イチゴの花芽形成時における雌ずいの 分化時期と発育速度の変異

吉田裕一・時實充洋・藤目幸擴・中條利明

香川大学農学部 761-07 香川県木田郡三木町

Variations in the Duration of Pistil Differentiation and Growth in Primary Flower Bud in Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)

Yuichi Yoshida, Michihiro Tokizane, Yukihiro Fujime and Toshiaki Chujo

Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-07

Summary

The duration of pistil differentiation and enlargement on the receptacle of primary flower buds of five strawberry cultivars were investigated to clarify the cause of malformation in 'Ai-Berry'. This clone produces fruits with immature achenes on the distal region of receptacle.

1. 'Ai-Berry' had the largest number of rows of pistils between the base and apex of receptacles. The time interval between the onset of differentiation of the basal to the apical pistils was the longest compared to the other four cultivars. Except for the 'Hokowase', the rate of individual pistil differentiation was more rapid than it was in the other three cultivars. Hence, the duration for the complete differentiation of all pistils was the consequence of the large number of rows.

2. Basal pistils of 'Ai-Berry' grew more rapidly than did those on the apex so that there was a large difference in ovary diameter and stage of development between them at anthesis. Moreover, the number of days from the end of pistil differentiation to anthesis was fewer than were those of the four other cultivars. Accordingly, fruit malformation in 'Ai-Berry' is a consequence of the pistils on the distal region of receptacle not being mature at anthesis so that they were probably not pollinated and did not set seeds.

3. In 'Hokowase', the duration of pistil differentiation was shortest and the basal pistils compared to the distal ones grew most rapidly among the cultivars examined. Except for the 'Ai-Berry', the difference in ovary diameters between basal and distal pistils was greater in 'Hokowase' than in the other three cultivars.

4. In contrast to 'Ai-Berry' and 'Hokowase', the apical pistils of 'Reiko', 'Toyonoka' and 'Nyoho' grew faster than did those on the base of receptacle. Hence, the difference in ovary diameters between them was not large at anthesis.

緒 言

イチゴ (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) '愛ベリー' は果実肥大特性、収量性がともに優れ、注目されている品種であるが、花床先端部に不稔種子を伴う奇形果が多発しやすいという欠点を持っている (4, 5, 6)。著者らは、開花時に花床頂部と基部の雌ずいの間の発育段階の差

が大きく、花床頂部の雌ずいが未成熟なまま開花するため、奇形果が発生することを明らかにした (7)。さらに、花芽発育期の多窒素施肥と低温によって花床上での雌ずいの分化時期の幅が大きくなり、その結果開花時の発育段階の差が大きくなることを既に報告した (9, 10)。

イチゴの花器はがく片から順次分化し、雌ずいは花床基部から頂部へと分化が進むため (2, 9, 10)、花床頂部と基部の雌ずいは分化時期が異なる。そのため、

1991年2月7日受理。大果系イチゴの奇形果発生に関する研究。第7報。本報告の概要は1990年園芸学会中四国支部大会において発表した。

いずれの品種においても花床頂部の雌ずいは基部の雌ずいより小さいが、他の品種と比べて‘愛ベリー’はその差が著しく大きい(8)。

本実験では、開花時において雌ずい間の発育段階の差が大きくなる要因を明らかにするため、‘愛ベリー’と数品種のイチゴを用いて、花芽、特に雌ずいの分化と発育過程について比較検討した。

材料および方法

実験には、‘愛ベリー’とその両親系品種である‘宝交早生’、‘麗紅’(4)に、現在の促成栽培における主要品種である‘とよのか’、‘女峰’を加えて合計5品種を供試した。

1989年7月17日に10.5 cm 黒ポリポットに鉢上げし、8月20日までOK-F-1(大塚化学、 $N-P_2O_5-K_2O=15-8-17$)500倍液を5日毎に50 ml ずつ施与した。用土はマサ土2:ピートモス1(V:V)とし、苦土石灰と過磷酸石灰を用土1 liter 当たり0.5 g ずつ混和した。

