



寒冷地におけるイチゴの生理生態的特性解明と夏秋 期生産技術確立に関する研究

熊倉, 裕史

(Degree)

博士 (農学)

(Date of Degree)

1995-09-20

(Date of Publication)

2009-05-14

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙1959

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3116938>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2001959>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



神戸大学博士論文

寒冷地におけるイチゴの生理生態的特性解明と
夏秋期生産技術確立に関する研究

熊倉裕史

(目 次)

	(ページ)
緒 言	1
第1章 一季成り性イチゴの花芽分化・発達に及ぼす温度および光環境の影響	3
第1節 暗黒低温処理および夜冷短日処理の影響	3
材料および方法	3
1. 夜冷短日処理および暗黒低温処理の影響	3
2. 暗黒低温処理温度および処理期間の影響	4
実験結果	4
1. 夜冷短日処理および暗黒低温処理の影響	4
2. 暗黒低温処理温度および処理期間の影響	6
考 察	12
摘 要	17
第2節 花芽分化誘起処理ならびにその前後の温度および光環境の影響	19
材料および方法	19
1. 暗黒低温処理の温度の影響	20
2. 暗黒低温処理後の高温の影響	20
3. 暗黒低温処理前の遮光の影響	20
4. 暗黒低温処理後の遮光の影響	21
5. 熱線反射フィルムを用いた遮光および短日処理の影響	22
実験結果	23
1. 暗黒低温処理の温度の影響	23
2. 暗黒低温処理後の高温の影響	23
3. 暗黒低温処理前の遮光の影響	26
4. 暗黒低温処理後の遮光の影響	29
5. 熱線反射フィルムを用いた遮光および短日処理の影響	29
考 察	34
摘 要	39
第2章 四季成り性イチゴの花芽分化・発達に及ぼす温度および日長の影響	41
材料および方法	41
1. 生育温度30℃のもとでの日長の影響	42
2. 生育温度25℃のもとでの日長の影響	42
3. 生育温度20℃のもとでの日長の影響	42
実験結果	42
考 察	48
摘 要	52
第3章 イチゴの果実肥大と品質に及ぼす温度の影響	54
材料および方法	54

実験結果	55
1. 各器官の発育に及ぼす温度の影響	55
2. 果実の肥大および品質に及ぼす昼夜温条件の影響	56
1) 成熟日数	56
2) 果重	56
3) 収量	57
4) 品質	57
考察	60
摘要	62
第4章 イチゴの果実発育期における光合成産物の転流・分配に及ぼす 温度および葉位の影響	63
材料および方法	63
1. ^{14}C -光合成産物の転流・分配に及ぼす昼夜温条件の影響	63
2. 葉位を異にする $^{14}\text{C O}_2$ 施与葉からの ^{14}C -光合成産物の転流・ 分配	64
実験結果	64
1. ^{14}C -光合成産物の転流・分配に及ぼす昼夜温条件の影響	64
2. 葉位を異にする $^{14}\text{C O}_2$ 施与葉からの ^{14}C -光合成産物の転流・ 分配	67
考察	67
摘要	69
第5章 寒冷地におけるイチゴの夏秋期生産に適する作型とその成立要因	70
第1節 一季成り性品種の暗黒低温処理による秋期生産	70
材料および方法	70
実験結果	71
考察	73
摘要	75
第2節 四季成り性品種利用による夏秋期生産	76
材料および方法	76
1. 生育, 収量特性および果実品質の品種間差異	76
2. 収量特性および果実品質に及ぼす花房摘除処理の影響	77
実験結果	77
1. 生育, 収量特性および果実品質の品種間差異	77
2. 収量特性および果実品質に及ぼす花房摘除処理の影響	83
考察	86
摘要	90
謝辞	92
引用文献	93

緒 言

近年のわが国のイチゴ生産は促成栽培が主力で、現在の市場動向をみると、12～5月にかけては、関東から九州にかけての産地からの供給により需要をほぼ満たしていると考えられる。しかし、6～11月にかけては、業務用（ケーキ）を中心に強い需要があるにもかかわらず生産量は非常に少ない。特に8、9月は大半を輸入品に依存している状態で、品質の良いイチゴの国内安定生産が強く望まれている。

従来も、イチゴの作期拡大のため多くの研究がなされてきたが、その方向性は、次の3つに大別される。すなわち、①苗冷蔵による抑制栽培、②促成栽培の前進化、および③四季成り性品種の利用である。とくに促成栽培前進化技術については、近年、暖地において比較的 low コストの花芽分化誘起技術（夜冷短日処理、暗黒低温処理）が実用化・普及し（川上, 1988; 松尾, 1988）、これにより促成栽培の収穫始期が12月にまで前進化し、高い評価を得ている。しかしながら、元来、低温を好むイチゴは、暖地では夏秋期を高温で経過するため、極端な作期の前進化を行うと果実の品質が低下することが報告されている（伏原・高尾, 1988a; 伏原ら, 1989）。これに対し、夏期冷涼な寒・高冷地では、促成栽培はほとんど導入されなかったために、作期拡大にあたって小規模ながら長期株冷蔵抑制栽培による秋どり栽培の成功がみられた。しかし、その収益の不安定性や労力の問題から産地の拡大にはつながっていない。また、四季成り性品種利用も将来的には有望と考えられているが、現在のところ有望品種の苗の普及には至っていない。

以上のような背景から、寒・高冷地においてその冷涼な気候を利用し、イチゴの夏秋期生産を確立することが強く望まれている（東北農業試験研究推進会議, 1992; 野菜・茶業試験場, 1993）。そのためには、高温・長日時にイチゴの花芽分化を誘起し、引き続いて果実を安定的に生産する技術の確立が求められる。生理生態の面からは従来、イチゴの花芽分化と環境要因の関係については比較的多くの研究の蓄積があり、一季成り性品種においては10℃以下の低温では日長の長短にかかわらず花芽形成が誘起され、14～24℃の温度域では短日条件で花芽形成が誘起されるが、25℃以上では日長に関係なく花芽分化しないことが示されている（Ito・Saito, 1962; 斎藤, 1982a; Went, 1957）。しかし、現在の促成栽培用品種を対象とし、試行錯誤の上に確立されてきた花芽分化誘起技術（夜冷短日処理、暗黒低温処理）は、その効果の生理的機作が十分明らかにされておらず、また、四季成り性品種の花芽分化特性に関する知見も不足している（施山, 1989; 泰松, 1993; 柳, 1992）。また、イチゴの果実肥大と環境要因（特に温度）との関係については、現在の品種を対象にした報告はほとんど見あたらない。

著者は、イチゴの花芽分化・果実肥大と環境要因との関係を明らかにし、寒冷地夏秋どり作型を確立する目的で、農林水産省野菜・茶業試験場盛岡支場において一連の実験を実施してきた。本論文は既報（熊倉ら, 1991; 1992a; 1992b; 1992c; 熊倉・宍戸, 1993; 1994a; 1994b; 1994c; 1995; 宍戸ら, 1990）を中心にそれらをまとめたものである。第

1, 2章ではそれぞれ一季成り性品種, 四季成り性品種の花芽分化・発達に及ぼす温度および光環境の影響について検討した。また, 第3章では開花後の果実肥大に及ぼす温度の影響について示し, 続いて第4章で果実発育期における光合成産物の転流・分配に及ぼす温度の影響について論じた。最後に第5章において有望な作型を例示し, その成立要因について述べた。

第1章 一季成り性イチゴの花芽分化・発達に及ぼす温度および光環境の影響

第1節 暗黒低温処理および夜冷短日処理の影響

近年、暖地のイチゴ産地では休眠打破に要する低温要求量が非常に少ない促成栽培用品種‘とよのか’，‘女峰’が広く普及し，促成栽培の前進化が図られている（川上，1988；松尾，1988）．促成栽培を前進化させるためには花芽分化を早めることが必要であり，実用的な技術として夜冷短日処理法や暗黒低温処理法が開発された（伏原・高尾，1987；1988a；1988b；伏原ら，1989；川上，1988；松尾ら，1987；松尾・井上，1988；松尾，1988；森下・山川，1989）．これにより暖地では12月からのイチゴの出荷が可能となってきた．これに対し，東北地方のような寒冷地では，夏の冷涼な気候を生かして，同様な促成栽培前進化の手法を利用することによって，暖地よりも早い時期にイチゴを生産できると考えられる．11月以前に出荷開始を設定した場合，花芽分化期を自然条件（9月中・下旬）より1か月以上早めることになり，花芽分化誘起処理（夜冷短日処理，暗黒低温処理）を行うことが必要となるが，現在のところ，それらの効果の生理的機作が十分明らかにされておらず，技術的にも試行錯誤の状態である．そこで本節では，いくつかの条件下で花芽分化誘起のための処理を行い，その効果を比較・検討し，さらに，花芽分化生理に関する知見を得ようとした．

材料および方法

本節の実験は1988年に野菜・茶業試験場盛岡支場において行った．供試品種は‘女峰’および‘とよのか’とした．育苗方法は，親株から出たランナーを直接鉢受けして，活着後切り離し，圃場で露地条件下に並べて育苗した．ポットは12 cm ポリポットを用い，鉢当たり施肥窒素量を60 mg とした．採苗後から最終追肥までの期間を苗の養成期間とし，この間は液肥による灌水を行って生長促進を図った．液肥としてはキッポ青複合5-6-4（エーザイ株）333倍液を用い，一回の株当たり施用窒素量は15 mg とした．以上の操作は本論文の各実験に共通とした．苗の養成期間終了時に，苗齢6枚，クラウン径10 mm，生重約30 g に達した苗を選び，以後30日間は窒素を含まない液肥のみを与えて，この期間を窒素中断期間とし，その後，花芽分化誘起処理に供した．

