ニホンナシ ‘ゴールド二十世紀’ の芽の自発休眠は低温によって導入される

竹村圭弘¹・須藤幸子²・池田隆政³・松本和浩⁴・田村文男^{2*}

¹ 鳥取大学大学院連合農学研究科 680-8553 鳥取市湖山町南

² 鳥取大学農学部 680-8553 鳥取市湖山町南

³ 鳥取県農林総合研究所園芸試験場 689-2221 鳥取県東伯郡北栄町由良宿

⁴ 弘前大学農学生命科学部附属生物共生教育研究センター藤崎農場 038-3802 青森県南津軽郡藤崎町藤崎字下袋

Chilling Induces Bud Endodormancy in Japanese Pear ‘Gold Nijisseiki’

Yoshihiro Takemura¹, Sachiko Sudo², Takamasa Ikeda³, Kazuhiro Matsumoto⁴ and Fumio Tamura^{2*}

¹The United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, Koyama, Tottori 680-8553

²Faculty of Agriculture, Tottori University, Koyama, Tottori 680-8553

³Tottori Prefectural Agriculture and forest Research Institute, Horticultural Experiment Center, Hokuei, Tottori 689-2221

⁴Fujisaki Farm, Teaching and Research Center for Bio-coexistence, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Fujisaki, Aomori 038-3802

Abstract

We investigated the effects of plastic house cultivation, temperature and day length during late autumn on induction of endodormancy in the Japanese pear ‘Gold Nijisseiki’. The plastic house cultivation advanced the initiation and development of flower bud by about 20 days compared with that under open-field cultivation. However, the plastic house cultivation was hardly effective in the induction and development of endodormancy of either flower or leaf buds. The potting experiment demonstrated that the lack of chilling inhibited the induction of bud dormancy, but the 16 hours photoperiod did not prevent dormancy induction. Temperature of 5°C was effective for inducing leaf bud endodormancy in the cuttings, whereas a temperature of 15°C was ineffective. Leaf bud ABA concentrations in open-field cultivated ‘Gold Nijisseiki’ were increased with the induction of endodormancy by chilling in mid-November. However, the ABA concentrations in un-chilled plants were lower. In conclusion, the endodormancy of the Japanese pear ‘Gold Nijisseiki’ was mainly induced by low temperatures in autumn.

Key Words : abscisic acid, chill unit, developmental index, global warming

キーワード : アブシジン酸, 地球温暖化, chill unit, 発育指数

緒 言

ニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* Nakai) の自発休眠を打破するための低温要求性に関し, これまでに明らかになっている知見は, 主要品種の低温要求量 (Tamura ら, 1995, 1997, 2001) および休眠打破に有効な温度域 (浅野・奥野, 1990; Tamura ら, 1995, 1997; Sugiura・Honjo, 1997) である. このような落葉果樹の休眠打破に関する情報と比べ, 休眠の導入条件に関する知見は限られており (Dennis, 1994), わずかに日長であろうとする見解 (Kawase, 1961) と低温によるものとする報告 (東部ら, 1998) がある. 特に, ニホンナシに関しては, Tamura ら (1997) の休眠導入期が栽培年によって約 10 日程度異なるという報告があるのみである.

これまでに, Richardson ら (1974) の提唱した Chill unit モデルをニホンナシ ‘幸水’, ‘豊水’ (浅野・奥野, 1990)

および ‘二十世紀’ (Tamura ら, 1997) にそれぞれ適合するよう改良したモデルが, 低温要求をどの程度満たしているのかを評価するために用いられてきた. さらに, Sugiura・Honjo (1997) は自発休眠の導入から打破, ならびにその後の開花までを一連の発育としてとらえた DVI (Developmental Index : 発育指数) モデルを開発し, 休眠打破と開花期の予測に活用している. 両モデルの低温積算は, 1 日の積算値が正となった日から (浅野・奥野, 1990; Tamura ら, 1997), あるいは暦日 (Sugiura・Honjo, 1997) とそれぞれ設定されているが, いずれも基本的には休眠導入された時点から積算を開始しているといえよう. 先に述べたように, ニホンナシの自発休眠の導入条件は明らかではなく, Tamura ら (1997) の示したように休眠導入期の年次間差も大きい. また, 昨今の気候変動にともない自発休眠導入期の気候条件が不安定になり, 休眠導入の時期を的確に判断することが難しくなることも予想される. 従って, 今後これらモデルの精度を維持するためには, 低温積算の起算条件を明かにすることが必要不可欠であるといえよう.

