イチゴの夏季栽培における花房およびランナーの発生に及ぼす 冬季の低温前歴と夏季の温度条件の影響

柳 智博・織田弥三郎*

大阪府立大学農学部 591 大阪府堺市百舌鳥梅町

Effects of Winter Chilling and Summer Temperature on Inflorescence and Runner
Production During Summer Season in Cultivated Strawberries
(*Fragria × ananassa* Duch.)

Tomohiro Yanagi and Yasaburo Oda

College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai, Osaka 591

Summary

The present study was conducted to determine the effect of winter chilling and summer temperature on the production of inflorescences and runners of three types of strawberry cultivars: The everbearer, 'Ostara' and 'Rabunda'; the June-bearer, 'Hokowase' and 'Reiko'; and the intermediate type, 'Aiko' and 'Kletter Erdbeere Hummi'. Each cultivar was divided into two groups. One group was stored at 1°C for four months until 11 March 1987; the other was grown in a heated greenhouse also for four months. At the end of the four months, all plants were grown in the open field of Osaka Prefectural University (OPU) until May, 1987. Each group was then divided into three sub-groups and grown at three areas having different summer temperatures: A) a high temperature area (OPU), B) an intermediate temperature area (Nose), and C) a cool temperature zone (Mt. Gomadan). The numbers of inflorescences and runners were counted periodically from May to September, 1987.

1. The everbearers, 'Ostara' and 'Rabunda', produced few runners but successively produced inflorescences throughout the summer at all three site, irrespective of the temperature treatments they received the previous winter.

2. The June-bearers, 'Hokowase' and 'Reiko', successively produced runners at all sites in the summer. Both cultivars produced flowers in midsummer but little or none in September, even when the plants were not chilled previously and grown in a region with a cool summer.

3. The intermediate types, 'Aiko' and 'Kletter Erdbeere Hummi', produced some flowers in midsummer and a few in late summer, even if they had no previous chilling. Conversely, these types progressively formed more runners in summer, especially if they had been chilled the previous winter.

4. From these results, we arrived at these conclusions: 1) chilling treatment in winter and the summer temperature have little effect on the everbearing types; they bloom regardless of these conditions; 2) flowering of non-chilled June-bearers occurred in midsummer but some in the fall when they were producing numerous runners; chilled plants produced less flowers and more runners; and 3) sensitivity to flower induction of the intermediate types of strawberry cultivars may be altered by controlling their dormancy prior to planting by chilling and then subjecting them to long days and cool temperatures during the growing season.

1990年12月20日 受理. 本報告の一部は平成元年度園芸
学会秋季大会において発表した.

*現在: 横浜国立大学教育学部.

緒 言

Darrow (2, 3) は、栽培イチゴの四季成り現象(結実が春から秋まで連続して起こる現象)には、遺伝的に四季成り性を有する品種が示す場合と、通常は一季成り性の品種が環境条件の影響により示す場合との、2種類が認められることを報告した。その後、イチゴについては花芽形成の生理に関する研究が多数行われてきた。花芽形成と光周性との関係については、四季成り品種は長日性(3, 4, 13)あるいは中性(5, 6)であること、また一季成り品種は短日性あるいは量的短日性(3, 6, 8)であることが報告されている。これらの報告は春から夏の長日条件下において四季成り品種の花芽分化が連続的に起こり、一季成り品種の花芽分化が長日条件下では起こらないことを生理的に裏付けられるものであると考えられている。しかし、光周性以外の要因として冬季の低温前歴がイチゴの花芽分化を抑制することも報告されている(6, 12, 15)。したがって、四季成り品種では冬季に低温遭遇した場合にも春以降の花芽分化が抑制されにくく、一季成り品種では冬季に低温遭遇しなかった場合、春以降にも花芽分化が可能であると推定できる。

一方、著者ら(16, 17, 18)は四季成りおよび一季成り品種の花芽形成に及ぼす低温前歴と生育中の日長条件の影響をあわせて検討し、供試したイチゴ品種を低温前歴に対する反応と光周性とによって次の3タイプに大別した。すなわち、1) 長日条件および低温前歴による花芽形成の抑制作用がほとんど認められない四季成り品種、2) 長日条件および低温前歴によって花芽形成が著しく抑制される一季成り品種、および3) 日長にかかわらず花芽を形成するが、低温前歴の影響で一定期間花芽形成が抑制される中間性品種、の3タイプである。