1. 夜冷短日処理および暗黒低温処理の影響

ランナーの鉢受けを6月上旬とし，窒素中断期間を7月1日から7月31日とした．花芽分化

誘起処理区として夜冷短日処理区および暗黒低温処理区の2区を設け、これに对照区として自然条件下においた無処理区を加えた。各区の供試株数は15株とした。夜冷短日処理区では処理期間を7月31日から8月15日までの15日間とし、ポット苗を9時から17時までの日中8時間は自然条件下に、17時から翌朝9時までの16時間は12.5℃の冷蔵庫内で暗黒条件下に置いた。暗黒低温処理区では、処理期間を同じく7月31日から8月15日までの15日間とし、ポット苗を終日12.5℃、暗黒の条件に置いた。無処理区苗は引き続き露地において自然の温度、日長条件下で育苗した。処理区における処理終了当日（8月15日）に、無処理区とともにビニルハウス内に定植した。

2. 暗黒低温処理温度および処理期間の影響

ランナーの鉢受けを5月下旬、窒素中断期間を6月21日から7月21日とした。7月21日から、ポット苗を終日、暗黒条件で以下の7通りの設定温度下に置いた。すなわち、A区：10℃、15日間、B区：12.5℃、15日間、C区：15℃、15日間、D区：10℃、20日間、E区：15℃、20日間、F区：10℃、25日間、G区：15℃、25日間、H区：自然条件下に置いた無処理区（对照区）。各処理区は処理終了当日に、無処理区は8月15日にビニルハウス内に定植した。

定植条件は、1、2の実験とも2条植えて、条間40 cm、株間25 cmとした。10月下旬以降内張りを設置して、最低気温が5℃以上となるように加温し、ミツバチを放飼した。各株の出蕾時に10 ppm ジベレリンを株当たり5 ml 処理し、株ごとに出蕾日、開花日、収穫日および1月中旬までの収量を調査した。

実験結果

1. 夜冷短日処理および暗黒低温処理の影響

第1-1表に花芽分化誘起方法の違いがイチゴ‘女峰’および‘とよのか’の花芽の発達に及ぼす影響について示した。

夜冷短日処理区では、‘女峰’、‘とよのか’ともに全株が無処理区より1か月以上早く出蕾・開花した。このように処理によって出蕾・開花が早くなった株を以下、処理有効株（Flowering accelerated plants, AP）とする。

暗黒低温処理区では、‘女峰’83%、‘とよのか’86%と、両品種同程度の比率の株で処理有効となった。また、これらの株は夜冷短日処理区に比較して数日、出蕾・開花が早まった。残りの、無処理区とほぼ同時期に出蕾・開花し、処理の効果がみられなかった株を、以下、処理無効株（Flowering non-accelerated plants, NAP）とする。

処理有効株の花芽発達については、両品種とも出蕾は9月下旬、第1花の開花は10月上旬で大差はなかったが、‘女峰’に比較して‘とよのか’の出蕾・開花が若干早い傾向が両

Table 1-1 Effects of continuous dark and short-day during low temperature treatment (15 days) on flower bud induction and development of 'Nyoho' and 'Toyonoka' strawberry

Cultivar	Treatment		Percentage of AP*	Date of flower bud emergence±SE		Flowering date±SE		No. of flowers in terminal inflorescence of AP±SE
	Photoperiod day/night	Temperature day/night		AP	NAP*	AP	NAP	
Nyoho	8h/16h	20-28°C/12.5°C (SD+NLT)	100	Sep. 25±0.7	—	Oct. 10±0.5	—	25.7±1.1
	Continuous dark	12.5°C constant (CD+CLT)	83	Sep. 21±0.9	Nov. 1±0.7	Oct. 3±1.5	Nov. 22±1.4	26.2±2.6
	Natural	Natural (Control)	—	—	Oct. 31±0.3	—	Nov. 21±1.4	—
Toyonoka	8h/16h	20-28°C/12.5°C (SD+NLT)	100	Sep. 23±0.5	—	Oct. 5±0.8	—	12.4±1.4
	Continuous dark	12.5°C constant (CD+CLT)	86	Sep. 21±1.2	Nov. 19±5.7	Oct. 1±1.6	Dec. 14±8.5	13.4±2.1
	Natural	Natural (Control)	—	—	Nov. 11±3.5	—	Dec. 4±5.3	—

* Accelerated plant for flowering, † Non-accelerated plant for flowering

処理方法ともにみられた。一方、処理無効株および無処理区の出蕾は、'女峰'が11月1日前後であったのに対し、'とよのか'は11月中旬となり、'女峰'の方が早く、より斉一であった。したがって、無処理区株に対する処理有効株の出蕾促進日数は、'女峰'で約40日、'とよのか'で約50日であった。

処理有効株の頂花房花数は、'女峰'では26花程度、'とよのか'では13花程度となり、品種間差が認められた。

第1-1図に花芽分化誘起方法の違いが1月中旬までの収量に及ぼす影響を示した。

'女峰'の処理有効株の収穫始期（平均）は、暗黒低温処理区では10月25日、夜冷短日処理区では11月4日であり、前者が10日前後早かった。収穫始期から11月中旬までの収量増加は両区とも同程度であったが、11月下旬から12月中旬にかけての増加は暗黒低温処理区で大きかった。このため、12月下旬までの1株当たり年内収量を比較すると、夜冷短日処理区では約81gであったのに対し、暗黒低温処理区ではその1.5倍の約122gとなった。

暗黒低温処理区では処理無効株が生じるので、「処理有効株1株当たり収量×処理有効株率」の値（第1-1図、破線）が単位面積当たり収量の目安となる。この値について夜冷短日処理区（処理有効株率100%）と比較した場合でも、11月下旬から12月中旬にかけての収量増加は暗黒低温処理区の方が上回っており、12月下旬までの年内収量では1.26倍の約102gとなった。

一方、'とよのか'では処理有効株の収穫始期は、暗黒低温処理区では10月20日、夜冷短日処理区では10月25日、'女峰'の場合と同様に暗黒低温処理区の方が早かった。その後の収量増加パターンは両処理区とも同様であったが、全期間を通じて暗黒低温処理区が約1割多く経過し、1株当たり年内収量は、夜冷短日処理区で約82g、暗黒低温処理区で約90gであった。

'女峰'の場合と同様に、暗黒低温処理区における単位面積当たり収量の目安として

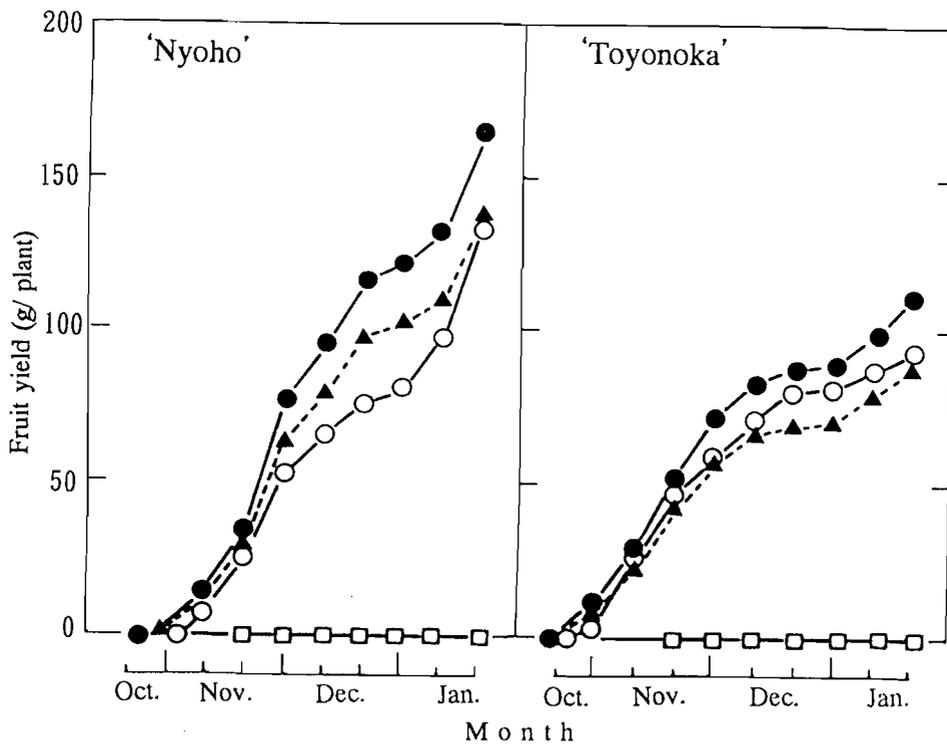


Fig. 1-1 Effects of continuous dark and short-day during low temperature treatment (15 days) on fruit yield

- : Short day (8 h day / 16 h night) + low night temperature (20–28°C, day / 12.5°C, night) for 15 days, SD + NLT treatment²
 - : Continuous dark + continuous low temperature (12.5°C) for 15 days, CD + CLT treatment²
 - : Control
 - ▲---▲ : (Fruit yield / plant) × rate of AP² in CD + CLT treatment²
- ² : See Table 1-1

「処理有効株1株当たり収量×処理有効株率」を算出し、夜冷短日処理区と比較した。12月上旬まではほぼ同じ収量で経過したが、それ以後は夜冷短日処理区を下回り、12月下旬までの年内収量では0.87倍の約71gとなった。

品種間の比較では、暗黒低温処理の場合11月下旬まで、夜冷短日処理の場合12月末まで、同程度の累積収量であったが、それ以後の収量増加は「女峰」で大きく、収穫を打ち切った1月中旬の時点では両処理方法とも「女峰」の収量が大きかった。また、「女峰」では暗黒低温処理区における単位面積当たり収量が夜冷短日処理区より大きい値で経過したのに対し、「とよのか」では逆にやや低い値で経過した。

