

夏期の温度および日長がサザンカの開花に及ぼす影響

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	中島,敦司 万木,豊 永田,洋
発行元	日本林學會
巻/号	76巻6号
巻号補足	
掲載ページ	p. 584-589
発行年月	1994年11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



論 文

夏期の温度および日長がサザンカの開花に及ぼす影響*

中島敦司**・万木 豊**・永田 洋**

中島敦司・万木 豊・永田 洋：夏期の温度および日長がサザンカの開花に及ぼす影響
日林誌 76: 584~589, 1994 サザンカの開花に及ぼす初夏以降の温度の影響を調べる
目的で、3年生のサザンカを6月5日から25°Cに0, 15, 30, ならびに45日間置き、その
後18°Cの条件へ移動させた。この結果、25°Cの期間が長くなるほど開花率が高くなった。
一方、同様の日程で18°Cから25°Cに移動させる実験を行ったところ、10月中旬にはすべ
ての花芽が落下し、開花はみられなかった。そして、生殖にかかわる雄ずい、雌ずいの発
達は8月中旬までの積算温度と正の相関関係にあった。また、野外において、6月5日から
日長を8, 20時間に調節し、自然日長と比較して、開花と日長の関連について検討したと
ころ、短日区で開花が早くなったが開花率は日長の影響を受けなかった。

NAKASHIMA, A., YURUGI, Y. and NAGATA, H.: Effects of temperature and photoperiod in the summer on the flowering of *Camellia hiemalis* NAKAI. J. Jpn. For. Soc. 76: 584~589, 1994 The plants were grown at 18°C for 0, 15, 30 and 45 days from June 5th and then transferred at 25°C. All of the flower buds dropped by mid-October. In the reverse temperature conditions (18°C after 25°C), the longer the periods at 25°C, the greater was the flowering percentage at 18°C. The developments of stamens and pistils had large positive relationships with the length of the period at 25°C. The development of flower buds was promoted at 25°C until mid-August. A short-day treatment from June 5th advanced the date of flowering than did the long-day treatment in the open, but the flowering percentages were not affected by the photoperiod.

I. はじめに

サザンカ (*Camellia hiemalis* NAKAI) は、最低気温が15.5°Cを上回る時期(三重県では5月中旬頃)頃から花芽の原基を分化し、気温の低下する晩秋以降に開花する(1~5)。しかし、夏までに花芽を分化し、また、花芽が休眠しない(7, 9)点ではサザンカと同じである、ザクロ (*Punica granatum* L.) や、サルスベリ (*Lagerstroemia indica* L.) よりも2~3カ月以上も開花期が遅い(2)。

そこで筆者らは、初秋以降の温度がサザンカの開花に及ぼす影響を検討したところ、①8月下旬から28°Cのような高温条件が10月頃まで継続すると多くの花芽が落下すること、②開花直前のステージは18°C付近では進むが、28°Cでは進みにくいこと、③花芽の完成する11月中旬までは、28°Cで花芽が落下せずに開花しても、花は完全に展開しないことを明らかにした(7~9)。

しかし、初夏から初秋にかけての温度、日長条件と

サザンカの開花との関連は明らかにならなかった。したがって、本研究では、初夏以降の温度、日長がサザンカの開花および花の形態形成に及ぼす影響について考えてみた。

II. 材料および方法

実験には、三重県鈴鹿市で同一母樹から野外の苗床にさし木増殖し、マサ土にパーク堆肥を容積比で40%混合した用土を満した直径15 cmのビニールポットに鉢上げした後、同市内の圃場で育成したサザンカ(獅子頭)の3年生苗を用いた。

1992年5月上旬に冬芽を展開し、5月中には成長を停止した供試苗を、同県津市の三重大学構内の圃場へ移動させた。同年6月5日から18°C, 25°C恒温で8, 20時間日長に調節された自然採光型のグロースチャンパーに15, 30, 45日間(7月20日までは前処理とし、それ以降の温度条件によって、それぞれ育成温度18°C区, 25°C区とする)設置し、この前処理の後はそのそれぞれのグロースチャンパーに移動させ(表-1)、その