2010 年 2 月 16 日 受付. 2010 年 7 月 13 日 受理.

* Corresponding author. E-mail: tamura@muses.tottori-u.ac.jp

ブドウを用いた研究 (During・Alleweldt, 1973) では、休眠開始期から中期に枝梢中に蓄積されるアブシジン酸 (ABA) が休眠の導入および深度と関連があると指摘されている。また Gemma (1995) は、‘幸水’の自発休眠の打破が前年露地栽培した樹に比べ、前年加温ハウス栽培した樹で早いことを指摘していることから、枝あるいは芽の生理的な齢も休眠の導入に関与するものと考えられる。

以上の知見を踏まえて、本研究ではニホンナシの自発休眠導入の誘導要因と機構を解明するために、ハウス栽培、日長ならびに低温がニホンナシの自発休眠導入に及ぼす影響について調査した。さらに、ニホンナシの休眠導入と ABA との関係についても検討を行った。

材料および方法

1. ハウス栽培が自発休眠の導入に及ぼす影響 (実験 1)

実験は 2004 年の春より、鳥取県農林総合研究所園芸試験場の露地圃場およびハウスに栽植されている‘ゴールド二十世紀’成木 (高接ぎ樹: 接ぎ木後 17 年, 中間台‘二十世紀’33 年生) 各 5 樹を用いて行った。花芽の分化程度の差異を調査するために露地区、ハウス区よりそれぞれ亜主枝に着生した短果枝の花芽 10 芽を採取し、伴野ら (1985) の方法に従って分化段階を 0 (未分化) ~ 10 (雌ざい形成期) の 11 段階で評価した。

自発休眠の深度を調査するため、導入期である 9 月中旬 ~ 10 月下旬までは 10 日間隔で、その後は 11 月 18 日、12 月 9 日、1 月 20 日、2 月 9 日および 2 月 18 日に枝を採取した。各区より短果枝および 10 節程度の発育枝を採取し、導入期に落葉していなかった葉は摘葉し、発育枝は頂芽を切除して 5 節ずつに切り分けた。その後、花芽 5 芽が着生している短果枝、葉芽 5 芽が着生している発育枝それぞれ 5 本ずつを調製し、0.03% 硫酸アルミニウムおよび 0.3% 8-ヒドロキシキノリンを添加した水溶液中においた吸水性スポンジに水挿しした。花芽および葉芽の萌芽率を調査するため、水挿しした各枝を $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、16 時間日長 $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の照明付恒温室内に搬入し、28 日後の萌芽率を調査した。バクテリアの侵入を防ぐため 5 日ごとに水替えを行い、水切りによって正常な部分まで切り戻しを行った。花芽、葉芽とも、りん片が緩んだ状態を催芽とし、次に大きく緑色を呈したものを萌芽、その後の芽が開く状態を発芽したとみなした。本実験では枝 1 本当たりの萌芽率を求め、5 本の平均値を算出した。

2. 長日および加温処理が自発休眠の導入ならびに ABA 含量に及ぼす影響 (実験 2)

実験には鳥取大学農学部で育成し、9 L 容の駄温鉢に植栽した‘ゴールド二十世紀’樹 (3 年生) を用いた。2004 年 9 月 1 日から全 28 個体のうち半数の 14 個体に長日処理を施し、他の半数は自然日長下で栽培した。さらに、10 月 15 日から加温処理を行うため、各日長処理区からそれぞれ半数の 7 個体を最低気温 18°C に設定したガラス温室内に

移動し、他の半数は露地で栽培した。温室、露地ともに移動後も日長処理は継続した。

長日処理は照度 $10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の電照を用いて行い、16 時間日長とするため日の出前および日の入り後に補光を行った。日長および加温処理は、ともに調査が終了する 12 月 10 日まで継続した。これら計 4 処理区より 10 月 24 日および 12 月 10 日の計 2 回、1 年生枝を採取した。採取した枝は頂芽を切除し、落葉していなかった葉は摘葉後、葉芽 5 芽が着生している状態で 5 節ずつに切り分けた。5 本の枝について、実験 1 と同様の方法で葉芽の萌芽率を調査した。