2. 暗黒低温処理温度および処理期間の影響

第1-2表に暗黒低温処理温度とその期間の違いが「女峰」および「とよのか」の花芽分化・発達に及ぼす影響について示した。

まず、「女峰」についてみると、出蕾・開花が促進された処理有効株の割合は各区で異

Table 1-2 Effects of temperature and duration of refrigerator-cooling (continuous dark at low temperature) on flower bud induction and development of 'Nyoho' and 'Toyonoka' strawberry

Cultivar	Treatment		Date of Planting	Percentage of AP ¹	Date of flower bud emergence±SE		Flowering date±SE		No. of flowers in terminal inflorescence of AP±SE	
	Temperature	Duration			AP	NAP ²	AP	NAP		
	°C	days								
Nyoho	A	10	15	Aug. 5	36	Sep. 9±0.4	Nov. 2± 2.1	Sep. 20±0.6	Nov. 28± 3.2	51.8±5.5
	B	12.5	15	Aug. 5	50	Sep. 11±0.9	Nov. 1± 0.4	Sep. 24±1.0	Nov. 21± 0.9	44.8±1.8
	C	15	15	Aug. 5	83	Sep. 8±0.8	Nov. 6± 2.8	Sep. 20±1.0	Nov. 30± 0.7	43.9±3.9
	D	10	20	Aug. 10	25	Sep. 11±1.4	Nov. 4± 2.0	Sep. 21±0.9	Nov. 27± 2.7	37.3±4.5
	E	15	20	Aug. 10	75	Sep. 13±1.0	Oct. 30± 0.6	Sep. 24±1.6	Nov. 19± 0.3	31.0±2.6
	F	10	25	Aug. 15	50	Sep. 17±1.6	Oct. 29± 0.8	Sep. 27±2.0	Nov. 17± 1.2	20.8±2.4
	G	15	25	Aug. 15	92	Sep. 18±1.1	Oct. 30± 1.0	Sep. 30±1.5	Nov. 18± 1.0	22.1±1.8
	H	-	-	Aug. 15	-	—	Oct. 21± 4.1	—	Nov. 9± 5.1	—
Toyonoka	A	10	15	Aug. 5	67	Sep. 9±0.7	Nov. 10± 1.0	Sep. 17±1.2	Dec. 7± 1.5	18.0±1.6
	B	12.5	15	Aug. 5	50	Sep. 9±1.3	Nov. 17± 2.4	Sep. 19±2.3	Dec. 11± 1.6	24.1±7.0
	C	15	15	Aug. 5	55	Sep. 9±0.7	Nov. 11± 4.0	Sep. 16±1.4	Dec. 1± 6.3	22.8±2.6
	D	10	20	Aug. 10	67	Sep. 11±1.0	Nov. 19± 5.8	Sep. 19±1.1	Dec. 11± 7.5	20.5±1.4
	E	15	20	Aug. 10	78	Sep. 12±1.0	Nov. 20± 7.8	Sep. 21±1.4	Nov. 30±10.6	23.9±2.9
	F	10	25	Aug. 15	67	Sep. 16±1.1	Nov. 18± 3.5	Sep. 24±1.7	Dec. 11± 3.5	15.1±2.3
	G	15	25	Aug. 15	71	Sep. 14±1.2	Nov. 12±10.6	Sep. 23±1.3	Dec. 4±11.3	13.8±3.9
	H	-	-	Aug. 15	-	—	Nov. 8± 3.2	—	Nov. 28± 4.0	—

¹, ² Same as Table 1-1

なった。処理温度は10℃より15℃で処理有効株率が高い傾向があり、これは15、20、25日のいずれの処理期間であっても共通していた。一方、処理日数の影響は、本実験の処理日数の範囲では明確ではなかった。

処理有効株の定植から出蕾・開花までの日数はいずれの処理区でもほぼ一定（出蕾まで約34日、開花まで約45日）であり、したがって処理期間の長さに応じて出蕾・開花の暦日が遅れた。無処理区（H区）と比較すると、処理有効株の出蕾は33～43日早く、開花は40～50日早かった。処理無効株については、出蕾・開花日に処理温度、処理期間、定植日の影響は認められず、出蕾が10月末ないしは11月上旬、開花が11月中・下旬であり、無処理区に比較してそれぞれ8日以上遅れた。

‘女峰’の処理有効株の頂花房花数は、処理期間15日のA、B、C区で多く、高位花序がよく発達して花数40以上となり、次いで処理期間20日のD、E区で30台、さらに処理期間25日のF、G区で20台の花数となった。

一方、‘とよのか’でも‘女峰’と同じく、各処理区で処理有効株と処理無効株が生じたが、処理有効株の割合は50～78%の範囲にあり、処理温度や処理期間の影響は明確ではなかった。処理有効株の出蕾・開花日に対する処理温度および期間の影響は、‘女峰’の場合と全く同様であった。処理有効株の出蕾は、無処理区（H区）と比較して53～60日早

く、開花は65～73日早かった。ただし、無処理区では‘女峰’の無処理区に比較して約20日遅れて出蕾・開花した。各処理区の処理無効株の出蕾・開花日に対する処理温度、処理期間、定植日の影響は認められず、この点は‘女峰’と同様であったが、出蕾は11月中旬、開花は12月上旬前後であり、無処理区に比較しての遅れは‘女峰’ほど顕著でなかった。

また‘とよのか’では処理有効株の頂花房花数は、最も少ない区で14花、最も多い区で24花程度であり、‘女峰’に比べて少なかった。処理区間の差も‘女峰’に比較して小さかったが、処理期間が長いほど花数が少なくなる傾向は同様に認められた。

なお、両品種とも、処理無効株と無処理区のほとんどの株は1月中旬まで収穫はなかったが、無処理区に一部例外的に早く開花収穫する株（いわゆる不時出蕾）が生じた。

次に、第1-2図に暗黒低温処理温度および期間の違いが1月中旬までの処理有効株1株当たり収量に及ぼす影響を示した。

まず、‘女峰’についてみると、処理温度が収量に及ぼす影響は小さかった（第1-2図a）。また、処理期間の影響としては、処理温度が10℃の場合（第1-2図b）、15℃の場合（第1-2図c）ともに、処理期間が長くなるにつれて低収となる傾向が認められ、特に、25日間処理した場合に明らかであった。なお、無処理区で生じた不時出蕾株では11月下旬から果実収穫があった。図中には無処理区の平均値として1株当たり収量を示した。

‘とよのか’においても、処理温度の影響は‘女峰’と同様に小さかった（第1-2図d）。処理期間の影響としては、処理温度10℃の場合（第1-2図e）でも、15℃の場合（第1-2図f）でも、処理期間15日と20日の差は小さく、これに対して25日間処理した場合には11月下旬以降の収量増加が少なく、低収となる傾向が認められた。また、無処理区では1月上旬まで果実収穫は皆無であった。

両品種の処理有効株1株当たりの収量を比較すると、各区とも11月までの収量は同程度であったが、12月以後の収量増加は‘女峰’において多い傾向があった。

1, 2の実験を通じて、処理有効株の頂花房花数と1月中旬までの収量の間には、第1-3図のような対数曲線的な関係が認められた。すなわち、頂花房花数が25花程度までは、収量に対する影響が大きかったのに対し、それ以上の花数では収量に対する影響は小さくなった。

次に、処理株すべてを栽植した場合の単位面積当たり収量を相互に比較するために、1の実験の場合と同様に「処理有効株1株当たり収量×処理有効株率」の値を算出し、暗黒低温処理温度および期間の効果を検討した（第1-4図）。

まず‘女峰’について、処理温度の効果をみると（第1-4図a、処理期間は15日で共通）、15℃で単位面積当たり収量が特に多く、次いで12.5℃、10℃の順となった。処理期間の効果については、処理温度が10℃の場合は（第1-4図b）、処理期間の違いによる差は小さく、処理温度15℃の場合は（第1-4図c）、処理期間が長い区で低収となる傾向が認められた。また、処理温度15℃での単位面積当たり収量は、処理温度10℃で同一期間処理した区と比較してそれぞれ明らかに大きかった。すなわち‘女峰’では処理温度15℃、処理期間15日