9月21日に畦幅120 cm、株間15 cm で定植した。元肥施肥量は、N、 P_2O_5 、 K_2O それぞれ10 a 当たり15 kg とし、硫酸、硫酸加里、過磷酸石灰で施与し、9月28日に窒素成分で株当たり0.3 g となるように燐硝酸加里($N-P_2O_5-K_2O=16-10-14$)で追肥を行った。12月下旬以降適宜液肥を施与した。GA₃処理は‘宝交早生’、‘とよのか’について行い、10月21日(10 ppm)と10月31日(5 ppm)にそれぞれ株当たり5 ml ずつ処理した。最低気温が10℃以下となり始めた10月21日から保温を開始し、日中最高気温28℃を目安に換気扇による強制換気を行った。ハウス内気温が5℃以下となり始めた12月1日から夜間2重被覆とし、夜間の保温につとめた。電照は11月2日から行い、日長延長による16時間日

長とした。その他の管理は慣行に従った。

10月1日から5日毎に各品種3個体を採取し、生長点近傍組織または頂花房1番花原基を2%グルタルアルデヒドで固定した。水洗後、実体顕微鏡下で花芽の発育段階を判定し、エタノール系列で脱水後、走査型電子顕微鏡(日立、S-800)による観察を行った。花芽の分化発育段階は、既報(10)の基準に従って分別した(第1図脚注参照)。ただし、‘愛ベリー’以外の4品種については、花床上で分化した雌ずい列数が15列未満であっても間もなく雌ずい分化が終了すると考えられる場合には、雌ずい分化後期と判定した。また、各品種5個体から頂花房1番花を開花当日に採取固定し、実体顕微鏡下で既報(8)と同様に花器形質を調査した。開花日は花器形質の調査に供試した5個体および同様に栽培した10個体の合計15個体の平均値を用いた。なお、雌ずい分化開始日と終了日等の推定方法については結果の中で述べる。

結 果

1. 花芽の発育経過

9月21日の定植日の花芽の分化発育段階は、‘愛ベリー’、‘宝交早生’、‘麗紅’が未分化、‘とよのか’、‘女峰’が分化初期または花房分化期であった。また、定植10日後には、‘愛ベリー’、‘宝交早生’、‘麗紅’が分化初期または花房分化期であったのに対して、‘とよのか’、‘女峰’はがく片分化期または雄ずい分化期に達しており、‘とよのか’、‘女峰’は他の3品種と比較して明らかに花芽分化が早かった。

定植10日目以後の各品種の花芽発育経過を第1図に示した。

Fig. 1. Differences in flower bud development in 5 strawberry cultivars. I; initiated, II; cluster formed, III; sepal differentiated, IV; stamen differentiated, V; early stage of pistil differentiation, VI; middle stage of pistil differentiation, VII; late stage of pistil differentiation, VIII; end of pistil differentiation.

Fig. 2. Scanning electron micrographs of terminal flower buds in 'Ai-Berry' (A), 'Hokowase' (B) and 'Toyonoka' (C) strawberries at different stages of flower bud development. Upper; early stage of pistil differentiation (A; 30 days, B; 20 days and C; 20 days after planting), lower; late stage or end of pistil differentiation (A; 45 days, B; 35 days C; 35 days after planting). Bars indicate 200 μ m.

‘愛ベリー’は、定植 25 日後には 3 個体のうち 2 個体で、30 日後には全個体で雌ずいの分化が認められた。45 日後では一部の個体で花床頂部での雌ずいの分化が続いており、全個体が雌ずい分化終了期に達したのは定植 50 日後であった(第 2 図 A)。

‘宝交早生’、‘麗紅’は、定植 20 日後には一部の個体で雌ずいの分化が認められ、40 日後には全個体が雌ずい分化終了期であった(第 2 図 B)。

‘とよのか’、‘女峰’は、定植 20 日後には全個体で雌ずいの分化が認められ、40 日後には全個体が雌ずい分化終了期であった(第 2 図 C)。

雌ずい分化後期から終了期の個体について、花床頂部と基部の雌ずいの形態を第 3 図に示した。‘愛ベリー’

