

イチゴの四季成り性品種間における花芽分化の限界日長の差異

西山 学*・海老原康仁^a・金浜耕基

東北大学大学院農学研究科 981-8555 仙台市青葉区堤通雨宮町

Differences in Critical Photoperiod for Flower Bud Initiation among Everbearing Strawberry Cultivars

Manabu Nishiyama*, Yasuhito Ebihara^a and Koki Kanahama

Graduate School of Agriculture, Tohoku University, Sendai, Miyagi 981-8555

Abstract

Four everbearing strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivars, 'Kaho', 'Ohishi-shikinari', 'Miyoshi' and 'Yamato-shikinari', which were overwintered, were grown at day (6:00–18:00)/night (18:00–6:00) temperatures of 30/25°C under 12-, 13-, 14- and 15-h photoperiods for 16 weeks. 'Yamato-shikinari' was also grown under a 16-h photoperiod. Under such a high temperature condition, these cultivars were found to be qualitative long-day plants. Flower bud initiation was inhibited under 14-h or shorter photoperiod in 'Kaho', under 13-h or shorter in 'Ohishi-shikinari', under 12-h in 'Miyoshi' and 15-h or shorter in 'Yamato-Shikinari'. Non-chilled 'Kaho' and 'Ohishi-shikinari' plants were also tested. The photoperiods under which their flower bud initiation was inhibited were the same as those of overwintered plants. The critical photoperiod for flower bud initiation in everbearing strawberry plants grown under high temperature varied among cultivars.

Key Words : high temperature, reproductive growth, vegetative growth

キーワード : 栄養成長, 高温, 生殖成長

緒 言

現在, 日本で栽培されているイチゴ (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) の主要な品種である一季成り性品種は短日性である。一方, 夏季の栽培に利用されている四季成り性品種は, 26°C より低い温度においては日長が長いほど花房を多く発生させる量的長日性であると報告されている (Durner ら, 1984; 施山ら, 1989; Smeets, 1980; 泰松, 1993)。既報 (西山ら, 1998, 1999) において, 'サマーベリー' を 6～18 時の昼温/18 時～翌日の 6 時の夜温を 20/15°C あるいは 25/20°C とし, 日長を 8 時間あるいは 24 時間として栽培した場合, 開花花房はいずれの日長でも連続的に発生したが, 24 時間日長で多く, 量的長日性であることが示された。しかし, 30/25°C で栽培した場合, 8 時間日長では花芽の分化が停止する一方で, 24 時間日長では花芽の分化, 発達が促進される質的長日性であることが示された。花芽分化に必要な最長または最短の日長を限界日長と呼ぶ。そこで, 'サマーベリー' においても花芽の分化が停止する日長と促進される日長の境となる日長を「限界日長」と呼ぶこととした。'サ

マーベリー' の限界日長について, 30/25°C においてさらに細かく調べたところ, 13 時間と 14 時間の間に存在するとみられた (Nishiyama ら, 2006)。

四季成り性品種の栽培において, 高い温度で花芽分化が抑制されることが報告されている (川下, 1988; Oda・Yanagi, 1990; 施山・今田, 1990; 泰松, 1993; 泰松・芳岡, 1984)。一方, 夏季に電照を行うことにより花芽分化や開花が促進されることが報告されている (川村ら, 1990; 川下, 1988; 高野・常松, 1993, 1994; 施山・今田, 1990; 泰松, 1993; 刀柵, 1992)。これらの現象について, これまで調べた 'サマーベリー' の結果から類推すると, 夏季に花芽分化が抑制される原因は, 高温と限界日長より短い日長が組み合わさることが考えられ, 夏季に花芽分化させるには, 限界日長以上の日長で栽培する必要があると考えられる。

このように, 'サマーベリー' で明らかにされた四季成り性品種の限界日長は, 四季成り性品種の夏季の高温期の栽培において重要な形質であると考えられたので, 本報では, 'サマーベリー' とは異なる四季成り性品種を 30/25°C で栽培して限界日長が認められるか調べることとした。

材料および方法

1. 供試品種

材料には, 'サマーベリー' の種子親である四季成り性品種の '夏芳', 日本で育成された古典的な四季成り性品種

2007 年 7 月 4 日 受付. 2008 年 6 月 30 日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成 12 年度春季大会で発表した。

* Corresponding author. E-mail: nissy@bios.tohoku.ac.jp

^a 現在: 農林水産省

Table 1 Outlines of the cultivations.