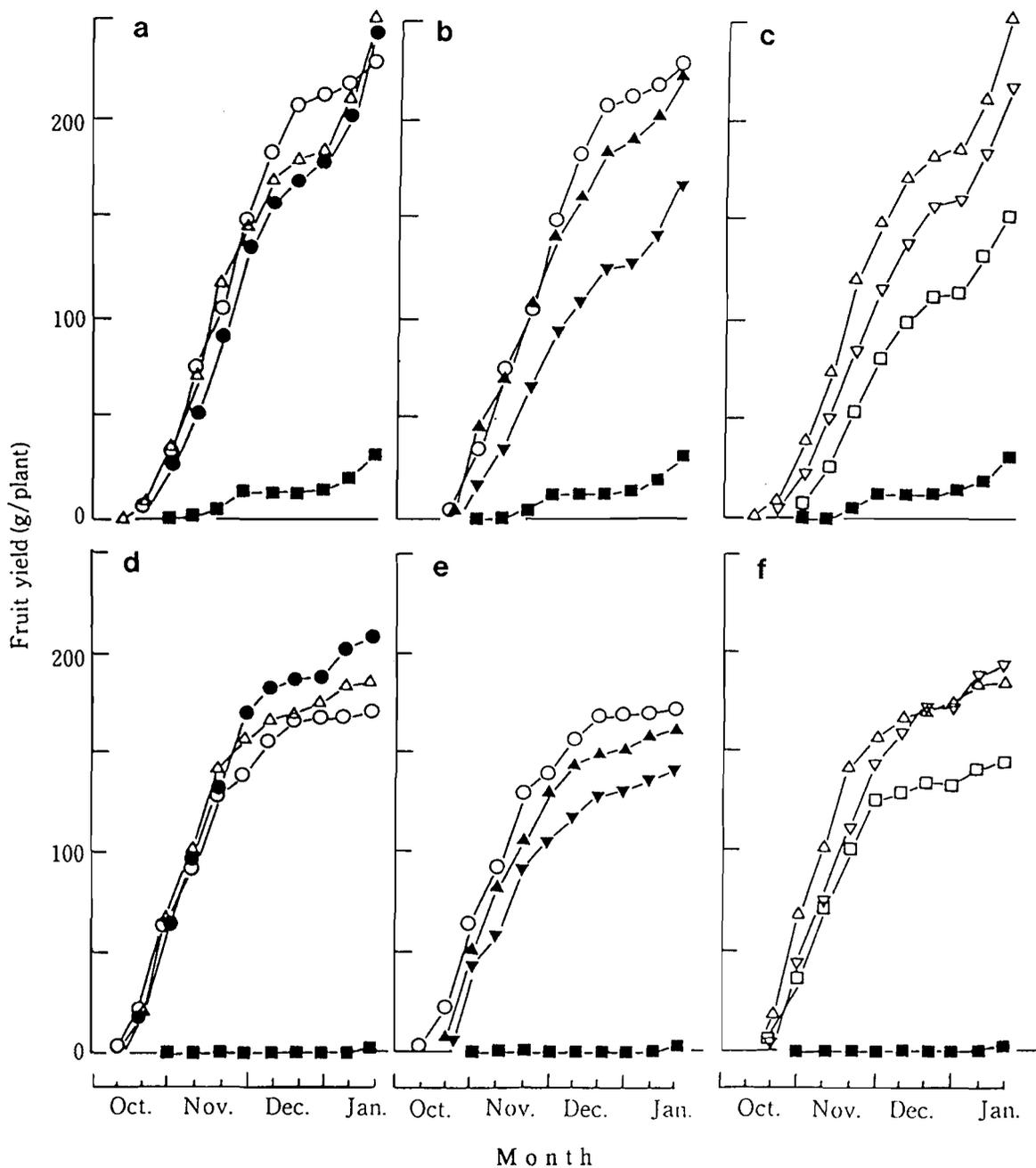


Fig. 1-2 Effects of temperature and duration of refrigerator-cooling on fruit yield in accelerated plant (AP) for flowering

a, b, c : 'Nyoho' , d, e, f : 'Toyonoka'

Symbols represent treatment A(○), B(●), C(△), D(▲), E(▽), F(▼) and G(□). See Table 1-2.

a, d : Effect of temperature at 10°C(○), 12.5°C(●) and 15°C(△) in 15 days treatment

b, e : Effect of period of 15 days(○), 20 days(▲) and 25 days(▼) at 10°C

c, f : Effect of period of 15 days(△), 20 days(▽) and 25 days(□) at 15°C

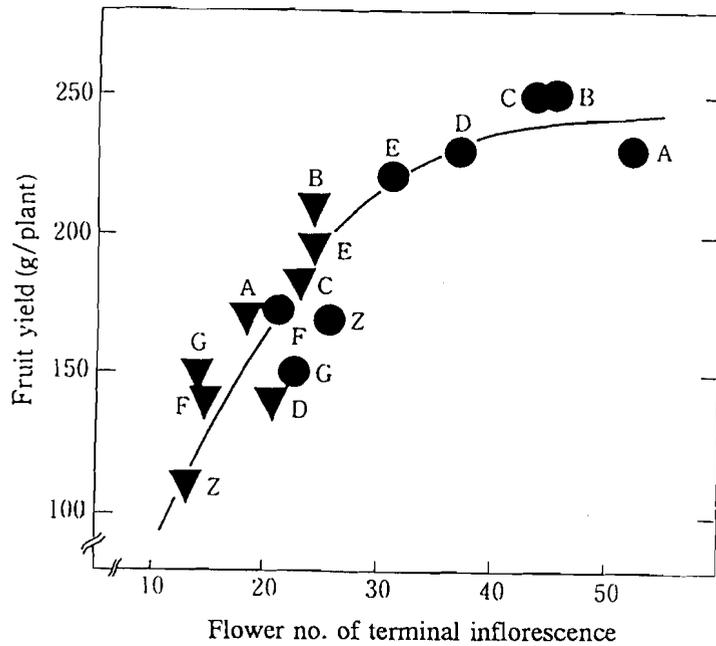


Fig. 1-3 Relations between the number of flower in terminal inflorescence and fruit yield (Oct. 1 - Jan. 20) in flower accelerated 'Nyoho' (●) and 'Toyonoka' (▼) strawberry

Z represents the continuous dark + continuous low temperature treatments in Exp. 1 (Table 1-1). A-G indicate the treatments in Exp. 2 (Table 1-2).

の場合に最も単位面積当たり収量が大きくなり、それより処理温度が低い場合や、処理期間が長い場合には収量が低下し、特に処理温度が低温（10℃）であると減収程度が大きい傾向が明らかとなった。

これに対し 'とよのか' では、処理期間が15日では（第1-4図d）、10℃、12.5℃、15℃処理区ともほぼ同じ旬別収量を示し、処理温度の影響は '女峰' ほど明確に現れなかった。また、処理期間の効果については、処理温度が10℃（第1-4図e）あるいは15℃（第1-4図f）の場合とも、25日間処理区で比較的低収となった。しかし、処理温度10℃の場合では、15および20日間処理区の差は小さく、一方、処理温度15℃の場合には、15日間処理区に比較して20日間処理区で12月以降の単位面積当たり収量が大きくなった。このように 'とよのか' では '女峰' のように15℃、15日間処理を最大値として、それより処理温度を低下あるいは処理期間を延長させた場合に低収となる傾向は明確でなかった。これは、それらの処理要因の影響による処理有効株率の変動が '女峰' に比較して小さいことを反映しているとみられ、処理有効株率が相対的に高い15℃、20日間処理区で高い収量性を示したと考えられた。

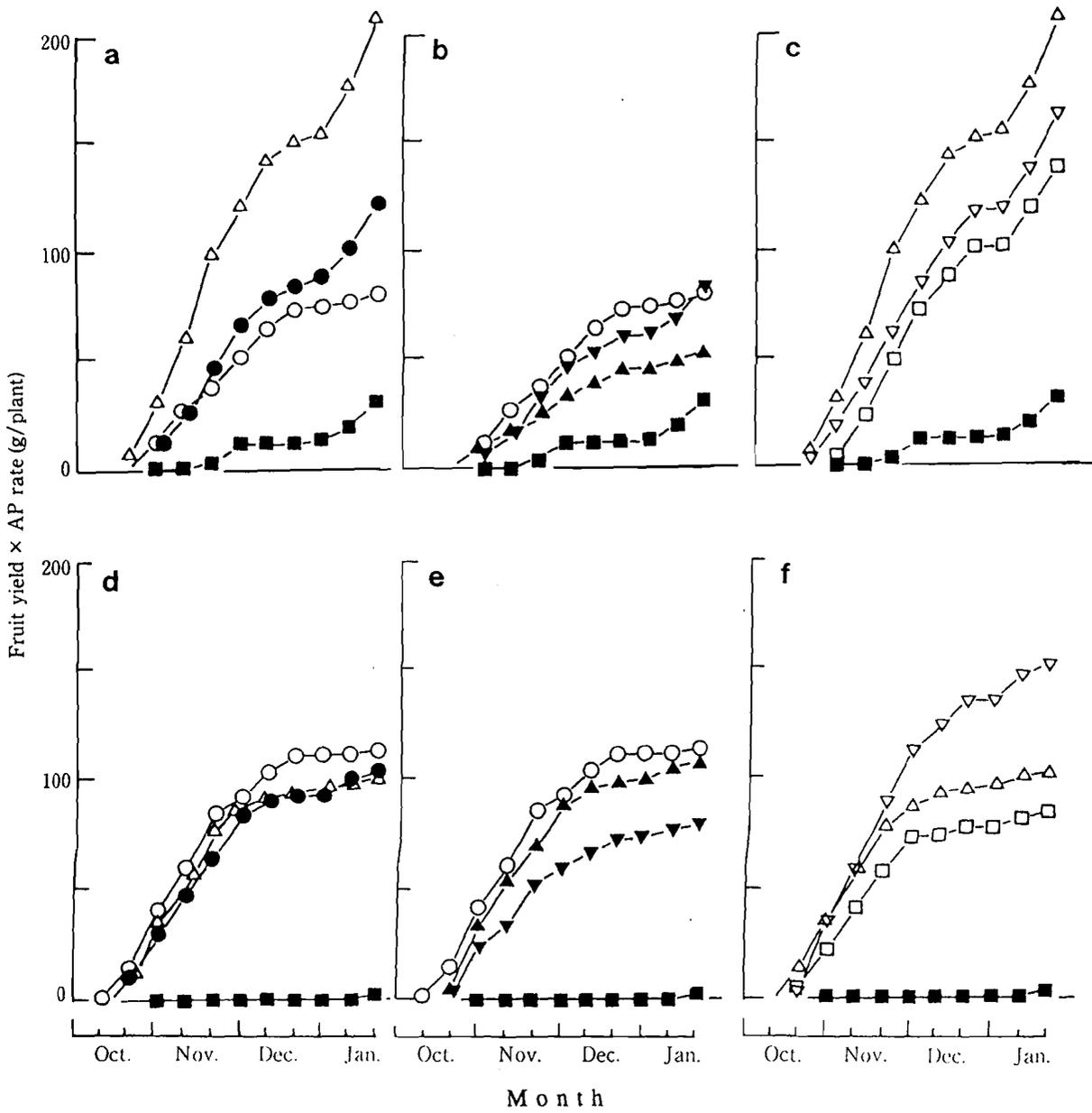


Fig. 1-4 Effects of temperature and duration of refrigerator-cooling on fruit yield / plant multiplied by rate of AP

a-f and symbols : same as Fig. 1-2

考 察

通常の一季成りイチゴ品種では、低温および短日が花芽分化を引き起こし、その際、育苗法や葉齢の違いに伴う苗質の違いが低温・短日の効果を左右する要因となることが知られている（斎藤，1982a）。