では定植 45 日後に花床頂部で雌ずいの分化が続いているにもかかわらず、基部の雌ずいには毛じが形成され、子房、花柱原基も明らかに肥大、伸長していた。それに対して、他の 4 品種では、ほぼ雌ずいの分化が終了した段階であっても、花床基部の雌ずいは小さかった。また、毛じも認められず、花柱原基がわずかに伸長しているだけであり、花床頂部と基部の雌ずいの間の發育段階の差は‘愛ベリー’よりも小さかった。

2. 雌ずい分化開始期および終了期と花器形質との関係

雌ずい分化開始期と終了期の推定に用いた花芽發育段階の階級値と定植後の日数との間の 1 次回帰式の係数を第 1 表に示した。

Fig. 3. Scanning electron micrographs of pistils in 'Ai-Berry' (A, 45 days after planting), 'Reiko' (B, 40 days) and 'Nyoho' (C, 35 days) strawberries at late stage or end of pistil differentiation; distal (upper) and proximal (lower) regions of receptacle. Bars indicate 200 μ m.

Table 1. Regression parameters ($Y=aX+b$) between days from planting (X) and developmental stages of flower bud (Y), correlation coefficients (r) and number of observations (n) in 5 strawberry cultivars.

Cultivar	a	b	r	nz
Ai-Berry	0.147	2.25	0.92	15
Hokowase	0.200	1.97	0.95	12
Reiko	0.160	2.77	0.94	15
Toyonoka	0.153	3.25	0.90	12
Nyoho	0.153	3.41	0.85	12

^z Data from the days that pistils on a primary flower of a strawberry plant began to differentiate and finished differentiating were used for this calculation. See Fig. 1.

本実験では、'愛ベリー'の花床の頂部と基部の雌ずいの発育段階の差が開花時に他の品種より大きくなる要因の究明を目的としたため、雌ずい分化終了期以後の花芽発育段階は分別しなかった。また、雄ずい分化期以前は、雌ずいの分化発育を指標としていない。そのため、1次回帰式を求めるに当たっては、雌ずいの分化程度によって分類した範囲だけを用いるように心がけた。すなわち、1個体でも雌ずい分化初期に達した日から、1個体でも雌ずい分化終了期に達した日までの範囲に限って各品種の花芽発育段階の階級値を数値化して用いた(第1図)。なお、雄ずい分化期については、雌ずい分化初期の前段階として数値化して用いた。

いずれの品種についても定植後の日数と花芽発育段階の階級値との間に高い相関が認められ、危険率は0.1%以下であったため、雌ずい分化開始日と終了日の推定

に十分用いることができると判断された。そこで、第1表の回帰式を用いて、花芽発育段階がそれぞれ4.5と7.5となる日を算出して雌ずい分化開始日と終了日の推定値とし、第2表に示した。

花床基部雌ずいの分化開始期(S)から花床頂部雌ずいの分化終了日(E)までの期間(E-S)は、'愛ベリー'が20.5日と最も長く、'宝交早生'は15.0日と最も短かった。花床頂部雌ずいの分化終了日から開花日(F)までの期間(F-E)は'愛ベリー'が12.7日と最も短く、'麗紅'が19.4日と最も長かった。また、雌ずい分化開始日から開花日までの期間(F-S)は、'宝交早生'が29.8日と最も短く、'麗紅'が36.8日と最も長かったが、'愛ベリー'は5品種中ほぼ中間の値であった。

第3表に頂花房1番花の雌ずいの子房幅、雌ずい列数と雌ずいの分化速度を示した。

花床頂部の子房幅は'愛ベリー'が他の4品種と比較して小さかった。基部の子房幅には品種間に有意差は認

められなかったが、'とよのか'、'女峰'がやや小さかった。花床頂部と基部の雌ずいの発育段階の差を示すと考えられるT/B比は'愛ベリー'が明らかに小さく、次いで'宝交早生'が小さかった。花床上の雌ずい列数は'愛ベリー'が明らかに多く、他の4品種間には差が認められなかった。

雌ずいの分化速度については、雌ずい列数を雌ずい分化開始から終了までの日数(第2表, E-S)で割った値とし、1日当たりに分化する雌ずい列数として表した。雌ずいの分化速度は'宝交早生'が1.39、'愛ベリー'が1.23と他の3品種と比較して多かった。