* 本研究の一部は第105回日本林学会大会で口頭発表した。

** 三重大学生物資源学部 Fac. of Bioresources, Mie Univ., Tsu 514

表-1. 6月5日からの温度および日長条件がサザンカの開花日、開花率、花の形態に及ぼす影響
Effects of the temperature and photoperiod from June 5th on flowering date, percentages, and morphologies of *Camellia hiemalis*

育成温度 Growth temperature	実験中の温度と日長条件 Temperature and photoperiod				開花の日程 Flowering date		開花率 Flowering percentages (%)	花の器官の数 Numbers of organs			雌蕊長 Pistil length (mm)	花の直径 Flower diameter (cm)
	6/5	6/20	7/5	7/20	開始日 Start	終了日 Terminate		花弁 Petals	奇形花弁 Deformed*	雄ずい Stamens		
	Jun. 5	Jun. 20	Jul. 5	Jul. 20								
25°C	25 LD	→	→	→	Nov. 14	Nov. 19	2.1± 5.0	19.0	1.0	9.0	7.8	2.8
	25 LD	→	18 LD	25 LD	Not flowering		0.0± 0.0					
	25 LD	18 LD	→	25 LD	Nov. 28	Dec. 4	1.8± 5.0	22.0	2.0	4.0	No pistils	3.4
	25 LD	18 LD	25 LD	→	Nov. 22	Nov. 28	1.9± 3.6	All flowers were abnormal**				
	18 LD	→	→	25 LD	Not flowering		0.0± 0.0					
	18 LD	→	25 LD	→	Not flowering		0.0± 0.0					
	18 LD	25 LD	→	→	Nov. 24	Nov. 30	0.0± 6.7	20.0	3.0	4.0	7.4	2.6
	LD	→	→	25 LD	Oct. 28	Nov. 14	17.5±14.6	20.2	0.4	13.8	1.1	4.2
	LD	→	25 LD	→	Not flowering		0.0± 0.0					
	LD	25 LD	→	→	Nov. 11	Nov. 19	2.6± 5.7	19.0	3.0	8.0	4.8	5.4
25 SD	→	→	→	Nov. 11	Jan. 4	4.0±11.4	19.0	2.5	4.5	No pistils	3.5	
18°C	18 LD	→	→	→	Sep. 27	Dec. 26	19.0± 8.1	23.6	1.6	2.4	1.2	5.5
	18 LD	→	25 LD	18 LD	Oct. 2	Nov. 22	56.1±17.6	21.9	1.9	3.3	4.7	6.0
	18 LD	25 LD	→	18 LD	Oct. 12	Nov. 24	61.2±16.1	20.0	2.2	3.9	4.5	5.5
	18 LD	25 LD	18 LD	→	Sep. 28	Nov. 22	57.4±27.8	21.1	3.0	2.9	3.5	5.4
	25 LD	→	→	18 LD	Sep. 22	Nov. 1	86.5± 7.5	21.2	2.4	5.9	6.1	5.7
	25 LD	→	18 LD	→	Sep. 24	Nov. 24	59.5±10.9	21.7	2.3	6.7	5.6	5.5
	25 LD	18 LD	→	→	Sep. 18	Nov. 21	40.0±21.2	21.6	2.9	3.1	4.1	5.9
	LD	→	→	18 LD	Oct. 3	Nov. 21	80.0± 8.8	21.5	1.5	6.1	6.6	5.7
	LD	→	18 LD	→	Sep. 19	Nov. 14	49.0±18.1	20.8	2.3	3.7	4.0	5.7
	LD	18 LD	→	→	Oct. 7	Nov. 11	36.7±20.8	22.2	2.4	1.9	2.9	5.6
	18 SD	→	→	→	Oct. 3	Nov. 5	18.8± 9.7	22.1	2.7	0.9	2.4	5.7
	Open	LD	→	→	→	Nov. 9	Jan. 16	92.5±10.8	20.4	1.5	12.9	9.4
15 SD		→	→	→	Oct. 20	Dec. 7	91.7± 9.3	19.9	1.7	11.1	7.6	6.9
15 SD		→	→	Open	Oct. 22	Jan. 7	97.6± 4.4	19.2	1.6	12.0	7.8	6.6
15 SD		→	Open	→	Nov. 4	Jan. 11	92.7± 8.0	19.5	1.1	10.0	8.6	6.6
15 SD		Open	→	→	Oct. 29	Jan. 14	80.8± 2.3	21.2	1.3	18.9	8.6	6.0
SD		→	→	→	Oct. 28	Dec. 25	93.0± 8.6	20.0	2.1	5.5	7.4	6.4
cont.		→	→	→	Oct. 9	Jan. 17	97.7± 4.4	20.3	1.4	13.4	9.4	6.5