本節の実験では、ポット育苗によって苗質のばらつきを極力消去した供試苗群を用い、日長刺激のない暗黒低温条件によってもイチゴの花芽分化が誘起されることを確認した。しかし、1，2の実験を通じ、暗黒低温処理区の株群の中に花房生長促進がみられない株（処理無効株）が生じ、その比率は処理条件によって異なり8～75%の範囲であった。

1の実験で、暗黒低温処理と同一の処理時期（7月31日～8月15日）に夜冷短日処理を行った区では、両品種とも100%の株で出蕾・開花が促進されたので、供試苗群の苗質および処理前後の環境条件としては、すべての株が処理に感応して花芽の分化発達を起す素質を有していたと考えられる。

これを前提とした場合、暗黒低温処理区に処理無効株が生じる理由は、花芽の分化とその発達という2点に分けて考察する必要がある。すなわち、結果的に処理無効となる株では、①花芽の分化が暗黒低温処理期間中に起こらない、あるいは、②花芽の分化が誘起されても、処理終了時に一定の発達段階に達していないために、出庫・定植後の高温により花房として発達しない、という2つの可能性がある。

前者の場合について、松尾ら（1987）は、‘とよのか’を8月12日ないし21日から14～15℃で15日間、暗黒低温処理したときに、出庫時には検鏡によって花芽分化が確認できない株が多く、出庫後3～5日目に多くの株で検鏡により生長点の形態変化が確認できると報告している。別の報告では、出庫時に検鏡によって花芽分化を確認した株の割合が63%であったときに、収穫期からみた成功株率が94～95%となった例を示している（松尾・井上，1988）。また、森下・山川（1989）は、‘女峰’，‘とよのか’に8月9日から10日間、夜温12℃で夜冷短日処理を行ったとき、処理終了時に検鏡によって花芽分化を確認できない株が混在することを報告している。

これらの報告から、処理期間中に花芽分化が開始されないことが原因で無効株が生じる可能性があることは否定できない。なお、これらの報告では江口・大塚（1930）に従って、生長点の肥厚が検鏡により確認される時期を花芽分化期と呼んでいる。しかしながら、このような「形態的花芽分化」に先んじて「生理的花芽分化」が開始されていると考えられるので、処理終了時に形態変化が確認できるか否かにより処理の有効、無効が左右されるとは必ずしも言えないようである。

次に、処理期間中に花芽の分化が誘起されても、処理終了時に一定の発達段階に達していないために、出庫定植後の高温により、花房として発達しなくなる場合（ディバーナリ現象）が考えられる。本実験で暗黒低温処理を行った‘とよのか’のいくつかの区（1の実験の暗黒低温処理区および2の実験のB，F，G区）で第1-5図のような頂花が出現した。



(a) 5 days after anthesis



(b) 39 days after anthesis

Fig. 1-5 Reversion from reproductive to vegetative growth of strawberry treated by refrigerator-cooling

このような頂花では、花梗、がく、花卉、雄ずいは形成されているが、雄ずいの形成が完全でなく、花托基部は偽果状に成熟しても、花托頂部に密集した形で葉が分化し、放置すると葉芽が次々に発達した。また、このような頂花をもつ花房で、頂花以外の花序では通常の着果をする場合と、頂花のみしか発達しない場合があった。イチゴのこのような花については、Thompson (1961), Chia・Hew (1987) および松山ら (1989) の報告があり、また、北九州その他の促成‘とよのか’および‘女峰’産地でも見かけられるという。ある環境条件下における、不完全な器官の形成を伴った生殖器官から栄養器官への逆転現象は、キクの柳芽やカリフラワーの leafy など様々な植物で観察されている。このような現象は、花器の発達が一定の段階に達した後でも、環境要因が花の発育に不適当な条件に変わるか、あるいは微妙な環境条件が継続することによって、栄養生長すなわち葉の分化に再度切り換わる場合があることを示している。本実験で見られたのもこの一例と考えられ、このような異常花の存在は、イチゴの花芽形成過程において、顕著な形態の変化を伴わない場合でもディバーナリ現象が起こりうる可能性を強く示唆している。

ところで、植物の花成には内生ホルモンバランスが広く関与すると考えられている。イチゴの花芽分化については花成促進物質 (Hartman, 1947) あるいは抑制物質 (Guttridge, 1959a; 1959b) が存在するとの考え方が比較的早期から提出されており、株が低温・短日の環境条件下に置かれると、前者が蓄積するか後者が減少するかして花芽形成を促すのではないかと一般的に考えられている (斎藤, 1982b)。この考え方に沿えば、環境刺激は受容部位で形成された物質を介して苗の茎頂分裂組織にホルモンの変化や花成物質の増減を生じさせると思われる。この変化が茎頂における遺伝子プログラムに働き、その後は酵素系の反応により形態形成に至ると考えられる。ここで遺伝子プログラムが働き始める段階を生理的花芽分化と呼んでよいであろう。それ以後は花芽発達段階である。さて、1の実験では、夜冷短日処理区で処理有効株率が100%と高かったが、この処理は日中に自然温度にあわせるため、与える低温量が暗黒低温処理に比較して少ない。また、2の実験で‘女峰’に対し10, 12.5, 15°Cで同一期間暗黒低温処理したときに、低温量の少ない15°C処理よりも10°C処理の方が処理有効株率が低い傾向が見られた。既往の結果では、花芽分化誘起に対する温度の効果は14°Cに比較して8~11°Cで高いとされており (斎藤, 1982a)、本実験の結果は一見これに反するようであるが、前述のように、誘起効果より定植後の打ち消し効果を重視して考えると説明できると思われる。すなわち、各処理の環境刺激が生理的花芽分化に対し同程度の作用性を持つと仮定すると、すでに花芽分化の方向に生理的に変換した後の花芽発達は処理温度が低いほど遅い。したがって、処理終了時の花芽発達ステージが低くなり、定植後の30°C前後の高温によって生殖生長の継続ができなくなったのではないかと考えられる。しかし、2の実験の‘とよのか’では‘女峰’で見られたような処理温度による傾向は明確でなかった。この理由は不明であるが、伏原・高尾 (1988b) の報告でも両品種に同一の暗黒低温処理 (10°C, 8月21日~9月7日) を行った場合、‘とよのか’の方が着果株率 (処理有効株率) が低くなっている。したがって、自然

条件下の花芽分化時期よりある程度以上早く暗黒低温処理を行った場合は、この処理に対する感受性のばらつきが相対的に‘とよのか’で大きいのではないかと考えられる。この点については供試株数を多くしての追試が必要であろう。

また、処理終了時の花芽発達の到達段階について森下・山川（1989）は、夜冷短日処理では処理日数を長くすると処理終了時の花芽分化指数が大きくなり、出蕾促進株率（処理有効株率）は向上したことを報告している。しかし、暗黒低温処理では、2の実験でみられるように、両品種を通じて処理日数を長くしても処理有効株率の向上は認められなかった。

暗黒低温処理期間を長くした場合は、低温遭遇量は多くなるが、より長期間光合成の行われない条件下に置かれることになる。そのため、処理後半に生長点部の栄養条件が不良となり、花芽発達速度が夜冷短日処理に比較して鈍化すると考えられる。したがって、処理期間の延長は処理効果の向上に直結しないのであろう。

伏原・高尾（1988b）の、暗黒低温処理に供する苗が小さいほど処理有効株率が低下するという結果も、小さい苗は貯蔵養分量がより少なく、処理後半に生長点部の栄養条件が不良となりやすいために生じる現象と考えられる。また、2の実験の処理期間が長くなると頂花房花数が少なくなる傾向（第1-2表）もこのことを裏付けているものと考えられた。

以上述べたように、本実験の暗黒低温処理区で処理無効株が生じる原因については、暗黒低温処理の花芽分化誘起効果そのものが夜冷短日処理に比較して弱いかどうかは不明であるが、連続暗黒条件下に置かれるために生長点部の栄養条件が不良となることと、ディバーナリ現象、すなわち、処理期間中に花芽分化ステージが十分に進行しないために定植後の高温条件によって栄養生長に戻る現象を重視して考えると本実験の傾向を説明できると思われた。したがって今後、これらの現象に関与する各要因について解明する必要がある。それは、供試苗の貯蔵的養分量の違いによる処理効果の違いと処理期間延長に伴う消耗の様相を明らかにすること、また、異なる処理温度下での「生理的花芽分化」に要する期間および花芽発達速度について検証すること、さらに、ディバーナリ現象については、これが生じるための花芽のステージと温度域の関係を詳細に知ることであり、これらがイチゴの花芽分化生理を明らかにする上で重要となろう。

次に、処理によって誘起された花芽が花房として発達する過程について考察する。1の実験の夜冷処理区の処理有効株は、処理後出蕾までに‘女峰’41日、‘とよのか’39日を、開花までに‘女峰’56日、‘とよのか’51日を要した。これに対し、暗黒低温処理区では出蕾まで‘女峰’32～37日、‘とよのか’30～37日、開花まで‘女峰’42～50日、‘とよのか’42～47日と、所要日数が短い傾向が見られた。定植後の環境条件は同一であるから、この結果から、暗黒低温処理区で処理有効となる株では、夜冷短日区よりも処理終了時の花芽発達段階が進んでいたと考えられる。このことと、前述した処理無効株発生理理由から考えて、暗黒低温処理によって誘起された花芽は、夜冷短日処理に比較して、花芽発達ステージが進んでいる場合でも定植後のディバーナリ現象が生じやすいのではないかと