第4表に花床頂部と基部の雌ずいの肥大速度を示した。雌ずい肥大速度は開花時の花床頂部と基部の子房幅(第4表)をそれぞれ雌ずい分化開始と終了から開花までの日数(第2表, F-E, F-S)で割った値とし、1日当たりの子房幅増加量として表した。

花床頂部の雌ずいの子房の肥大速度は、'愛ベリー'が

Table 2. Differences in the duration of pistil differentiation and flowering dates in 5 strawberry cultivars.

Cultivar	Pistil differentiation ^z		Flowering date (F) ^z ± SE	Intervals (day)		
	Starting date (S) ^y	Ending date (E) ^x		E-S	F-E	F-S
Ai-Berry	24.3	44.8	57.5 ± 4.2	20.5	12.7	33.2
Hokowase	21.6	36.6	51.4 ± 1.6	15.0	14.8	29.8
Reiko	19.7	37.1	56.5 ± 2.1	18.8	19.4	36.8
Toyonoka	17.2	36.7	50.1 ± 2.0	19.5	13.4	32.9
Nyoho	16.2	35.7	49.1 ± 1.8	19.5	13.4	32.9

^z Days from planting (Sep. 21).

^y The day that pistils began to differentiate on the base of receptacle when flower developmental stages were 4.5 (calculated from Table 1).

^x The day that pistils ended to differentiate on the apex of receptacle when flower developmental stages were 7.5 (calculated from Table 1).

Table 3. Differences in the ovary diameter, number of rows of pistils and the rate of pistil differentiation in the primary flower of 5 strawberry cultivars.

Cultivar	Ovary diameter			Number of rows of pistils ^x	Rate of pistil differentiation (rows/day)
	Apex (T) ^z (mm)	Base (B) ^y (mm)	T/B		
Ai-Berry	0.262b ^w	0.448a	0.588c	25.2a	1.23
Hokowase	0.298ab	0.452a	0.658bc	20.8b	1.39
Reiko	0.290ab	0.428a	0.697ab	20.2b	1.07
Toyonoka	0.290ab	0.400a	0.727ab	21.2b	1.09
Nyoho	0.317a	0.402a	0.787a	19.2b	0.98

^z Mean diameter of 3 ovaries on the apex of receptacle.

^y Mean diameter of 3 ovaries on the base of receptacle.

^x Number of rows of pistils divided by days from the beginning to the end of pistil differentiation (F-E in Table 2).

^w Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% levels.

Table 4. Differences in the rate of ovary enlargement of the proximal and distal pistils of receptacle in 5 strawberry cultivars ($\mu\text{m}/\text{day}$).

Cultivar	Apex ^z	Base ^y
Ai-Berry	12.8	13.5
Hokowase	19.9	15.2
Reiko	15.4	11.6
Toyonoka	14.9	12.2
Nyoho	16.2	12.2

^z Ovary diameter on the apex of receptacle at flowering (Table 3)/days from the end of pistil differentiation to flowering (Table 2, F-E).

^y Ovary diameter on the base of receptacle at flowering (Table 3)/days from the beginning of pistil differentiation to flowering (Table 2, F-S).

最も小さく、‘宝交早生’が最も大きかった。それに対して、基部では‘麗紅’が最も小さく、‘宝交早生’が最も大きかった。花床頂部と基部の違いについてみれば、‘愛ベリー’は基部の方が子房の肥大速度が大きかったのに対して、他の4品種では頂部の方が大きかった。

考 察

イチゴの雌ずいは花床の基部から頂部すなわち周辺部から中心部へと順次分化する(2)。そのため、花床頂部と基部の雌ずいの間には分化、発育の時間差が存在する。‘愛ベリー’では、この雌ずいの分化時期の差が低温・高窒素栄養条件下で大きくなり、開花時においても花床頂部と基部の雌ずいの発育段階の差が大きくなる(9, 10)。