葉芽中の ABA 含量を測定するため、日長処理直前の 9 月 1 日、加温処理前の 10 月 14 日と処理中の 11 月 12 日に、各処理区より葉芽 1 g を採取した。試料は採取後ただちに液体窒素で凍結させた後、80% メタノールで抽出し、溶媒による分画化と C18 カラムによって精製した。さらに、精製試料を HPLC によって分画した。HPLC の条件は、移動相: アセトニトリル/水 = 20/80 ~ 70/30 の濃度勾配, カラム: SISEIDO (CAPCELLPAKC18, $6 \times 250 \text{ mm}$), カラム温度: 45°C とした。ABA の含まれる分画を回収した後、Kit ELISA ABA (Phytodetek Kits, AGDIA, USA) を用いて ABA 含量を測定した。

3. 低温処理が自発休眠の導入に及ぼす影響 (実験 3)

実験には、鳥取大学農学部附属大塚農場に栽植されている‘ゴールド二十世紀’樹 (10 年生) 5 本を用いた。2005 年度は、自発休眠への導入温度を調査するため以下の実験を行った。9 月 30 日に発育枝 30 本を採取し、実験 1 と同様の方法で水挿しした。水挿しした枝は、5 または 15°C に設定した恒温室内に 5、7 または 14 日間静置した。その後、落葉していなかった葉は摘葉して枝の頂芽を切除し、葉芽 5 芽が着生している状態で 5 節ずつに切り分けた。その後、 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に搬入し、5 本の枝について実験 1 と同様の方法で 28 日後の葉芽の萌芽率を調査した。対照区は採取した枝に温度処理を行わず、直ちに $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に移し、28 日後の萌芽率を求めた。

2007 年度は、自発休眠導入時の温度変化が自発休眠の導入に及ぼす影響を調査するため、以下の実験を行った。10 月 14 日に採取した発育枝 30 本を前述のとおり 5 または 15°C の恒温室に入れ、15 日間静置した。各処理区のうち 1/3 の枝は $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に移し、前述の方法で葉芽の萌芽率を求めた。残りの枝のうち 15°C 処理区の枝は 5°C の恒温室へ、 5°C 処理区の枝は 15°C の恒温室へそれぞれ移動し、5 または 15 日間静置した後、 $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に移して葉芽の萌芽率を求めた。対照区は採取した枝に温度処理を行わず、直ちに $23 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の恒温室内に移して 28 日後の葉芽の萌芽率を求めた。

結 果

1. ハウス栽培が自発休眠の導入に及ぼす影響 (実験 1)

ハウス区および露地区の開花日は、それぞれ 3 月 26 日お

よび4月17日であった。また、止め葉の展葉が終了した新梢生長停止期は、それぞれ6月5日および25日であった。ハウス区の花芽分化は5月中旬にはすでに始まっていたが、露地区の花芽分化の開始はそれより約1か月遅れ、6月中旬であった。側花発育期である分化程度4に達したのはハウス区が6月20日、露地区では7月5日以降であった。その後、ハウス区は7月11日に、露地区は8月1日に分化程度9に達した(第1図)。

ハウス区、露地区ともに、花芽および葉芽の萌芽率は9月下旬以降低下し、花芽は10月21日に、葉芽は10月31日に萌芽率が0%に達した。この間、両区の萌芽率に差異はみられなかった。両区とも、花芽は11月18日以降に、

第1図 ハウス栽培がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の花芽分化・発達に及ぼす影響
分化段階を0(未分化)～10(雌ざい形成期)で示す

第2図 ハウス栽培がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の芽の自発休眠の推移に及ぼす影響
*23°Cで水挿し加温処理28日後に調査
* Studentのt検定により「ハウス区」と「露地区」間において5%水準で有意差あり

葉芽は12月9日以降に萌芽率が上昇し始めた。その後、花芽はハウス区で、葉芽は露地区で萌芽率の上昇がやや早く進行する傾向がみられた(第2図)。

2. 長日および加温処理が自発休眠の導入ならびにABA含量に及ぼす影響(実験2)

加温の有無が萌芽率に与える影響についてみると、両採取日とも日長にかかわらず、加温区で露地区に比べ萌芽率が高かった。また、採取後の萌芽率の推移は、日長にかかわらず、露地区では10月24日に比べ12月10日に萌芽率が低下したのに対し、加温区ではむしろ上昇した。10月24日に採取した試料の水挿し28日後の加温区の萌芽率を除き、いずれの温度区においても日長は萌芽率に影響を及ぼさなかった(第1表)。