以上のように、イチゴの花芽形成の生理に関しては多くの研究が報告されているが、イチゴの四季成り現象については未だ不明な点があり、四季成り品種はいかなる花芽形成の生理的特性を有するために四季成り現象を示すのか、また一季成りおよび中間性品種はいかなる環境条件下で四季成り現象を示すのか、について十分解明されていない。

本研究は栽培イチゴの四季成り現象が起こる理由を解明する目的で、花芽形成の生理的特性が異なるこれら3タイプのイチゴ品種を供試し、冬季における低温処理の有無と夏季における温度条件が、花房およびランナーの発生に及ぼす影響について調査した。

なお近年、Himelrick (7) はイチゴ品種を一季成り品種(June-bearer)、四季成り品種(Everbearer)および中性品種(Day-neutral)に分類し、四季成り品種は収穫期が春と秋の二季成り性であり、中性品種は春、夏および秋の三季成り性であると報告している。これは、Darrow (2) が1917年に三季成り性のものを四季成りイチゴ(Everbearing strawberry)と記載したことと異なっている。Nicoll・Galletta (9) およびSimpson・Sharp (14) は最近の報告において、三季成り性の品種に対しEverbearing strawberryの用語をあてている。そこで、本報告では用語の混乱を避けるために、以前から用いられているDarrowの分類に従うことにした。

材料および方法

1. 材 料

供試品種は、四季成り品種の'Ostara'と'Rabunda'、一季成り品種の'宝交早生'と'麗紅'、また中間性品種の'Aiko'と'Kletter Erdbeere Hummi'(以後'Kletter'と略す)の計6品種である。

2. 処理と栽培

1986年の夏季に、堺市大阪府立大学の露地条件下で栽培した親株から発生した子株を、同年9月上旬に培養土を充たした4号鉢に仮植し、後述の処理開始日まで同一の露地条件下で管理・育成した。肥料としてIB化成S1号(N-P-K=10-10-10)を1鉢当たり約3g与え、灌水は適時行った。

1) 冬季の温度処理: 冬季の温度処理は、株冷蔵による低温処理と温室内における加温処理の2処理である。低温処理については、1品種当たり15株をビニル袋内に密閉し、11月6日から翌年3月11日までの期間、1℃で冷蔵し行った。また、加温処理として11月24日から翌年3月11日まで、最低気温10℃、最高気温25℃に制御した温室内で1品種当たり15株を栽培した。なお、3月11日から栽培地に定植するまでの期間については、各処理株の栽培は大阪府立大学の露地条件下で行われた。温室および実験地に定植するまでの期間については、肥料としてIB化成S1号(N-P-K=10-10-10)を約2か月おきに1鉢当たり約3gずつを与え、適時に灌水を行った。

2) 夏季の栽培地: 夏季の栽培温度条件の影響を見るため、冬季に低温および加温処理した株をおのの3グループに分け、夏季がかなり高温となる堺市大阪府立大学(高温地)、標高が約1,100mの和歌山県磯摩壇山(涼温地)、両地の中間的な温度条件の大阪府豊

能郡能勢町（中温地）に定植して栽培を続けた。第1図は各地域の5月から9月までの日平均気温であり、大阪管区気象台発行の大阪府気象月報（1987年5月から9月）の堺市と能勢町の気温および護摩壇山で実測した気温を基に作成したものである。なお、予想したように各栽培地の平均気温には差があり、高温地が最高、涼温地が最低、中温地が中間の気温で推移した。したがって、夏季の温度条件の設定は一応達成されたものとみなした。

定植については、高温地で5月3日、涼温地で5月24日、中温地で5月10日に行い、各栽培地とも5畦による乱塊法に従った。なお、畦の大きさは、幅1.2m、長さ4.5mであり、そこに1品種1処理（冬季の温度処理）につき1株、計12株を株間30cm、条間40cmの間隔で配置した。施肥については定植時に緩効性被覆肥料ロング140（N-P-K=14-12-14）を窒素成分で10kg/10aとなるように与えた。各栽培地における灌水はできるだけ一定にした。

ちなみに、夏季における日長条件は3栽培地間ではほとんど差がなく、花芽形成への影響はないと考えた。また、土壌条件については3栽培地で異なるものの、土壌条件がイチゴの花芽分化に及ぼす影響を認めた報告がほとんどないことから、特に調査しなかった。