25(18)LD, 25(18)°C-20時間日長; 25(18)SD, 25(18)°C-8時間日長; LD(SD), 野外-20(8)時間日長; 15SD, 8時間日長(暗期温度15°C, 明期は野外)。* 雄蕊の癒合した花弁(奇形), ** 開花しても完全に展開しなかった花(半開きの状態)。
25(18)LD, 25(18)°C constant on 20 h photoperiods; 25(18)SD, 25(18)°C constant on 8 h photoperiods; LD(SD), 20(8)h photoperiods in the open; 15SD, 8 h photoperiods (night temp. at 15°C, day time in the open). * Healing of petals and stamen, ** Flower bud opened, but not completely (half opened).

後の開花状況の変化を観察、記録した。また、同様の供試植物について、同年6月5日から三重大学内の圃場(野外区とする)において、日長を8、20時間に調節し、自然日長の野外対照区の開花の状況と比較した。

なお、供試個体数は各処理区とも5個体とし、管理は水管理を手灌水で毎朝夕に行い、施肥は実験前年の1991年9月19日に90日タイプのIB化成肥料(10-10-10)を施した後は、とくに行わなかった。さらに、実験中、とくに病害は発現しなかったが、害虫のみら

れた場合は、薬剤などを使用せず手によって除去した。

Ⅲ. 結 果

1. 夏期以降の温度、日長の違いが開花に及ぼす影響

育成温度25°C区では、10月頃に花芽の大半が落下した結果、最終的な累積開花率(開花率: 全枝数と頂花が開花した枝の割合)が低くなった(表-1)。そしてまったく開花しなかった個体が大半であったが、開花

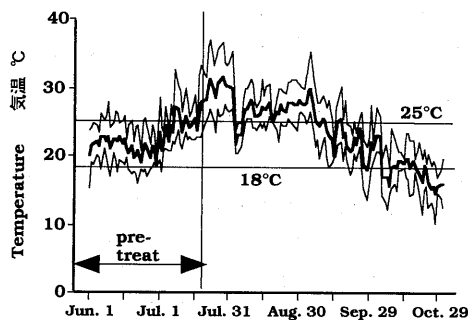


図-1. 野外における気温の状態 (1992 年, 三重県)
The temperature condition in the open (1992, Mie Pref.)

しても完全に展開しない状態の花(8)であった。

一方、育成温度 18°C 区では、野外区と比較して開花が 1 カ月以上も早くなったが、開花率は全般的に野外区よりも低くなった (表-1)。なお、今回の実験では、実験開始時の 6 月 5 日の時点ではすべての供試個体で花芽は外部からは確認されなかった。しかし、6 月下旬頃には、いずれの処理区 (育成温度 18°C 区、25°C 区、野外区) においても、花芽を着生した個体が観察され、7 月中旬頃にはすべての個体で着蕾率 (全枝数と頂端に着蕾した枝の割合) がほぼ 100% に達した。したがって、開花率の低下は花芽分化の多少ではなく、形成された花芽の落下割合の増加を示している。