Cultivars	Runner plant development ^z	Potting ^y	Transferred ^x	Treatment started ^w
Kaho and Ohishi-shikinari (non-chilled)	Summer in '97	5 Oct. '97	8 Nov. '97	18 Nov. '97
Kaho and Ohishi-shikinari	Summer in '96	20 Apr. '97	25 May '97	4 Jun. '97
Miyoshi	Summer in '98	1 Apr. '99	5 May '99	12 May '99
Yamato-shikinari	Summer in '02	28-29 Oct. '02	20 May '03	27 May '03

^z Plants were grown in a nursery field until potting.

^y After potting, plants were grown in the nursery field (non-chilled 'Kaho' and 'Ohishi-shikinari') or an unheated glasshouse (other cultivars).

^x Plants were transferred into the phytotrons controlled at a day (6:00–18:00)/night (18:00–6:00) temperature of 25/20°C under natural daylength for acclimatization until high temperature and photoperiod treatment started.

^w From this date, high temperature and photoperiod treatment started. Plants were grown in the phytotrons controlled at 30/25°C under various photoperiods for 16 weeks. For photoperiods, see Table 2.

で、その後の四季成り性品種の交配親として用いられてきた‘大石四季成’（種苗名称登録される前の名前は、‘大石四季成二号’（高橋，2000））、徳島県で育成され、栽培実績のあった‘みよし’、来歴や研究例が不明であるが、将来的に育種素材として用いることを考慮して、農林水産省野菜・茶業試験場盛岡支場（当時）から入手した‘大和四季成’を供試した。低温前歴の影響を調べることを目的として、‘夏芳’と‘大石四季成’は、第1表に示すように、低温にほとんど遭遇させていない株と十分に遭遇させた株を供試した。それぞれの5°C以下の低温遭遇時間は、35時間と2,071時間であった。

2. 栽培と日長処理の方法

各品種の栽培概要を第1表に示した。栽培は、品種や低温遭遇の有無に関わらず、同様に行った。すなわち、直径18 cmの素焼きの鉢に株を鉢上げした。用土として園芸用土：堆肥：パーミキュライトを5:3:2の割合で混合したものをを用いた。基肥としてCDU化成肥料（N:P₂O₅:K₂O=15:15:15）を1鉢当たり3 gずつ（N, P₂O₅, K₂Oは各0.45 g/鉢）施与した。高温・日長処理の開始後は、追肥としてCDU化成肥料を2週間に1 gずつ（N, P₂O₅, K₂Oは各0.15 g/鉢）施肥した。灌水は1日1回行った。

鉢上げ後は、低温に遭遇させていない‘夏芳’と‘大石四季成’は露地で、その他の品種は自然日長下の無加温のガラス室で栽培した。その後、6～18時の昼温/18時～翌日の6時の夜温を25/20°Cに設定した自然日長下のファイトトロン内に搬入して7～10日間順化させてから、昼温/夜温を30/25°Cに設定するとともに、日長処理を開始した。

自然光型ファイトトロン内に12時間、13時間、14時間、15時間の日長処理区を設けた。‘大和四季成’は16時間日長区も設けた。全ての日長処理区において、9～17時まで自然光下で栽培し、17時から翌日の9時まで厚さ0.07 mmのシルバーポリフィルムを二重にした覆いで遮光した。遮光した処理区の中で、12時間日長区は17～21時まで、13時間日長区は17～22時まで、14時間日長区は17～23時まで、15時間日長区は17～24時まで、16時間日長区は17時～翌日の1時まで電照した。光源には100 Wの白熱電