3. 花房数とランナー発生の調査

1987年5月から1987年10月まで、20日から30日の間隔で、現存花房数とランナー発生数について調査

を行った。なお、各時点での調査後、枯死葉、成熟果、果実のなくなった花房およびランナーを除去した。

結 果

1. 夏季における現存花房数の変化

第2図に、供試したイチゴ6品種における冬季の温度処理および栽培地が異なる場合の5月から9月にかけての株当たり現存花房数について示した。

四季成り品種の'Ostara'と'Rabunda'の現存花房数は、冬季の温度処理および栽培地の違いにかかわらず、調査時期が進むに伴って増加する傾向を示した。すなわち、高温地（A）、中温地（B）および涼温地（C）のいずれにおいても両品種の現存花房数は、調査開始時には低温処理株で皆無か、それに近く、加温処理株で1～2本であったが、調査打ち切り時には両処理間の差が小さくなり、3～5本に増加した。

一季成り品種の'宝交早生'と'麗紅'は、冬季に低温処理した株では、6月ないし7月以降にはいずれの栽培地においても花房の発生が認められなかった。また、冬季に加温処理した株では高温地Aと中温地Bで7月下旬まで、さらに高温地Cでは8月下旬まで花房が認められたが、その時期以降にはほとんど花房が存在しなくなった。このことから、一季成りの両品種では冬季に低温遭遇した場合には春以降の花芽分化が抑制され、また低温遭遇しなかった場合には花芽分化が春以降も連続するものの、初夏には高温および長日条件の影響で花芽分化が抑制されたと考えられる。

Fig. 1. Changes in daily mean air temperatures from May to September at three regions where strawberries were cultivated (1987). A: High temperature region—low land of Sakai. B: Intermediate temperature region—Nose. C: Cool temperature region—high elevation of Mt. Gomadan.

中間性品種の'Aiko'と'Kletter'の現存花房数は高温地 A と中温地 B では一季成り品種に近い, また涼温地 C で四季成り品種に近い変動傾向を示した. このことから, 中間性の両品種は冬季に低温遭遇するとそれ以降の花芽分化が抑制されるが, 冬季に低温遭遇しなかった場合および夏季が涼温の場合には, 長日条件においても花芽分化が可能であると考えられる.

2. 夏季におけるランナー発生数の変化

調査した日の間隔が 20 日から 30 日と異なる場合があったため, 各期間内に発生したランナー数の多少を

直接比較できないので, 各調査期間ごとに 1 株 1 日当たりのランナー発生数として第 3 図に示した.

四季成り品種の'Ostara'と'Rabunda'では, 冬季の温度処理および栽培地の違いにかかわらず, ランナーはほとんど発生せず, 1 株 1 日当たりのランナー発生数が 0.1 本以下であった.

一季成り品種である'宝交早生'と'麗紅'は, 高温地 A および中温地 B では涼温地 C に比べてランナーの発生が多かった. 冬季の温度処理による違いについて見ると, 6 月には冬季に加温処理した株に比べ低温処理し

Fig. 2. Seasonal changes in the number of inflorescence of pre-chilled (○) and non-chilled (●) strawberry cultivars grown at three regions (1987). Regions, A, B and C are as in Fig. 1.

² Kletter Erdbeere Hummi.

た株でランナーの発生が多かったものの、7月以降には冬季の温度処理の違いによらず同程度に発生した。

中間性品種の'Aiko'と'Kletter'では、涼温地 C においては冬季に低温処理した株でランナーの発生が認められたが、加温処理した株ではランナーはほとんど発生しなかった。高温地 A と中温地 B では、冬季の温度処

理の違いによらずランナー発生が認められたが、低温処理した株のランナー発生数は加温処理した株のそれに比べて多かった。

考 察

1. 四季成り品種の四季成り現象について

本実験結果から、四季成り品種である'Ostara'および

Fig. 3. Seasonal changes in the number of runners in pre-chilled (□) and non-chilled (■) strawberry cultivars grown at three regions (1987). Regions A, B and C are as in Fig. 1.

² See Fig. 2.

³ A1: 25 May-27 Jun., A2: 28 Jun-20 Jul., A3: 21 Jul-10 Aug., A4: 11 Aug-2 Sep.

B1: 31 May-21 Jun., B2: 22 Jun-22 Jul., B3: 23 Jul-11 Aug., B4: 12 Aug-5 Sep.

C1: 30 May-24 Jun., C2: 25 Jun-23 Jul., C3: 24 Jul-21 Aug., C4: 22 Aug-23 Sep.