葉芽中のABA含量を分析した結果を第3図に示した。処理前の9月1日と加温処理前の10月14日の両日長区間において、ABA含量の明確な差異はみられなかった。11月

第1表 温度および日長処理がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の休眠導入に及ぼす影響

		萌芽率(%)					
		枝採取日および促成処理日数					
温度	日長 ²	10月24日			12月10日		
		14日後	21日後	28日後	14日後	21日後	28日後
加温	長日	18.0 a ³	40.0 a	60.0 a	36.0 a	50.0 a	60.0 a
	自然	18.0 a	34.0 a	44.0 b	22.0 a	50.0 a	64.0 a
	長日	0.0 b	14.0 b	16.0 c	0.0 b	8.0 b	8.0 b
露地	自然	0.0 b	18.0 b	18.0 c	0.0 b	6.0 b	16.0 b

² 日長処理は9月1日から、温度処理は10月15日から行った
加温: 最低気温18°C, 自然: 自然日長, 長日: 16時間日長
³ 同列内の異なる英文字はTukey-Kramer's HSD testsにおいて5%水準で有意差あり

第3図 温度および日長処理がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の葉芽中のABA含量に及ぼす影響
日長処理は9月1日から、温度処理は10月15日から行った
自然: 自然日長, 長日: 16時間日長, 加温: 最低気温18°C, 図中の縦線は標準誤差を示す (n=5)

12日の露地区のABA含量をみると、日長にかかわらずそれ以前に比べ含量が著しく増加した。一方、加温区では日長にかかわらず、明確な増加は確認できなかった(第3図)。

3. 低温処理が自発休眠の導入に及ぼす影響(実験3)

2005年9月30日に採取し、直ちに水挿し加温処理した場合の萌芽率は48%であった。採取後5°Cに5日間置いた後、水挿し加温処理を行った場合の萌芽率は著しく低下し、その後の低温遭遇時間が増加しても萌芽率は低いままであった。一方、採取後15°Cに置くと、5日後に一旦萌芽率が低下するものの、7日目以降に再び上昇し、14日目には処理開始前と同様の値まで上昇した(第4図)。

2007年10月14日に採取し、直ちに水挿し加温処理した場合の萌芽率は34%であった(第5図, 無処理区)。採取後15°Cに15日間置いた後、水挿し加温処理を行った場合(2回目5°C, 0日)の萌芽率は、10月14日に採取した処理区より高かった。しかし、15°Cに遭遇後5°C処理を行うと処理期間の延長とともに萌芽率が徐々に低下し、15日目には萌芽率4%と著しく低い値を示した(2回目5°C, 15日)。一方、採取後5°Cに15日置くと萌芽率は著しく低下するものの(2回目15°C, 0日)、その枝に15°C処理を行うと萌芽率は20%以上に上昇した(2回目15°C, 5および15日)。

考 察

本研究はニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の自発休眠の導入要因および機構を明らかにし、温暖化や気候変動に対応するための基礎的知見を得る目的で行った。

まず、新梢生長の停止あるいは花芽分化の完了から休眠導入までの経過時間が長いハウス栽培樹の休眠導入と、経過時間が短い露地栽培樹の休眠導入との間に差がないことを示した(第1, 2図)。つまり、約20~30日齢を早めても、ニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の休眠導入にはほとんど影響を及ぼさないことが明らかであった。一方、花芽の自発休眠打破期はハウス区で早かったものの、葉芽の自発休眠打破期は露地区で早かった。また、花芽の自発休眠打破期は葉芽に比べて早く、芽の種類によっても自発休眠打破に必要な低温要求量が異なると考えられた。Gemma(1995)はニホンナシ‘幸水’において、加温栽培した直後の休眠期に‘幸水’樹の休眠の深さを調査し、加温栽培後の樹の休眠打破が露地状態にあった樹に比べて早い場合があることを示している。また谷口ら(2006)はニホンナシ‘幸水’において、低温および施設加温栽培がニホンナシの自発休眠導入に及ぼす影響を調査しており、加温栽培は露地栽培に比べ自発休眠への導入および自発休眠からの覚醒を早めること、自発休眠への導入は加温栽培による作型の前進化に比べ5°Cの低温による影響が大きいことを報告している。このような品種間の反応の違いの原因は明確ではないが、ニホンナシの場合、品種により休眠打破に有効な温度域も異なる(Tamuraら, 2001)ことから、導入に有効な温度にも差異があるものと予測される。さらに、‘幸水’