球を用いて補光した。株の直上の光量子束密度は26.0～36.5 μmol・m⁻²・s⁻¹であった。高温・日長処理は16週間行った。

3. 調査方法

高温・日長処理を開始する時に、肉眼で見える程度に発達していた花芽とランナーをすべて摘除した。この時、分枝していた分げつを2本残して他の分げつは摘除した。処理期間中は、旺盛な分げつを1本選び、これを一つの株と見なして調査を行った。イチゴでは、主枝の腋芽から発達した側枝を1次側枝、1次側枝の腋芽から発達した側枝を2次側枝のように呼ぶ。本実験で一つの株と見なした分げつは、本来は側枝であるが、便宜的に主枝とみなした。もう1本の分げつについては調査しなかった。なお、高温・日長処理開始時に摘除した分げつを分解して茎頂を実体顕微鏡で観察したところ、品種や低温遭遇の有無に関わらず、全ての分げつで花芽が分化していた。

高温・日長処理の開始後、新しく展開した葉の数（展開葉数）、一つ以上の花が開花した花房の数（開花花房数）、発生したランナーと側枝の数を1週間ごとに調査した。なお、本報ではランナーと側枝の数のデータは割愛した。調査した開花花房数は4週間ごとに合計して1株当たりの平均値を求め、第1図に表した。調査した開花花房とランナーは摘除した。イチゴの栽培では、側枝を1～2本残して摘除することがあるが、本実験では摘除しなかった。

各日長処理区に、低温に遭遇していない‘夏芳’と‘大石四季成’は9株、低温に遭遇した‘夏芳’と‘大石四季成’は5株、‘みよし’は9株、‘大和四季成’は10株供試したが、処理期間中に枯死した株はデータから除外した。供試した株数は第2表に示した。

結 果

処理期間中に展開した葉数の日長処理区による差は、‘大和四季成’で認められた（第2表）。他の品種では有意な差は認められなかったものの、低温に遭遇していない‘大石四季成’の13時間日長区と15時間日長区のように、平均値を見ると差があると見られる処理区もあった（第2表）。

Table 2 Effect of photoperiod on the growth of everbearing strawberry cultivars grown at high temperature^z.

Photoperiod (h)	Number of plants observed	Number per plant	
		Expanded leaves	Inflorescences
Kaho (non-chilled)			
12	9	17.3 a ^y	3.2 b
13	7	19.6 a	3.3 b
14	9	19.9 a	3.9 ab
15	9	21.0 a	6.3 a
Ohishi-shikinari (non-chilled)			
12	6	26.2 a	1.7 b
13	5	23.6 a	2.2 b
14	8	32.1 a	7.8 a
15	7	34.3 a	9.3 a
Kaho			
12	5	16.6 a	4.6 b
13	5	16.6 a	6.2 b
14	4	15.3 a	5.8 b
15	4	20.0 a	11.8 a
Ohishi-shikinari			
12	5	21.6 a	5.8 a
13	4	14.3 a	6.5 a
14	5	21.6 a	12.0 a
15	5	21.0 a	11.4 a
Miyoshi			
12	7	18.0 a	5.3 b
13	8	13.1 a	7.4 ab
14	6	14.2 a	8.2 ab
15	7	13.6 a	8.4 a
Yamato-shikinari			
12	10	24.2 ab	2.7 b
13	9	19.0 b	2.3 b
14	9	19.4 b	2.3 b
15	10	19.4 b	3.7 b
16	10	27.4 a	8.3 a

^z Plants were grown at day (6:00–18:00)/night (18:00–6:00) temperatures of 30/25°C for 16 weeks. The outlines of cultivation for each cultivar are shown in Table 1.

^y Different letters within cultivars and columns indicate significance at $P = 0.05$ by Tukey-Kramer multiple comparisons test.