‘Rabunda’は冬季の温度処理および夏季の栽培地の違いにかかわらず、夏季において連続的に花房発生することが認められた。この結果から、四季成り品種は冬季の低温遭遇による花芽分化の抑制が小さく、また夏季にかなりの高温・長日条件下であっても花芽分化が可能であるといった生理的特性を有するために四季成り現象を示すものと考えられる。

既に Oda・Yanagi (11) は、四季成りイチゴ品種である‘Summerberry’のランナーの先端における花芽分化について調査し、親株から発生した後2週間を経過したランナーは、発育中の平均気温が26℃以上になると花芽を分化しないことを報告した。また著者ら (16, 17) は、四季成り品種では冬季の低温遭遇および日長条件が花芽分化に対して及ぼす抑制作用が小さいことを報告した。

これらのことから、四季成り品種は生長が停滞して休眠状態となる冬季の低温条件や花芽分化を抑制する夏季の高温条件に遭遇しない限り、花房の発生が連続して起こるものと考えられる。

2. 一季成り品種の四季成り現象について

いずれの栽培地において一季成り品種の‘宝交早生’と‘麗紅’では、冬季加温処理株は低温処理株に比べて花房の存在する期間が長く、夏季にまで及んでいた。しかし、8、9月頃になると冬季に加温処理した株は花房発生が止まり、ランナーの発生が旺盛になり、低温処理株と同様の生育を示した。この結果から、一季成り品種は、冬季の低温遭遇の有無にかかわらず、7月以降になると長日条件のため花芽分化が抑制されるものと考えられる。この点に関連して、Guttridge (6) が一季成りのイチゴ品種は15~24℃の温度条件では、限界日長が約14時間の短日性を示すと指摘している。一方、織田 (10) は、冬季に温暖で夏季に冷涼でありまた年間を通して日長が14時間以下であるブラジル・サンパウロ州の高地では、本実験でも供試した品種‘麗紅’が四季成り現象を示すことを報告している。

これらのことから、一季成り品種は長期間低温遭遇すると、その後の花芽分化が抑制され、また短日性の生理的特性を有するため、冬季が温暖で護摩壇山以上に夏季が涼温か、あるいは日長が14時間をこえない地域において四季成り現象を示すものと考えられる。

3. 中間性品種の四季成り現象について

著者ら (18) は既報で短日性の一季成り品種とみなしていた米国カリフォルニア州の育成品種の‘Aiko’が他の一季成り品種と異って、長日条件下でも花芽分化す

ることを明らかにし、カリフォルニアにおけるイチゴの夏採り生産の成立には、このような品種特性も寄与しているものと考察した。本実験では‘Aiko’の冬季加温株の花房発生は、夏季が涼温の条件下(C地)では、上記のカリフォルニアにおけるのと類似した傾向を示した。これらのことから、‘Aiko’は冬季に十分な低温に遭遇しない場合には、春以降の長日条件下でも花芽分化するものと考えられる。ただし、高温地および中温地に限って夏季に花房数が減少したことから、花芽分化が可能な限界温度は四季成り品種に比べて低いものと考えられる。

カリフォルニアでのイチゴの夏採り生産は、1) 冬季が温暖であるため、低温前歴の影響による花芽分化の抑制が起こらない、2) 用いられる品種の特性として長日条件でも花芽分化を行う、等の要因が重なって、成立しているものと推定できる。Bringhurst・Voth (1) は、過去35年間におけるカリフォルニアのイチゴ生産量の増加について、品種改良が大きく貢献したことを言及しているが、具体的にどのような形質に対する選抜・改良が収量増加に寄与したかについては述べていない。著者らは既に報告した一連の研究結果から、カリフォルニアでは初期には短日性品種であったものが、近年の育種により長日条件下でも花芽分化できる品種へと変化したことが一因して、収穫期間の延長による反収の増加ならびに夏採り産地の拡大、などが起こったためと推定している。

摘 要

栽培イチゴの四季成り現象が起こる理由を解明する目的で、四季成り品種(‘Ostara’・‘Rabunda’)、一季成り品種(‘宝交早生’・‘麗紅’)、中間性品種(‘Aiko’・‘Kletter Erdbeere Hummi’)の夏季における花房とランナーの発生に及ぼす冬季の低温前歴ならびに夏季の温度条件の影響について検討した。すなわち、1986年11月から翌年3月上旬までの期間、供試株に低温処理(1℃の株冷蔵)あるいは加温処理(10℃以上の温室内で栽培)を行い、大阪府立大学の露地条件下で栽培した後、1987年5月に高温地(大阪府立大学)、中温地(大阪府能勢町)および涼温地(和歌山県護摩壇山)に移植して栽培を続けた。同年の5月から10月まで、現存花房数とランナー発生数について調査を行った。