第4図 温度処理がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の自発休眠導入に及ぼす影響

²9月30日に採取し、各温度で処理後23°Cで水挿し加温処理28日後に調査

* Studentのt検定により「15°C処理区」と「5°C処理区」間において5%水準で有意差あり

第5図 気温の変化がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の自発休眠導入に及ぼす影響

²9月30日に発育枝を採取し、15日間の温度処理(5または15°C)後、5または15°C処理遭遇0, 5および15日後に23°Cで水挿し加温処理して28日後に調査

図中の異なる英文字は Tukey-Kramer's HSD tests において5%水準で有意差あり

は‘二十世紀’に比べ自発休眠への導入が早いことが示されており(Tamuraら, 2001), これらの差異が品種間の反応の違いに関連しているのかもしれない。

一般に落葉果樹の芽の休眠導入は、短日と低温によって誘導されると言われているものの、これを明確にした報告は極めて少なく(Dennis, 1994), 日長であろうとする見解(Kawase, 1961)と低温によるものとする報告(東部ら, 1998)とに分かれている。本実験を行った鳥取における9~12月期の月別平均日長時間は、それぞれ12.4, 11.4, 10.5および9.9時間であり、長日処理を行った16時間に比べ明らかに短く、仮に短日が休眠導入に関与しているとすれば、長日処理は休眠導入を阻害するものと考えられる。しかし、

本実験ではニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の休眠導入は長日条件では阻止できず、日長に関係なく加温により阻害されることは明らかであった(第1表)。また、短日化と低温遭遇との相乗効果もみられなかった。つまり、ニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の場合、日長に比べ低温が休眠導入に関与していると考えられた。そこで、休眠導入に必要な温度の検討を行ったところ、5°C条件下では自発休眠状態に入ったと考えられるものの、15°C条件下では一旦萌芽率は低下したが、遭遇する時間が長くなるとともに休眠の深さが再び浅くなるものと推測された(第4図)。この温度反応特性は、15°C条件下に置いた花芽を5°C条件下に移動すると、休眠に導入されるものの、5°C条件下に置いたものを15°C条件下に移動すると導入されつつあった休眠が解除されてしまうという結果からも強く示唆されるものである(第5図)。

近年、秋季の温度が高く推移するため、様々な落葉果樹類において、落葉の遅延や低温順化が十分に行われないうまに厳しい低温に遭遇することによる低温障害の発生(松本ら, 2010)などの影響が指摘されている。Tamuraら(1997)は、同緯度である鳥取地区と佐治地区の休眠導入時期を比較した場合、高冷地である佐治地区のほうが約10～15日早いことを指摘している。この点と本実験での15°C処理による休眠導入阻害とを考えると、今後、自発休眠の導入が大きく遅延することも予想される。また、現在でも寒冷地であれば、暖地より早い時期に自発休眠に導入されているのかもしれない。

現在用いられているニホンナシの休眠打破予測法として、Chill unit モデル(Richardson ら, 1974; 浅野・奥野, 1990; Tamura ら, 1997)ならびに生育予測モデル(DVI: Developmental Index)(Sugiura・Honjo, 1997)があげられる。両モデルとも、休眠導入された時点から積算を始めることが基本的な前提といえる。しかし、起算の開始条件は不明瞭なままであるので、先に指摘した気候変動にともなう導入期の変化があった場合、低温積算の起算条件の再考が必要といえる。この点は現在における休眠打破や開花の予測精度をあげることのみならず、温暖化の予測に基づく品種毎の栽培南限のシミュレーションにも不可欠な知見となる。従って、導入期の温度反応に関するより詳細な実験が必要であろう。

植物の芽の休眠と密接な関連があると考えられている植物ホルモンの一つにABAがあげられる。本研究では、実験2で自発休眠導入されなかった区のABA含量は休眠導入された区と比べ明らかに低く、明確な関連がみられた(第3図)。Seely・Powell(1981)は、リンゴの葉芽においてABA含量は落葉期に最も高く、自発休眠終了時に低くなることから、芽の休眠とABA含量の密接な関連を指摘している。一方、Mielke・Dennis(1975)は酸果オウトウにおいて休眠深度とABA含量との関連を否定しており、低温積算に関係なくABA含量は低下したことを報告している。