推測される。一方、夜冷短日処理により花芽分化が誘起された場合には、処理期間中の日中高温による花芽分化打ち消し効果のために、分化は遅れるが、ディバーナリされにくい花芽を形成すると考えられる。処理方法により花芽の生理的性質が異なるとすれば、暗黒低温処理に日長刺激が含まれないことが、植物体内におけるいくつかの生理活性物質のバランスを通じて、何らかの影響を及ぼしている可能性も考えられる。しかし、現在のところ、花芽分化誘起効果を有する低温と短日がイチゴの生理活性物質の増減に及ぼすそれぞれの影響については明確でなく、この点についても今後の検証が必要である。

次に、花房の発達と定植後の気温との関係について述べる。伏原・高尾（1988a）は、‘とよのか’を用いて6月下旬から9月上旬にかけて8回暗黒低温処理（10℃、17～21日間処理）を行った。その結果、定植から出蕾までの所要日数は7月27日に定植した区で最も短く、それ以後定植が遅くなるほど長くなることを示している。伏原らのデータの中で本実験と定植暦日の近い8月10日定植区についてみると、出蕾まで29日、開花まで37日である。本実験中でこれと処理条件がほぼ等しいのは、2の実験の‘とよのか’D区（8月10日定植）であるが、出蕾まで32日、開花まで45日を要した。両者を比較すると、本実験における所要日数が長く、これは8月～9月にかけての気温が、伏原らの実験地である福岡に比較して盛岡では低いことを反映していると考えられる。

次に処理有効株の頂花房花数についてみると、第一に、同一の処理では1、2の実験を通じ‘とよのか’に比較して‘女峰’の花数が多くなる傾向が明らかで、この差は品種の特性に由来すると考えられた。第二に、2の実験の結果から両品種とも、処理期間が短く、定植暦日が早い区ほど花数が多くなる傾向が認められ、この傾向は‘女峰’で特に顕著であった。前述したように暗黒処理日数が長くなると花芽の発達に対し負の影響が生じることが推定される。また、定植時の株の消耗度も大きく（熊倉ら、未発表）、生長点部の栄養条件が良くないために高位花序の発達が劣ったものと考えられた。

処理有効株の収量性について検討すると、1の実験における夜冷短日処理と暗黒低温処理の比較では、両品種とも暗黒低温処理区の方が1株当たり年内収量が大きく、特に‘女峰’で処理による収量の差が大きかった。1、2の実験を通じて、暗黒低温処理を行った各区間で比較した場合には、処理温度の違いによる年内収量の差は小さく、これに対して処理日数あるいは定植暦日の違いによる差が認められた。すなわち、2の実験で8月5日に定植したA、B、C区の年内収量経過はほぼ等しく、年内収量は‘女峰’200 g 前後、‘とよのか’180 g 前後であった。8月10日に定植したD、E区では、これをやや下回る傾向があり、8月15日に定植したF、G区では、‘女峰’、‘とよのか’とも90～130 g であった。このように2の実験では、処理日数が長いほど低収となる傾向が認められたが、一方、1の実験の暗黒低温処理区（8月15日定植）では年内収量レベルが2の実験のF、G区と同程度であり、収量はむしろ定植暦日と密接な関連を持つとも考えられた。しかし、1、2の実験では供試苗の育苗方法と処理条件がやや異なるため、今後の検討を要する。

また、暗黒低温処理を行った各区の頂花房花数と1月中旬までの収量との間には、第1-3

図のような明らかな対数曲線的な関係があり、花数がおよそ25花以下の場合には花数が多いほど高収となる傾向が見られた。前述のように、2の実験では、処理日数が長くて定植日が遅いほど頂花房花数が少なくなる傾向があるので、収量からみても、定植暦日が早いほど出蕾・開花が早くなるために、より適温に近い時期に多くの果実を成熟させることができ、年内収量が多くなるのであろう。先に引用した伏原・高尾(1988a)の報告によると、‘とよのか’を8月10日に定植した場合の頂花房収量は87g、8月19日に定植した場合の年内収量は118gであった。本報の‘とよのか’では2の実験のD区(8月10日定植)で約150g、F区(8月15日定植)で120gであり、D区、F区は処理日数が異なるために正確な比較とはいえないが、このような栽培法においては、定植期の数日の違いが、定植後の日長、温度環境の違いを介して花房の発達に影響を及ぼし、頂花房の収量性を左右する可能性がある。定植期の数日の違いは両気象要因のうち温度要因に対しては大きな相違をもたらさないで、日長要因が相対的に重要な影響を及ぼすと考えられる。本来、イチゴの花房発達は春に行われ、これは通常、日長が12時間から14時間程度に次第に長くなる時期であるが、本実験での花房発達期に相当する8月10日から10月10日までは日長が約14.0時間から約11.5時間に短くなる時期であり、暦日の違いによる環境刺激としての差が生じやすいと思われるからである。この点については暦日を変化させて同一の花芽分化誘起処理を行い、処理後制御環境下に定植して比較を行うことが必要である。実際栽培の上では、それぞれの地方の温度、日長条件によって花房発達と果実成熟にとって最適の定植時期が異なることが推測され、福岡では8月10日定植は高温に過ぎ、一方盛岡では8月15日定植ではすでに最適期を過ぎているのではないかと考えられた。

摘 要

寒冷地で夏秋期にイチゴを生産するための花芽分化誘起方法として有望な暗黒低温処理および夜冷短日処理の効果について検討し、併せてイチゴの花芽分化および果実肥大に関する基礎的な知見を得ようとした。

1. イチゴ品種‘女峰’および‘とよのか’を供試し、夏期に15日間、夜冷短日処理(明期8時間+暗期16時間、昼温は野外温度、夜温は12.5℃)および暗黒低温処理(連続暗黒、12.5℃)を行って、両処理が花芽分化および花房の発達に及ぼす影響を検討した。夜冷短日処理区では、両品種ともすべての供試株で出蕾・開花が1か月以上促進された(処理有効株)。これに対し、暗黒低温処理区では両品種とも出蕾・開花が促進されない株が10%生じた(処理無効株)。

処理有効株では年内に株当たり80~120gの果実収穫があり、処理無効株および無処理区では皆無であった。暗黒低温処理区の処理有効株の株当たり収量は夜冷短日処理区の処理有効株に比較して大きく、処理無効株を含めた年内収量でも、‘女峰’では暗黒低温

処理区が大きく，‘とよのか’では若干下回る程度であった。

2. 暗黒低温処理の処理温度および期間が‘女峰’および‘とよのか’の花芽の発達と収穫時期に及ぼす影響について検討した。‘女峰’では処理温度が高いほど処理有効株率が高くなる傾向が認められたが，‘とよのか’では明確ではなく，処理有効株の収量に及ぼす処理温度の影響は小さかった。また，処理期間の影響についても，処理期間の延長による処理有効株率の向上は認められず，むしろ，処理期間が長いほど処理有効株の花房の発達が劣り，収量性が低下した。

3. 暗黒低温処理区の処理有効株では11月を中心に高い果実収量が得られた。

4. 暗黒低温処理区で処理無効株が生じる理由については，連続暗黒条件下に置かれるための生長部位の栄養条件の不良と，処理後高温に遭うことによるディバーナリ現象が考えられた。

第2節 花芽分化誘起処理ならびにその前後の温度および光環境の影響

前節では、人為的にイチゴの花芽分化を誘起させる処理方法について検討し、暗黒低温処理は促成品種の花芽分化誘起に有効であるが、夜冷短日処理に比較して安定性が劣り、若干の花芽発達を行わない株（処理無効株）が生じることが示された。しかし、暗黒低温処理における処理有効株の花芽発達は早く、年内収量は夜冷短日処理に劣らず、苗を冷蔵施設に搬入するだけで特別な装置を必要としないことから、暗黒低温処理は有望な手法であることを明らかにした。したがって、暗黒低温処理区における処理無効株の発生原因を解明し、花成を安定化させる技術を開発することが必要と考えられた。

本節では、上記の目的のために以下の5項目の実験を行い、温度・光条件が花芽分化に及ぼす影響について検討した。

まず、①花芽分化誘起のため、イチゴ苗を暗黒条件下で10～15℃の温度条件に置くことが実用的に行われており、前節ではこの範囲の温度条件が低温刺激としてどの程度の作用性を持つのかをみたが、ここでは花芽分化の誘起に必要な低温の上限を明らかにし、低温処理による花芽分化誘導の機構を解明するための基礎資料を得ようとした。

また、②前節で、暗黒低温処理区での処理無効株の発生原因の一つとして、処理後の高温が暗黒低温処理による花芽誘導効果を消去し、花芽発達が継続されないのではないかと考察した。この仮説を実証するために暗黒低温処理後の高温条件が処理無効株の発生に及ぼす影響について調査した。

一方、③暗黒低温処理に供する苗の環境前歴を変え、処理の刺激に対する苗の感応性を予め高めておくことにより、暗黒低温処理の効果を高め得る可能性が考えられるので、暗黒低温処理の前処理として熱線反射フィルムで被覆して、植物体温の低下を図る処理を行い、花芽分化・発達に及ぼす影響について検討した。

さらに④暗黒低温処理終了後、圃場に定植した株についても、環境要因の変化により処理の効果が変動するものと考えられたので、暗黒低温処理後に熱線反射フィルムで遮光処理を行って植物体温の低下を図った場合、および日長操作を行った場合の花芽分化・発達についても調査した。