1. 四季成り品種の‘Ostara’・‘Rabunda’は、冬季の温度処理および夏季の栽培地の違いによらず夏季におけるランナー発生が乏しく、また連続的に花房が発生した。

2. 一季成り品種の‘宝交早生’と‘麗紅’は、低温処理株では各栽培地とも花房をほとんど発生しなかった。これに対して加温株の花房は6月中には認められたものの次第に減少し、9月にはほとんど認められなくなった。一方、ランナーの発生は高温地ほど旺盛であった。

3. 中間性品種である‘Aiko’と‘Kletter Erdbeere Hummi’では、冬季加温処理株では涼温の栽培地においてのみ連続的に花房が発生したが、低温処理株では花房発生が少なかった。また、ランナー発生は四季成り品種と一季成り品種の中間であった。

4. 以上の結果から、1)四季成り品種の四季成り現象は冬季の低温前歴および夏季の温度条件に関係なく起こる、2)一季成り品種は、冬季の低温遭遇の有無にかかわらず、夏季の長日条件の影響により花房発生が止まる、3)中間性品種は、冬季の低温に遭遇しない場合に限り、夏季の涼温・長日条件下でも花芽分化を行うため四季成り現象を示す、などのことが考えられる。

謝 辞 本研究をまとめるに当たり、校閲して頂いた大阪府立大学名誉教授大沢孝也先生に対し深謝の意を表します。

引用文献

1. Bringhurst, R.S. and V. Voth. 1984. Breeding octoploid strawberries. Iowa State J. Res. 58 : 371-381.
2. Darrow, G.M. 1917. Everbearing strawberries. U.S. Dept. Agr. Farmers' Bull. 901 : 1-20.
3. Darrow, G.M. and G.F. Waldo. 1934. Responses of strawberry varieties and species to duration of the light period. U.S. Dept. Agr. Technical Bull. 453 : 131.
4. Downs, R.J. and A.A. Piringer. 1955. Differences in photoperiodic responses of everbearing and June-bearing strawberries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 66 : 234-236.
5. 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, June-bearing, and everbearing strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 396-400.
6. Guttridge, C. G. 1985. *Fragaria* × *ananassa*. p. 16-33. In: A.H. Halevy (eds.). CRC Handbook of Flowering, Vol. 3. CRC Press. Inc.
7. Himerlick, D.G. 1984. Day-neutrals, everbearers and June-bearers : Sorting out the differences. Fruit grower 104 : 13.
8. Ito, H. and T. Saito. 1962. Studies on the flower formation in the strawberry plants. I. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. Tohoku J. Agric. Res. 13 : 191-203.
9. Nicoll, M.F. and G.J. Galletta. 1987. Variation in growth and flowering habits of June-bearing and everbearing strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 872-880.
10. 織田弥三郎. 1988. 亜熱帯, 熱帯におけるイチゴ生産. ブラジル, サンパウロ州の事例を中心に, 日本熱帯農業学会第64回講演要旨 : 44-45.
11. Oda, Y. and T. Yanagi. 1990. Studies on propagation by using runner apex tissue culture in everbearing strawberry. Abstr. 23th Inter. Hort. Congress 1. 143.
12. 施山紀男・高井隆次. 1986. イチゴの発育とその周期性に関する研究. 野菜試報 B(盛岡) 6 : 31-77.
13. 清水達夫・中村 浩・山田英一・高橋和彦. 1976. 温度・日長と野菜の花成に関する研究. 野菜試栽培部年報(昭51). 6 : 63-66.
14. Simpson, D.W. and D.S. Sharp. 1988. The inheritance of fruit yield and stolon production in everbearing strawberries. Euphytica 38 : 65-74.
15. Voth, V. and R.S. Bringhurst. 1958. Fruiting and vegetative response of Lassen strawberries in southern California as influenced by nursery source, time of planting, and chilling history. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 72 : 186-197.
16. 柳 智博・織田弥三郎. 1989. 四季成り及び一季成りイチゴ品種の花芽形成に及ぼす低温遭遇の有無と日長の影響. 園学雑. 58 : 635-640.
17. 柳 智博・織田弥三郎. 1990. 低温前歴が四季成り及び一季成りイチゴ品種の花房とランナーの発生に及ぼす影響. 園学雑. 59 : 357-363.
18. 柳 智博・織田弥三郎. 1991. 8 倍体イチゴの栽培品種及び野生種系統の長日条件下における花房発生特性とその分類. 園学雑. 59 : 737-743.