処理期間中に開花した花房数は、低温に遭遇した‘大石四季成’では日長処理区間で有意な差は認められなかったものの、14, 15 時間日長区で多いものとみられた。低温に遭遇していない‘大石四季成’では14, 15 時間日長区で有意に多かった。‘夏芳’では低温遭遇の有無に関わらず15 時間日長区で多かった。‘みよし’では13, 14, 15 時間日長区で多く、‘大石四季成’では16 時間日長区で有意に多かった(第2表)。

開花花房の発生は、日長処理区により、処理終了時まで停止するものと発生し続けるものが認められた(第1図)。その境となる日長には、品種による違いがみられた。‘夏芳’の場合は、低温遭遇の有無に関わらず、14 時間日長区と15 時間日長区の間、‘大石四季成’の場合は、低温遭遇の有無に関わらず、13 時間日長区と14 時間日長区の間、‘みよし’

の場合は、12 時間日長区と13 時間日長区の間、‘大石四季成’の場合は、15 時間日長区と16 時間日長区の間であった。

それぞれの品種において、開花花房の発生が停止した側枝の茎頂を実体顕微鏡で観察したところ、花芽は認められなかった。

以上の結果、30/25°Cにおける花芽分化の限界日長は、‘夏芳’は14 時間と15 時間の間、‘大石四季成’は13 時間と14 時間の間、‘みよし’は12 時間と13 時間の間、‘大石四季成’は15時間と16時間の間に存在することが示された。

考 察

本実験の結果、イチゴの四季成り性品種を30/25°Cのような高温条件下で生育させると、‘サマーベリー’以外の品種も花芽分化の限界日長が示され、限界日長より短い日長では花芽分化が停止する質的長日性を示すことと、限界日長は12 時間から16 時間の間で品種間差があることが示された。質的長日性が示されるのは、高温と短日の組み合わせた条件下であると見られるが、‘夏芳’では平均気温26°C付近で15 時間より短い自然日長条件下(泰松・芳岡, 1984)、『大石四季成』では30/25°Cの12 時間日長(施山ら, 1989)で花芽分化や花房の発生が抑制されると報告されており、本実験の結果と一致した。

熊倉・宍戸(1995)は、四季成り性品種の‘エバーベリー’、『円雷’、『サマーベリー』を供試して、30°Cにおいて、4 時間、8 時間、16 時間日長で栽培した場合、発育が途中で停止するものの、花芽が分化することを指摘している。しかし、本実験では、いずれの品種も、限界日長より短い日長では花芽の分化が認められず、限界日長より長い日長では花芽は正常に発達した。熊倉・宍戸(1995)において、16 時間日長で花芽が座止した原因は、温度が30°C一定で、30/25°Cとした本実験より高かったことや、人工光で栽培したために、自然光で栽培した本実験より光強度が弱く、光合成産物が十分に生産されなかったことが考えられる。一方、本実験より高温・短日の条件下においても、熊倉・宍戸(1995)で花芽が分化した原因は不明である。

‘夏芳’と‘大石四季成’は、ランナーが発生した年の11月と、露地で越冬させた翌年の6月に同様の高温・日長処理を開始したが、いずれの品種も、低温遭遇の有無に関わらず、限界日長が認められた。‘サマーベリー’でも、6月に発生したランナー苗を7月から処理した場合(西山ら, 1999)、7～8月に発生したランナー苗を12月から処理した場合(西山ら, 1998)、露地で越冬させた苗を供試した場合(Nishiyama・Kanahama, 2002)で限界日長が示されたことから、株の低温前歴に関わらず、イチゴの四季成り性品種を30/25°Cで栽培すると、質的長日性を示すと考えられる。

なお、温度について、四季成り性品種と同様に長日で花芽分化する品種群であるDay-neutral型品種の‘Tribute’を栽培した場合、通常、夏でも花芽分化するところ、気温が35°C以上の年は花芽分化が抑制されたことが報告されて