著者ら(8)は、雌ずい形質の品種比較を行い、奇形果が多発する‘愛ベリー’では他の品種よりも開花時における花床頂部と基部の雌ずいの発育段階の差が大きいことを既に報告している。しかし、‘愛ベリー’以外の品種では1番花の花床基部の雌ずいは3番花や5番花のそれと比較して小さく、これは基部の雌ずいの分化後の発育が抑制されているためであろうと考察した。

本実験の結果、‘愛ベリー’では花床上で雌ずいの分化が続いている間にも花床基部の雌ずいの発育が早く進み、花床頂部で雌ずいの分化が終了する前に花柱が伸長し始め、毛じも形成されていた。それに対して、他の品種では花床上で雌ずいの分化が終了した段階でも、基部の雌ずいは小さく、‘愛ベリー’と比較すると発育が遅かった(第3図)。実際に、子房の肥大速度を算出したところ、‘愛ベリー’では花床頂部よりも基部の方が肥大速度が速かったのに対して、他の品種では頂部の方が肥大速度が速かった(第4表)。なお、花床上で分化

する雌ずいは明瞭な突起として判定できる時点で、既に一定の大きさ(60 μm 程度)を持っているため、この値は正確な子房幅増加量とはいえないが、雌ずいの発育速度を品種間で比較するうえでは有効な数値であると考えられる。

雌ずい分化開始期と終了期の推定値から判断して、‘愛ベリー’は他の品種と比較して、雌ずい分化開始から終了までの日数が長く、花床頂部と基部の雌ずいの分化時期の差が大きい。ただし、雌ずいの分化速度は、‘宝交早生’以外の品種よりは速かったことから、この分化時期の差は、‘愛ベリー’の雌ずい列数の多さに起因すると考えられる。

以上のことから、‘愛ベリー’では花床頂部と基部の雌ずいの分化時期の差が大きいうえに、他品種のように花床基部の雌ずいの発育が抑制されないため、開花時における頂部と基部の雌ずいの発育段階の差が特に大きくなると考えられる。

さらに、‘愛ベリー’は雌ずい分化終了期から開花までの期間が短い。そのため、花床頂部の雌ずいは基部の雌ずいと比べて、未発育のまま開花することになる。その結果、受精あるいは受精しても基部の雌ずいと競合のために発育不良となる雌ずいの数が増加し、奇形果が形成されるのであろう。

‘宝交早生’は雌ずい分化開始から終了までの日数が15.0日と5品種中最も短く、雌ずい分化終了から開花までの期間は5品種のほぼ中間の値であった。しかし、T/B比は‘愛ベリー’に次いで小さかった(第3表)。すなわち、花床頂部と基部の雌ずいの分化時期の差は最も小さかったが、開花時における発育段階の差が比較的大きかったことになる。花床基部の子房幅の増加速度が5品種中最も速かったことから(第4表)、‘宝交早生’では花床基部の雌ずいの生長が早いために頂部と基部の雌ずいの発育段階の差が縮小されないであろう。

また、‘宝交早生’は雌ずい分化開始から開花までの日数が最も短かった。花芽分化期は‘とよのか’、‘女峰’と比較して明らかに遅かったにもかかわらず、開花期の差がわずかであったことから、‘宝交早生’は花芽発育速度の速い品種といえよう。

‘麗紅’、‘とよのか’、‘女峰’の3品種は雌ずい分化開始から終了までの期間が‘愛ベリー’より短かった。また、子房の肥大速度は花床基部より頂部の雌ずいの方が速く、開花時における頂部と基部の雌ずいの子房幅の差は小さかった。特に‘麗紅’については、雌ずい分化終了から開花までの期間が長く、このことが、雌ずい間の

發育段階の差が小さくなる大きな要因であろう。

近年、促成栽培用品種として急速に普及した‘とよのか’、‘女峰’は、花芽分化期が早い上に、果形の揃いがよく、優れた形質を持っている(1, 3)。しかし、‘女峰’については、厳寒期に開花する第2次えき花房での奇形果発生が一部の産地で問題となっている。この原因として、花粉稔性の低下が指摘されているが(1)、奇形果の形態から‘愛ベリー’に類似した要因についても考慮する必要がある。