また、⑤予備実験から、育苗期の苗を熱線反射フィルムで被覆するだけで花芽分化を誘起できる可能性が考えられたので、熱線反射フィルムの被覆処理が花芽分化に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

供試品種は‘女峰’とし、第1節と同様の方法でポット育苗した。苗の養成までの操作は本節の1～5の実験に共通である。

1. 暗黒低温処理の温度の影響

1989年および1990年の2回実験を行った。1989年には最終追肥日を7月11日（暗黒低温処理開始30日前）とし、苗齢5枚の苗を選んで供試した。最終追肥日から暗黒低温処理開始までは窒素中断期間とし、水のみを与えて育てた。処理温度を15、17.5、20、22.5、25℃とする5試験区を設け、1区当たり18～20株とした。処理期間は8月10日から8月20日までの10日間および8月10日から8月25日までの15日間とし、処理終了後の自然条件による花芽形成を避けるため直ちに30℃一定、16時間日長のファイトトロンに搬入して栽培し、定期的に各株に同量の液肥を与えた。

10月25日に各株の花芽発達段階を調査し、この時点で出蕾期に達した株と雄ずい初生期に達していない株に明らかに判別できたので、前者を処理有効株、後者を処理無効株と判定した。

1990年には最終追肥日を7月3日（暗黒低温処理開始28日前）とし、苗齢6枚の苗を選んで供試した。最終追肥日以後は水のみを与えて育てた。処理温度を12、15、18、21℃とする4試験区を設け、1区当たり32株とした。処理期間は7月31日から8月15日までの15日間とし、処理終了当日に圃場に定植した。定植後は慣行に従って栽培し、花房の生長と収量について調査した。

2. 暗黒低温処理後の高温の影響

実験は1990年に実施した。最終追肥日を7月10日（暗黒低温処理開始28日前）とし、苗齢5枚の苗を選んで供試した。最終追肥日以後は水のみを与えて育てた。暗黒低温処理（処理温度15℃）は8月8日に開始した。処理日数を0、5、10、15、20日の5段階として、それぞれについて、処理終了後直ちに30℃一定、16時間日長のファイトトロンに搬入する区、および23℃一定、16時間日長のファイトトロンに搬入する区を設定した。1区当たり27株とした。暗黒低温処理後は定期的に同量の液肥を与えた。各区ともファイトトロン内に28日間置いた後に無加温ガラス室に移して育て、各株の出蕾日を調査した。暗黒低温処理後29～90日に出蕾する株と、遅れて出蕾する株に明らかに分割できたので、前者を処理有効株、後者を処理無効株と判定した。

3. 暗黒低温処理前の遮光の影響

実験は1990および1991年に実施した。1990年の実験では、6月26日に苗齢5枚の苗を選び、液肥の最終追肥を行い、それ以後は窒素中断期とし、水のみを与えて育てた。7月4日に苗群を4分割し、暗黒低温処理前の20日間（7月4日～7月24日）を前処理としての遮光処理期間として、以下のA～Dの4処理条件下に置いた。

A区：遮光率75%の寒冷紗により被覆した区。

B区：遮光率77%の熱線反射フィルム（商品名：ピアレスフィルム、日本ピアレス工業（株））により被覆した区。

C区：遮光率95%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）により被覆した区。

D区：無遮光区。

被覆方法は裾あきトンネルとし、1区当たり20株とした。各被覆処理の植物体温低下効果をみるために、生長点付近の葉柄基部に熱電対を差し込んで体温の経時的変化を測定した。本処理として、各区とも7月24日～8月8日の15日間、15℃で暗黒低温処理を行い、8月8日に定植した。定植後20日間は寒冷紗で50%遮光した。その後、慣行に従って栽培し、花房の生長と収量構成について調査した。

1991年の実験では、前年とは異なる被覆資材を用いて、暗黒低温処理前のトンネル被覆効果を調査した。6月13日に苗齢5枚に達した苗を選び、6月17日に最終追肥を行った後、窒素中断期の苗群を2分割し、前処理区および対照区（無前処理）とした。前処理区は暗黒低温処理前の14日間（7月3日～7月17日）、遮光率85%の熱線反射フィルム（商品名：ホワイトシルバー遮光用、東罐興産(株)）で被覆し、対照区は、同期間、雨よけ条件下に置いた。その後、両区とも7月17日～8月1日の15日間、15℃で暗黒低温処理を行い、8月1日に定植した。定植後14日間は遮光率85%の熱線反射フィルムで被覆した。その後、慣行に従って栽培し、花房の生長と収量構成について調査した。

4. 暗黒低温処理後の遮光の影響

ポット育苗した苗群から1990年6月26日に苗齢5枚の苗を選び、供試した。最終追肥日は6月26日とし、その後は水のみを与えて育てた。全株とも、前処理として7月4日～7月24日の20日間、遮光率77%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）下に置き、本処理として、7月24日～8月8日の15日間、15℃で暗黒低温処理を行い、処理終了後、直ちに定植した。ここまでの操作は3のB区と同じである。定植後は、後処理として20日間、以下のE～Hの4条件下に置いた。1区当たり20株とした。

E区：遮光率50%の寒冷紗で被覆し、裾あきトンネルとした。

F区：遮光率77%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）で被覆し、裾あきトンネルとした。

G区：8時間日長の短日処理を行った。明期は9時～17時までとして自然光下におき、暗期は17時～9時までとして遮光率100%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）で密閉トンネル状に被覆した。明期、暗期ともに温度の制御は行わなかった。

H区：16時間日長の長日処理を行った。明期は5時～21時までとし、9時～17時までは自然光下に、それ以外は遮光率100%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）を用いた密閉トンネル内で人工光（白熱灯）下に置いた。暗期は21時～5時までとし、遮光率100%の上記フィルムによって密閉被覆し、白熱灯は消灯した。G区と同様、温度の制御は行わなかった。

以上の後処理を終了した8月28日以後は慣行に従って栽培し、花房の生長と収量構成について調査した。

5. 熱線反射フィルムを用いた遮光および短日処理の影響

実験は1990年および1991年に実施した。

1) 1990年に、短日処理の花芽分化誘起効果を検討した。ポット育苗して6月26日に苗齢5枚の苗を選び、液肥の最終追肥を行い、それ以後は窒素中断期とし、水のみを与えて育てた。7月24日から遮光率100%の熱線反射フィルム（ピアレスフィルム）を用いて10（I区）、20（J区）、30日間（K区）の短日処理を行った。すなわち明期8時間（9時～17時）は自然光下に置き、暗期16時間はフィルムでトンネル被覆した上から水道水を散水した。対照区として、7月24日から30日間、終日寒冷紗で50%遮光処理する区（L区）を設けた。1区当たり20株とした。短日処理区および対照区の植物体温を3の実験と同様に測定した。処理終了後、直ちに定植し、定植後20日間は寒冷紗で50%遮光した。その後、各区とも慣行に従って栽培し、花房の生長と収量について調査した。

2) 1991年に、遮光単独処理および短日処理の花芽分化誘起効果を暗黒低温処理と比較検討した。6月13日に苗齢7枚に達した苗を供試し、花芽分化誘起処理方法の異なる以下の5区を設け、1区当たり20株とした。各区の処理の概要を第1-6図に示した。

M区：6月2日に最終追肥を行い、6月18日まで自然条件下に置き、その後8月1日まで44日間85%遮光条件に置いた。遮光資材は熱線反射フィルム（ホワイトシルバー遮光用）を用い、裾あきトンネルとした。

N区：7月2日まではM区と同様とし、その後、8月1日まで30日間、遮光率100%の被覆資材（商品名：ホワイトシルバー100、東罐興産株）を用いて短日処理を行った。すなわち、明期8時間（9時～17時）、暗期16時間（17時～9時）で明期は自然光、暗期は被覆資材によるトンネル密閉とした。

O区：N区と同じで短日処理の被覆資材が異なるだけである。すなわち、遮光率100%の被覆資材はピアレスフィルムを用いた。

これらM、N、O区においては、7月2日～8月1日までの30日間を花芽分化誘起処理の期間、それに先立つ6月18日から7月2日までの14日間を前処理としての遮光期間と見なした。

P区：6月17日に最終追肥を行い、7月3日まで自然条件下に置き、その後7月17日まで14日間85%遮光条件に置いた後、7月17日から8月1日まで15日間、15℃で暗黒低温処理を行った。

Q区：6月17日に最終追肥を行い、7月17日まで自然条件下に置いた後、7月17日から8月1日まで15日間、15℃で暗黒低温処理を行った。

P、Q区はM、N、O区の処理の花芽分化誘起効果を調査するために対照区として設けた。全区とも、8月1日に定植し、定植後14日間は85%遮光の条件、その後は、無遮光として慣行に従って栽培し、花芽発達について調査した。

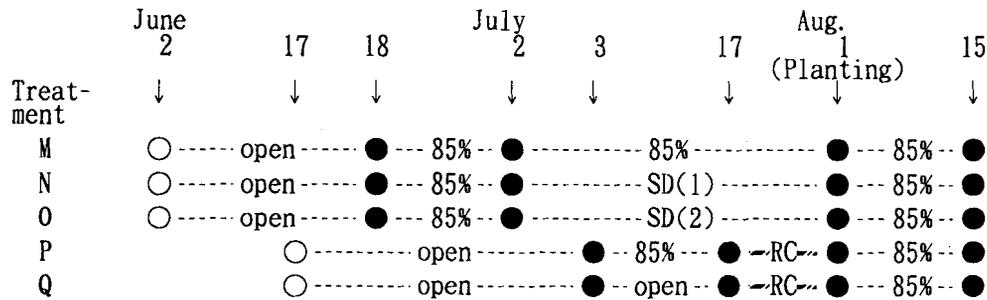


Fig. 1-6 Outline of flower inductive treatments in Exp. 5 (1991)

○ : Final application of liquid fertilizer, ● : Beginning and ending of treatments, open : Non-shading, RC : Refrigerator-cooling (15°C, 15 days), 85% : 85% sunlight reduction covering the plants with a heat insulation film (White-silver for sunlight-reduction), SD(1) : 8h-photoperiod covering the plants with a heat insulation film (White-silver for 100% sunlight reduction), SD(2) : 8h-photoperiod covering the plants with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction).