育成温度 18°C 区の中では、前処理中の 25°C の期間を 45 日間とすると、0、15、30 日間の処理区よりも開花率が高くなり、前処理を 25°C でなく、野外 (20 時間日長) としても同様になった (表-1)。なお、この期間の野外の平均気温は 20~23°C であった (図-1)。そして、6 月 5 日以降に 25°C を経過しなかった、18°C LD (20 時間日長) 区、18°C SD (8 時間日長) 区の開花率は、それぞれ 19.0%、18.8% と、25°C を経過した処理区よりも低かった (表-1)。

また、育成温度 18°C 区における 25°C 前処理の時期の効果については、30 日間の処理では処理時期の違いは開花率、開花曲線に影響を及ぼさなかった (表-1、図-3)。しかし、15 日間の処理区では、6 月 5 日からの処理区で開花率が低くなったが、6 月 20 日、7 月 5 日からの処理区では 30 日間の処理区とおおよそ同じ程度の開花率となった (表-1)。

野外区における開花率は 80~90% 以上であり、育成温度 18°C 区よりも高かったが、開花は 1 カ月以上遅くなった (表-1)。また、野外区では、対照 (自然日長) 区、SD 区、LD 区の順に開花が始まったが (表-1)、花

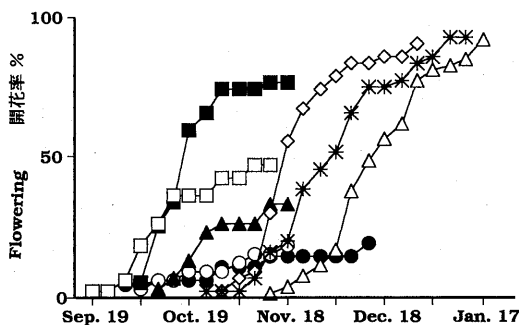


図-2. 6 月 5 日からの温度および日長条件がサザンカの開花に及ぼす影響

Effect of temperature and photoperiod from June 5th on flowering of *Camellia hiemalis*

The plants were grown in the growth chamber on 20 h (LD) (●) and 8 h (SD) (○) photoperiods at 18°C constant, or in the open on LD (△), SD (◇), and natural day length (*), from June 5th. The plants grown in the open on LD from June 5th, were transferred to the growth chamber on LD at 18°C constant on June 20th (▲), July 5th (□), and July 20th (◆).

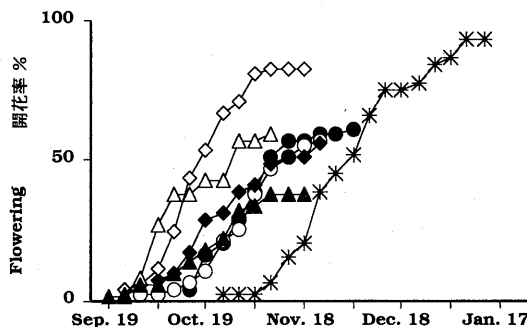


図-3. 25°C-20 時間日長の前処理の期間と処理時期の違いが 18°C-20 時間日長条件におかれたサザンカの開花に及ぼす影響

Effect of the periods of 25°C treatment on 20 h (LD) photoperiod from June 5th on flowering of *Camellia hiemalis* at 18°C on LD (after treatment)

◇, 45 days from June 5th to July 20th; △, 30 days from June 5th to July 5th; ●, 30 days from June 20th to July 20th; ▲, 15 days from June 5th to June 20th; ○, 15 days from June 20th to July 5th; ◆, 15 days from July 5th to July 20th; *, Open (natural day length).