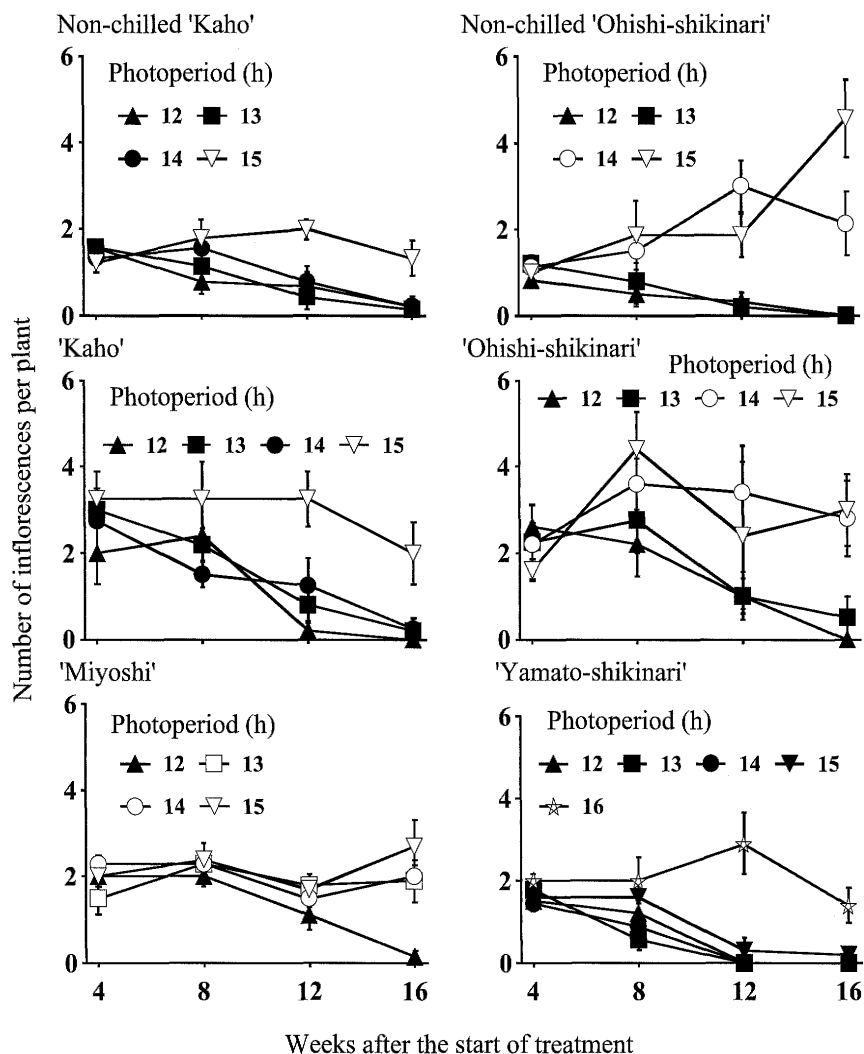


Fig. 1 Effect of photoperiod on the number of inflorescences per plant grown at 30/25°C. Data are shown as averages of every 4-week period. Vertical bars represent SE. Solid symbols: After the high temperature and photoperiod treatment, plants were dissected under a microscope to observe the presence of flower buds. Plants had not initiated flower primordia under these photoperiods. Open symbols: Inflorescence production continued throughout the test period under these photoperiods. The outlines of cultivation for each cultivar are shown in Table 1.

いる (Durner・Poling, 1985). また, ‘夏芳’は平均気温 26°C 付近と, 本実験より低い温度でも花芽分化が抑制されている (泰松・芳岡, 1984). 温度の感受性に品種間差が存在する可能性があるため, 温度の範囲を広げて検討する必要がある。

摘 要

低温に遭遇したイチゴの四季成り性品種 ‘夏芳’, ‘大石四季成’, ‘みよし’, ‘大和四季成’を供試して, 30/25°C の高温条件下において日長処理を 16 週間行ったところ, いずれの品種も質的長日性を示し, ‘夏芳’は 14 時間以下, ‘大石四季成’は 13 時間以下, ‘みよし’は 12 時間以下, ‘大和四季成’は 15 時間以下の日長で花芽分化が停止した。また, 低温に遭遇していない ‘夏芳’と ‘大石四季成’も, 低温に遭遇した株と同様に, それぞれ 14 時間以下, 13 時間以下の日長で花芽分化が停止し, 質的長日性を示し, 限界日長は品種間で異なることが明らかとなった。