このように、落葉果樹においては休眠および低温とABA含量との関連は明確になっていない。しかし、本研究をみる限り、ニホンナシの休眠導入とABA含量との間には一定の関連性があるものと思われる。

摘 要

ハウス栽培、気温および日長がニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の芽の自発休眠の導入に及ぼす影響を調査した。ハウス栽培区は露地栽培区に比べて20日程度花芽分化を促進したが、花芽および葉芽の自発休眠導入期には影響を与えず、自発休眠打破期への影響もわずかであった。ポット樹を用いて長日処理および温度処理の影響を調査したところ、自発休眠導入期の加温は導入を阻止したが、16時間日長は導入を阻害しなかった。そこで、自発休眠導入に有効な温度の調査を行ったところ、5°Cは自発休眠の導入に有効であったが、15°Cは自発休眠の導入を阻害した。11月中旬の露地区における葉芽のABA含量は、低温による自発休眠の導入に伴い上昇したが、加温区では低い値を示した。このように、ニホンナシ‘ゴールド二十世紀’の葉の自発休眠は、主として秋季の低温によって誘導されるものと考えられた。

引用文献

- 浅野聖子・奥野 隆. 1990. ニホンナシ‘幸水’、‘豊水’の自発休眠覚醒期と低温要求量. 埼玉園試報. 17: 41–46.
- 伴野 潔・林 真二・田辺賢二. 1985. ニホンナシにおける花芽形成の品種間差異と内生成長調節物質との関係. 園学雑. 54: 15–25.
- Dennis, Jr. F. G. 1994. Dormancy-what we know (and don't know). HortScience 29: 1249–1255.
- Duering, H. and G. Alleweldt. 1973. The annual cycle of abscisic acid in vegetative organs of grapevines. Vitis. 12: 26–32.
- Gemma, H. 1995. Dormancy breaking in Japanese pears grown in a heated greenhouse. Acta Hort. 395: 57–68.
- Kawase, M. 1961. Growth substances related to dormancy in *Betula*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78: 532–544.
- 松本和浩・加藤正浩・竹村圭弘・田辺賢二・田村文男. 2010. 秋季の窒素施肥量がニホンナシの耐寒性と脂質含量に及ぼす影響. 園学研. 9: 339–344.
- Mielke, E. A. and F. G. Dennis. 1975. Hormonal control of flower bud dormancy in sour cherry (*Prunus cerasus* L.). Effects of leaves defoliation and temperature on levels of abscisic acid in flower primordia. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 287–290.
- Richardson, E. A., S. D. Seely and D. R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for ‘Redheaven’ and ‘Elberta’ peach trees. HortScience 9: 331–332.
- Seeley, S. D. and L. E. Powell, Jr. 1981. Seasonal changes of free and hydrolyzable abscisic acid in vegetative apple buds. J.

- Amer. Soc. Hort. Sci. 106: 405–409.
- Sugiura, T. and H. Honjo. 1997. A dynamic model for predicting the flowering date developed using an endodormancy break model and a flower bud development model in Japanese pear. *J. Agric. Meteorol.* 52: 897–900.
- Tamura, F., K. Tanabe and A. Itai. 1995. Effect of interruption of chilling on bud break in Japanese pear. *Acta. Hort.* 395: 135–140.
- Tamura, F., K. Tanabe and A. Itai. 1997. A model for estimating rest completion for ‘Nijisseiki’ pear. *Environ. Control Biol.* 35: 185–189.
- Tamura, F., K. Tanabe, A. Itai and M. Morimoto. 2001. Variation in the chilling requirement for breaking leaf bud endodormancy in wild pear species and pear cultivars. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 70: 596–598.
- 谷口弘行・山本 仁・坂川和也. 2006. 温度・施設加温栽培がニホンナシ自発休眠導入に与える影響. *福井農試研報.* 43: 20–27.
- 東部光伸・望岡亮介・堀内昭作・尾形凡生・塩崎修志・黒岡 浩. 1998. ブドウの芽の自発休眠誘導に対するグルタチオンの役割. *園学雑.* 67: 912–916.