数は SD 区、対照区、LD 区の順に増加していった (図-2)。この結果、野外では開花期の全体は短日処理によって促進されるが、逆に長日条件下では遅くなると考えられる。しかし、開花率は、日長の影響を受けなかった (表-1)。

一方、6 月 5 日から、明期を野外の条件とし、暗期を 15°C 恒温に調節した暗室で 8 時間日長の短日処理を

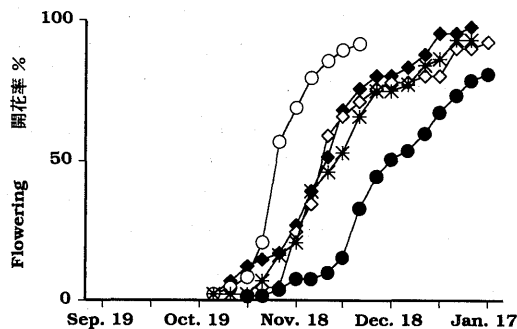


図-4. 6月5日からの暗期温度 15°C・8時間日長の短日処理がサザンカの開花に及ぼす影響

Effect of the periods on 8 h (day time in the open, night temperature at 15°C) photoperiod from June 5th to June 20th, July 5th and July 20th on flowering of *Camellia hiemalis*

The plants were treated on 8 h photoperiod from June 5th to July 20th (◇), July 5th (◇), June 20th (●), and the end of the flowering period (○), or in the open on natural day length (*).

行ったところ、処理期間を30日間以下とすると対照区よりも開花が遅れたが、45日間の処理区と継続区では、対照区と同じ頃に開花した(表-1)。しかし、開花期の全体としては15日間の処理区で遅く、30, 45日間の処理区では野外対照区と同じような開花曲線を示した(図-4)。また、継続区では全体的に開花期が促進され、野外-SD区と同じような開花率、開花曲線になった(表-1, 図-2, 4)。

以上のことから、本実験では6月5日からの処理温度が18°Cであった処理区では、開花率は低かったが開花の開始は早くなったと判断できる。また、7月20日から25°Cのような高温条件が10月頃まで継続すると、花芽のすべてが落下した。したがって、花芽の発達と開花の温度特性は異なると理解される。この結果、少なくとも前処理の終了時から開花までの間には、花芽の状態あるいは、植物自体の成育ステージの大きく変化する時期が存在すると考えられる。

2. 夏期以降の温度、日長の違いが花の形態に及ぼす影響

今回の実験において、6月5日からの前処理温度、ならびに、育成温度の違いは花の形態に影響を及ぼした。とくに、育成温度18°C区では野外区と比較して花径が小さくなったばかりか、雄ずい数も少なく、雌ずい長は短いなど、花の形態は野外区のものよりも未熟であった(表-1)。さらに、開花の早かった育成温度18°

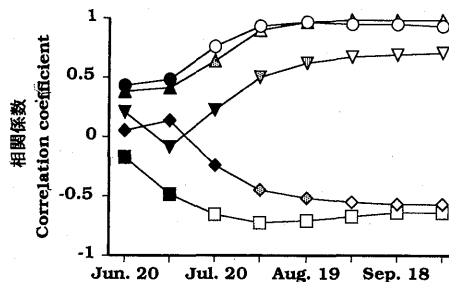


図-5. 6月5日から図中の各日程までの積算温度と花の形態における相関係数の推移

Changes of the correlation coefficients between the morphology of some flower organs and temperature summation from June 5th to each date

■, Number of petals; ◆, Number of deformed petals (12); ▲, Number of stamens; ●, Pistil lengths, ▼, Flower diameters (Black, ns; Grey, $p \leq 0.05$; White, $p \leq 0.01$).