引用文献

- Durner, E. F., J. A. Barden, D. G. Himelrick and E. B. Poling. 1984. Photoperiod and temperature effects on flower and runner development in day-neutral, Junebearing, and ever-bearing strawberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 396–400.
- Durner, E. F. and E. B. Poling. 1985. Comparison of three methods for determining the floral or vegetative status of strawberry plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 808–811.
- 川村泰史・川下輝一・河野充憲. 1990. 四季成り性イチゴの秋冬どり栽培に関する研究. 第1報. 鉢受け時期と育苗環境. 徳島農試研報. 27: 29–38.
- 川下輝一. 1988. 四季成り性イチゴ新品種 ‘みよし’について. 徳島農試研報. 25: 1–4.
- 高野 浩・常松定信. 1993. 四季成り性イチゴの作型に関する研究. 第4報. 一年生株における心止まり現象. 園学雑. 62 (別1): 322–323.

- 高野 浩・常松定信. 1994. 四季成り性イチゴの作型に関する研究. 第5報. 電照および摘蕾処理が一年生株の心止まりに及ぼす影響. 園学雑. 63 (別1): 342–343.
- 熊倉裕史・矢戸良洋. 1995. イチゴ四季成り性品種の花芽分化に及ぼす温度と日長の影響. 園学雑. 64: 85–94.
- Nishiyama, M. and K. Kanahama. 2002. Effects of temperature and photoperiod on flower bud initiation of day-neutral and everbearing strawberries. *Acta Hort.* 567: 253–255.
- 西山 学・大川 亘・金浜耕基. 1998. 休眠期における四季成り性イチゴの栄養生長と生殖生長を誘導する温度と日長条件. 園学雑. 67: 228–235.
- 西山 学・大川 亘・金浜耕基. 1999. 四季成り性イチゴ‘サマーベリー’の一年生苗における花房発生に及ぼす温度と日長の影響. 園学雑. 68: 192–194.
- Nishiyama, M., W. Ohkawa, Y. Kanayama and K. Kanahama. 2006. Critical photoperiod for flower bud initiation in everbearing strawberry ‘Summerberry’ plants grown at high temperature. *Tohoku J. Agric. Res.* 56(3–4): 1–8.
- Oda, Y. and T. Yanagi. 1990. Studies on propagation by using runner apex tissue culture in everbearing strawberry. *Abstr. 23rd Inter. Hort. Congress* 1: 143.
- 施山紀男・今田成雄. 1990. イチゴ品種の生態特性に関する研究. 第4報. 四季成り性品種の生育と開花の季節推移に及ぼす日長の影響. 園学雑. 59 (別1): 436–437.
- 施山紀男・三浦周行・今田成雄. 1989. イチゴ品種の生態特性に関する研究. 第2報. 四季成り型とday-neutral型の生長・開花に対する日長・気温の影響の差異. 園学雑. 58 (別1): 342–343.
- Smeets, L. 1980. Effect of temperature and daylength on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. *Sci. Hort.* 12: 19–26.
- 泰松恒男. 1993. イチゴ四季成り性品種の生態特性の解明並びにその生産性の確立に関する研究. 奈良農試特別研報. 1–206.
- 泰松恒男・芳岡昭夫. 1984. 四季成りイチゴの生理生態特性の解明に関する研究. 第1報. 夏どり品種‘夏芳’の露地条件下の収穫パターンと花成反応. 園学要旨. 昭59秋: 186–187.
- 高橋春實. 2000. ‘大石四季成’. 日本における四季成り性イチゴ育種の先覚者大石俊雄のプロフィールと育種への思い. 日本イチゴセミナー紀. 9: 86–91.
- 刀祢茂弘. 1992. 四季成り性イチゴ‘サマーベリー’の収量に及ぼす長日処理の影響. 園学雑. 61 (別2): 440–441.