日数との関係

### 3. 早期加温栽培の発芽期推定におけるDVRモデルの適合性の検証

第3図の近似式を用いて、早期加温栽培の加温開始時のDVIにおける各加温温度での発芽までの日数を算出し、加温温度と発芽までの日数との関係を2001～2005年にわたり解析した。1例として、加温開始時のDVIが1.065であった2002年の結果を第4図に示した。図中の近似式は加温温度から発芽までの日数を推定する式であり、同様な近似式をそれぞれの年次について求めた(第2表)。ただし、各年次の早期加温栽培における平均気温は最低気温よりも0.1～2.0°C高かったが(第2表)、上記の近似式を用いて加温開始から発芽期までの所要日数を推定する際、この平均気温一定で加温したと仮定し、近似式の加温温度には平均気温を用いた。この推定所要日数を加温開始日に加算した日を推定発芽期とすると、最低気温15°Cあるいは18°Cで加温した場合の観測された発芽期との相違は3日以内となり、高い精度で推定でき、DVRモデルの適合性が確認された(第2表)。

## 考 察

カキの自発休眠覚醒に有効な温度については、中村(2001)が‘前川次郎’のDVRモデルを作成するなかで、3～15°Cが有効で、特に6～9°Cが最も有効であり、0°C

および18°Cは無効であったとしている。本試験においても有効な温度帯については概ね同様の結果となったが、自発休眠覚醒に必要な時間は本試験の方が長くなった。これは品種間差異も考えられるが、本試験の方が切り枝の採取時期が約3週間早く、枝採取までの18°C未満の温度の遭遇時間が短いため、自発休眠覚醒までに必要な時間数が増加したと推察される。

カキ‘刀根早生’の自発休眠覚醒は11月下旬に始まり(Iwasaki・Mizuta, 2002)、和歌山県ではRichardsonら(1974)のチルユニットを適用して、1月中旬を自発休眠覚醒期としているが(北野ら, 1987)、適合性は不明であり、年次ごとの自発休眠覚醒期は的確に判断しにくい。そこで、カキ‘刀根早生’のDVRモデルを作成し、自発休眠覚醒期を推定した結果、奈良県における自発休眠覚醒期は12月19～30日と推測され、年次により最大11日の差があった。本県の生産現場における早期加温栽培は12月20日頃から加温開始されるが、年次によっては加温開始時に自発休眠覚醒が不十分であることが示された。加温開始は自発休眠覚醒後に行う方が発芽までの期間がより短縮されると考えられる。したがって、本結果に基づくことにより、年次ごとに変動する自発休眠覚醒期に対応した加温開始時期の設定が可能となり、重油消費量の節減による低コスト化が図れると考えられる。ただし、ニホンナシでは21～24°Cの高温が低温積算を打ち消すと報告されており(杉浦ら, 2003)、カキについてもより精度の高い推定を行うためには、高温による低温積算打ち消し効果について検討が必要である。

加温温度、加温開始時のDVIおよび発芽までの日数との関係から、切り枝ではDVRモデルの高い適合性が確認されたが、切り枝による自発休眠覚醒期は地植え樹よりも早いことが指摘されている(中村, 2001; 杉浦・本條, 1997)。そこで、切り枝で作成したDVRモデルの地植え樹への適用を検討するため、最低温度15°Cあるいは18°C一定で加温した早期加温栽培樹の発芽期の推定を試みた。その結果、加温開始時のDVIが0.875～1.180と大きく変動しているにも関わらず発芽期は高い精度で推定できたことから、今回作成したDVRモデルは地植え樹へも適用できる可能性

が示唆された。

以上のように、カキ‘刀根早生’のDVRモデルの適合性は確認され、加温開始の目安とできることが示唆された。しかし、生産現場では8°Cから7~10日おきに2°Cずつ温度を上げていく加温方法であり、今回のように最低気温15~18°C一定での加温は行われていない。今後、生産現場で利用可能な発芽期や開花期の予測法と低コスト型の温度管理法の開発について検討を要する。

### 摘 要

カキ‘刀根早生’の切り枝を用いて自発休眠覚醒モデル(DVRモデル)を作成した。自発休眠覚醒には5~8°Cの温度が最も有効であった。奈良県における自発休眠覚醒期は12月下旬ごろと推定された。加温開始時のDVIと切り枝の発芽率が50%を超えるまでの日数との関係から、最低気温を15~18°C一定で加温した早期加温栽培における発芽期が高い精度で推定でき、モデルの適合性が確認された。

**謝 辞** 本論文を作成するにあたり、ご多忙中にもかかわらず、ご校閲を賜りました(独)農業・生物系特定産業技術研究機構本部の杉浦俊彦博士に厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

原田 久. 1974. カキ腋芽の休眠と耐凍性. 園学要旨. 昭59秋: 148-149.  
Iwasaki, N. and T. Mizuta. 2002. Varietal differences in tree

growth, net CO<sub>2</sub> assimilation and endodormancy of Japanese persimmon cultivars grown in a warm climate. Environ. Control in Biol. 40: 277-283.

Kang, S. K., H. Motosugi, K. Yonemori and A. Sugiura. 1998. Cold hardness of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) buds in relation to dormancy release and temperature conditioning. 園学雑. 67: 153-160.

北野欣信・前阪和夫・山下重良・小川正毅. 1987. 落葉果樹の施設栽培技術開発(第1報)カキの自発休眠完了期と休眠打破について. 園学要旨. 昭62秋: 146-147.  
中村友之. 2001. カキ‘前川次郎’の自発休眠覚醒と温度の関係およびモデルの作成. 静岡県柑試験報. 31: 21-24.

Richardson, E. A., S. D. Seeley and D. R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Elberta’ peach trees. HortScience 9: 331-332.

杉浦俊彦・本條 均. 1997. ニホンナシの自発休眠覚醒と温度の関係解明およびそのモデル化. 農業気象. 53: 285-290.

杉浦俊彦・伊藤大雄・黒田治之・本條 均. 2003. ニホンナシ混合芽の自発休眠覚醒を抑制する温度条件について. 農業気象. 59: 43-49.

Weinberger, J. H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56: 122-128.