C区では、花卉数、および雄ずいの癒合した花卉(11)数が多かった(表-1)。したがって、花芽が形態的に完成することが必ずしも開花の前提条件ではないと考えられる。一方、開花数は少数であったが、育成温度25°C区における雄ずい数、雌ずい長は、野外区と育成温度18°C区のほぼ中間の値となった(表-1)。

野外区では、いずれの育成温度区よりも雄ずい、雌ずいともに発達が進んでおり(表-1)、これは、開花までの日数が長くなったためと考えられるが、変温が花芽の発達に及ぼす影響についても検討する必要がある。また、同じ育成温度区の中で比較すると、短日処理によって雄ずい数が減少した(表-1)。

そこで、6月5日からの経過温度が花の形態、すなわち、花芽の発達にどのような影響を及ぼしたのかを明らかにする目的で、積算温度と花を構成する各器官の形態との関係を求めてみた(図-5)。なお、図-5における各プロットは、それぞれ独立した散布図によって求められた相関係数を示しており、有意水準別に色分けした(白: $p \leq 0.01$, 灰色: $p \leq 0.05$, 黒: 無関係)。

この結果、明らかに7月中旬以降は積算温度が大きくなるほど、花卉数や、花卉に雄ずいの癒合した花卉の数が減少し($p \leq 0.05$)、生殖器である雄ずい数や雌ずい長が増加する傾向($p \leq 0.01$)が示された。とくに、8月中旬以降はこれらの傾向が強くなり、その後も高い相関関係($p \leq 0.01$)が継続することから、8月中旬頃は花芽の生理的な状態の移り変わりの起こる一つの境界と考えられる。

積算温度については積算閾値をどのように設定する

かが重要になる。したがって、仮閾値を 18°C から 25°C まで 1°C 単位で設定し、花の各形態との相関関係を検討したが、閾値を考えなかった先の結果と同様の傾向がみられただけであった。

なお、育成温度 18°C 区では 25°C の前処理期間が 15 日ずつ長くなることによって、開花率がおよそ 20% ずつ増加し (表-1)、このときの積算温度の差は 105°C (日温度差 7°C × 15 日) であった。そして、開花率が高くなった野外区の積算温度が、25°C 45 日間の前処理の後に 18°C に移した処理区よりも大きくなるのは 7 月 30 日であり、積算温度差が 105°C 以上となるのが 8 月 9 日であった。この結果は、先の相関関係から考えられた花芽のステージの変化時期と時間的には符合するものであった。

IV. 考 察

五井 (2) は、解剖学的な手法によって 11 種の花木における花芽の発達経過を検討した。そして、サザンカの花芽の発達経過は、花粉形成後から開花までの期間が異なる以外は、ヤブツバキ (*Camellia japonica* L.) と同類であると報告している。しかし、五井の示した結果を検討してみると、サザンカの花芽の発達は、雌ずい形成初期以降の雌ずいの充実期に当る 8 月中旬から 10 月初旬にかけて、緩慢であるように判断できる。さらに、夏期から秋期にかけて花芽の発達がそれまでよりも緩慢となる植物は、ヤブツバキを含む他の 10 種の中にはみられなかった。

本実験の結果によれば、サザンカでは、6 月初旬から 8 月中旬頃までは 25°C のような高温条件下で雌ずいが発達し、18°C のような温度条件下において雌ずい形成以降のステージが促進されと考えられる。また、筆者らが過去に行った実験においても (7~9)、8 月下旬以降は、18°C のグロースチャンパー内で開花が早くなったが、28°C では花芽の大半が落下するなど、本実験と同様の結果を得ている。この傾向は、その後も継続され、花芽の内部形態が完成した 11 月中旬以降では、逆に 18°C よりも、それまでは花芽を落下させた 28°C で開花が促進された。

以上の結果から、花芽の発達ステージの違いによって開花可能温度幅 (10) が変化すると考えられる。すなわち、①生殖器の発達が未熟なステージ (雌ずい形成まで) では、開花可能温度幅が狭く、18°C では開花できるが 25°C では開花できない (三重県では 9 月頃)、②花芽の発達ステージが雌ずい形成以降に進むと