本実験の結果、‘女峰’は‘麗紅’と比較して雌ずい分化開始から終了までの期間が長く、雌ずい分化終了から開花までの期間は短いことが明らかになった。‘麗紅’ではこのような奇形果発生は問題とされていない。また、‘愛ベリー’では花芽發育期の低温によって、雌ずいの發育段階の差が大きくなることから、‘女峰’においても花芽發育期が低温となる第2次えき花房では、‘愛ベリー’と同様の原因によって奇形果が発生している可能性がある。

摘 要

イチゴ‘愛ベリー’、‘宝交早生’、‘麗紅’、‘とよのか’、‘女峰’の5品種を用いて、花床上での雌ずいの分化ならびに發育と開花時の雌ずい形質について調査し、‘愛ベリー’の奇形果発生要因について検討した。

1. ‘愛ベリー’は花床上の雌ずい列数が多く、雌ずい分化開始から終了までの期間が他の4品種より長かった。しかし、雌ずいの分化速度は‘宝交早生’以外の3品種より速かったことから、‘愛ベリー’は雌ずい列数が多いために、花床頂部と基部の雌ずいの分化時期の差が大きくなると考えられる。

2. ‘愛ベリー’では他の品種と異なり、花床頂部の雌ずいは基部の雌ずいより生長が遅いため、開花時の花床頂部と基部の雌ずいの子房幅の差が大きくなる。さらに、花床頂部の雌ずいが分化してから開花までの期間が他の品種よりも短く、未發育のまま開花するため、花床頂部に不稔種子を伴う奇形果が形成されると考えられる。

3. ‘宝交早生’は、雌ずい分化開始から終了までの期間は短かったが、基部の雌ずいの生長速度が5品種中最も速く、花床頂部と基部の雌ずいの子房幅の差が比較的大きかった。

4. ‘麗紅’、‘とよのか’、‘女峰’の3品種では、花床頂部の雌ずいは基部の雌ずいより生長が速く、開花時の雌ずいの子房幅の差は小さかった。

謝 辞 本論文の作成に当たり、ご指導ご助言を賜った元京都大学農学部教授藤本幸平博士に深く感謝致します。

引用文献

1. 赤木 博・大和田常晴・川里 宏・野尻光一・安川俊彦・長 修・加藤 昭. 1985. イチゴ新品種「女峰」について. 栃木農試研報, 31: 29-41.
2. 江口庸雄. 1930. 桃、梨及苺の花芽分化期及其成生経過に就いて. (第2報). 農学会報 323: 63-87.
3. 本多藤雄・岩永喜裕・松田照男・森下昌三・伏原 隆. 1985. イチゴ新品種‘とよのか’の育種に関する研究. 野菜試報, C8: 39-57.
4. 桜井勝美. 1988. イチゴ. 愛ベリー. p.73. 日本園芸生産研究所編. 蔬菜の新品種 10. 誠文堂新光社. 東京.
5. 吉田裕一・大井美知男・藤本幸平. 1987. 大果系イチゴの奇形果発生に関する研究. (第1報). 奇形果の発生様相と雌ずいの發育について. 農および園. 62: 1095-1097.
6. 吉田裕一・大井美知男・藤本幸平. 1991. 大果系イチゴ‘愛ベリー’の果実形質, 収量と窒素施肥量, 苗質との関係. 園学雑. 59: 727-735.
7. 吉田裕一・後藤丹十郎・中條利明・藤目幸擴. 1991. イチゴ雌ずいの形態と受精能力の開花後の変化. 園学雑. 60: 345-351.
8. 吉田裕一・鈴田 恵・藤目幸擴・中條利明. 1991. イチゴ花器および果実形質の品種間差異. 園学雑. 60: 353-359.
9. 吉田裕一・藤目幸擴・中條利明. 1991. イチゴ‘愛ベリー’の花芽發育と奇形果発生に対する温度の影響. 園学雑. 60: 575-582.
10. 吉田裕一・藤目幸擴・中條利明. 1992. イチゴ‘愛ベリー’の花芽發育と奇形果発生に対する窒素栄養の影響. 園学雑. (印刷中)