開花可能温度幅が高温部へ拡大 (同 10 月頃)、③花芽内部の形態が完成し、開花可能温度幅が拡大されて、28°C でも開花できる段階 (同 11 月以降)、というように各ステージにおける開花の温度特性は変化する。そして、開花可能温度幅のなかでは、高温になるほど開花が促進されと考えられる (10)。なお、開花可能温度幅とは、開芽可能温度幅 (12) から考えたが、花芽の開きやすさ (開花のしやすさ) を示す指標である。

野外の自然状態では、10 月までの気温は開花可能温度である 18°C よりもかなり高く (図-1)、開花は気温が低下する時期以降まで起こらない。その後、花芽の内部形態は充実していくために開花可能温度幅は高温域へ拡大するが、野外の気温は下降していくため (図-1)、開花プロセス (7~9) はさらにゆっくりと進むことになる。このためにサザンカの開花は晩秋以降になるのであろう。

したがって、サザンカの開花にとって雌ずい形成期以降からの高温 (残暑) は、開花を遅延させる効果を示すといえそうである。すなわち、サザンカの開花プロセスにおいて、9 月から 10 月頃には、ある種の高温抑制が存在すると考えられる。なお、この高温抑制については、夏休眠 (6, 10) と異なる現象と判断しているが、あらためて報告する。

以上のことから、サザンカが高温抑制されることなく開花するためには、残暑のない冷涼な地域で育成することが望ましいことになる。しかし、このような地域では春の開芽も遅く (9)、開芽以降の温度も不足しやすいため、花芽分化期からその後の花芽の発達は遅れると考えられる。そして、未熟な花芽は落下しやすいため、花の絶対数が減少するばかりか、生殖器が未熟なために結実も期待できない。

したがって、花芽の発達段階までは、温暖な地域で育成することが開花の必要条件となる。ところが、温度不足のない地域で育成している場合、生殖器は充実できるが、高温条件が秋以降も継続するような地域では、花芽の大半が落下して開花には至らないので、種子の絶対数は減少することになる。

サザンカの天然分布は九州付近の狭い範囲とされている (3)。本研究の結果もサザンカの天然分布を制限している要因の一部と考えられる。しかし、琉球型のサザンカと九州型のサザンカが別種であるか否かの議論 (3)、冬休眠の問題 (8, 9) を含め、原種、およびヤブツバキなど北方まで天然分布している他のツバキ

の温度, 日長特性と比較する必要がある。

引用文献

- (1) BONNER, J. (1947) Flower bud initiation and flower opening in Camellia. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 50: 401~408.
- (2) 五井正憲 (1982) 温帯花木の花芽形成ならびに開花調節に関する研究. 香川大学農学部紀要 38: 2~6.
- (3) 桐野秋豊 (1985) 野生サザンカとその園芸種. 採集と飼育 47: 468~473.
- (4) 小杉 清 (1953) 花木類の花芽分化に関する研究 (第1報) つばき, さざんかの花芽分化期並びに花芽の発育経過について. 園学雑 22: 50~54.
- (5) 栗屋 強 (1969) 肥後ツバキの花芽分化期および花芽の発育経過について. 熊本大学教育学部紀要 17: 51~69.
- (6) 永田 洋 (1969) 林木の芽の休眠. 植物の化学調節 4: 33~39.
- (7) 永田 洋 (1985) サザンカはなぜ冬に咲くのか. 採集と飼育 47: 474~478.
- (8) 永田 洋・万木 豊 (1983) 生物季節に関する研究 (II) なぜサザンカは冬に咲くのか. 森林文化研究 4: 69~76.
- (9) 永田 洋・万木 豊 (1985) 生物季節に関する研究 (IV) サクラ, ウメ, サザンカの開花・開葉 (続). 森林文化研究 6: 65~69.
- (10) 永田 洋・中島敦司・万木 豊 (1994) 樹木の芽の休眠. 三重大演報 18: 17~42.
- (11) TUYAMA, T. (1968) Camellias of Japan. 65 pp, TAKEDA Science Foundation, Tokyo.
- (12) VEGIS, A. (1964) Dormancy in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 15: 185~224.

(1994年6月6日受理)