実験結果

1. 暗黒低温処理の温度の影響

1989年の実験結果を第1-3表に示した。処理温度の影響としては、処理日数15日の場合、15°Cでは処理有効株率が53%であり、処理温度が高くなるに従い処理有効株率が低下し、22.5および25°Cでは0%であった。また、処理日数10日の場合、15および17.5°Cで約5%が処理有効株で、20°C以上ではすべて処理無効株であった。

次に、1990年の結果を第1-4表に示した。処理有効株率は、処理温度12, 15°Cの区に比較して18°C以上の区では低下し、21°Cで最も低かった。しかし、21°C区でもなお50%弱の処理有効株率であった。また、処理有効株率の低下に伴ない、処理期間は同一でも処理有効株の出蕾日が遅れた。これらの2年間の結果から、暗黒低温処理温度が15°C以上では処理有効株率が低下する傾向が認められた。

1990年に各処理区の収量について調査した(第1-7図)。処理有効株当たりの年内収量は、処理温度 12, 15°C区では約 170 g であった。一方、18, 21°C区では約 110 g で、花芽分化誘起の数日の遅れは年内収量に大きく影響することが明らかであった。

2. 暗黒低温処理後の高温の影響

処理有効株率に及ぼす暗黒低温処理後の高温の影響を第1-5表に示した。暗黒低温処理の日数が長いほど処理有効株率が高い傾向があり、また、処理日数が同じ場合は、処理後、より高温条件に遭遇させた区で明らかに処理有効株率が低かった。

Table 1-3 Effects of five temperature treatments of refrigerator-cooling for 10 and 15 days on flower bud induction of 'Nyoho' strawberry

Treatment		Percentage of AP ^z	Percentage of NAP ^y
Temperature (°C)	duration (days)		
15.0	10	5	95
17.5	10	6	94
20.0	10	0	100
22.5	10	0	100
25.0	10	0	100
15.0	15	53	47
17.5	15	40	60
20.0	15	22	78
22.5	15	0	100
25.0	15	0	100
control	0	0	100

Treatments were started on 10 August, 1990. After the refrigerator-cooling, plants were exposed to a growth temperature of 30 °C with 16h-photoperiod.

^z, ^y Same as Table 1-1

Table 1-4 Effects of four temperature treatments of refrigerator-cooling for 15 days (31 July- 15 August, 1990) on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry

Treatment temperature (°C)	Percentage of AP ^z	AP			
		Flowering date ± SE	Beginning of harvesting ± SE	No. of flowers in terminal inflorescence ± SE	Fresh fruit yield ^y (g/plant)
12	84	Oct. 4.9 ± 0.8	Nov. 16.6 ± 1.7	35.6 ± 0.9	176
15	85	Oct. 6.9 ± 1.1	Nov. 16.8 ± 1.7	33.9 ± 1.2	165
18	69	Oct. 12.3 ± 1.0	Nov. 26.5 ± 2.2	28.1 ± 1.0	111
21	47	Oct. 12.8 ± 1.1	Nov. 29.8 ± 2.2	29.1 ± 0.3	108

^z Same as Table 1-1

^y Until the year-end after planting

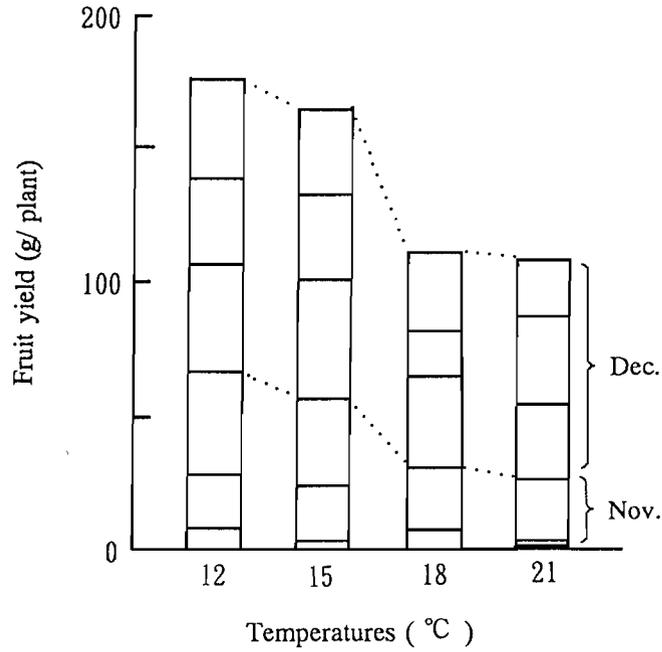


Fig. 1-7 Effects of four temperature treatments of refrigerator-cooling for 15 days (31 July- 15 August) on cumulative fruit yield/plant in AP^z of 'Nyoho' strawberry during the planting year (Exp. 1, 1990)

^z Accelerated plant for flowering

Table 1-5 Effect of a high temperature + long-day treatments after refrigerator-cooling on flower bud induction of 'Nyoho' strawberry

Duration of refrigerator-cooling (days)	Growth condition after refrigerator-cooling (Temperature-photoperiod)	Percentage of AP ^z	Percentage of NAP ^y
5	30 °C - 16 h	4	96
	23 °C - 16 h	0	100
10	30 °C - 16 h	4	96
	23 °C - 16 h	26	74
15	30 °C - 16 h	33	67
	23 °C - 16 h	93	7
20	30 °C - 16 h	81	19
	23 °C - 16 h	100	0
Control	Natural	0	100

Refrigerator-cooling (15 °C) was started on 8 August. ^z, ^y Same as Table 1-1

3. 暗黒低温処理前の遮光の影響

1990年に行った被覆処理の晴天日、曇天日における植物体温低下効果を第1-8図に示した。遮光率75%の寒冷紗被覆区（A区）は遮光率77%の熱線反射フィルム被覆区（B区）よりやや高く、遮光率95%の熱線反射フィルム被覆区（C区）はB区よりやや低く推移した（図省略）。このように、遮熱性フィルムや寒冷紗の被覆は、日中の植物体温を1~4℃低下させ、体温が一定以上の高温となる時間数を減少させた。

以上の前処理が、暗黒低温処理の花芽分化誘起および花房の発達に及ぼす影響を第1-6表に示した。

処理有効株率は、無遮光区で85%であったが、遮光処理を行った区では高く、B区では100%であった。また、前処理を行った区では、処理有効株の出蕾、開花、収穫開始が早く、頂花房の花数も多かった。さらに、これらの区では処理有効株1株当たり収量も増加した（第1-9図）。3種の遮光処理区の中ではC区で増収効果が小さかった。

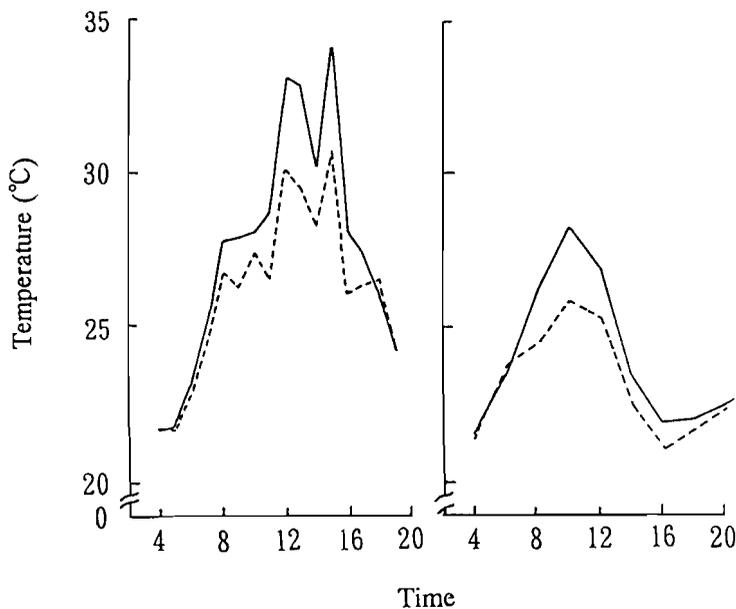


Fig. 1-8 Effect of shading on diurnal plant temperatures in fine (left, 23 July) and cloudy (right, 18 July) days (Exp. 3, 1990)

—— Non-shaded
----- Shaded with heat insulation film (77% sunlight reduction)

Table 1-6 Effect of shading treatments for 20 days prior to refrigerator-cooling* on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry

Shading treatment		AP			
Materials	Percentage of sunlight reduction	Percentage of AP ^y	Date of flower bud emergence ± SE	Flowering date ± SE	Beginning of harvesting ± SE
A	Cheesecloth	75	Sep. 10.8 ± 0.8	Sep. 21.1 ± 0.9	Oct. 20.1 ± 1.2
B	Heat insulation film (1)	77	Sep. 10.9 ± 0.5	Sep. 20.5 ± 0.6	Oct. 20.3 ± 0.7
C	Heat insulation film (2)	95	Sep. 11.1 ± 1.0	Sep. 21.9 ± 1.2	Oct. 21.9 ± 1.7
D	Control	0	Sep. 13.9 ± 0.8	Sep. 24.4 ± 1.0	Oct. 23.6 ± 1.3

* Refrigerator-cooling at 15°C for 15 days (24 July-8 August)

^y Accelerated plant for flowering

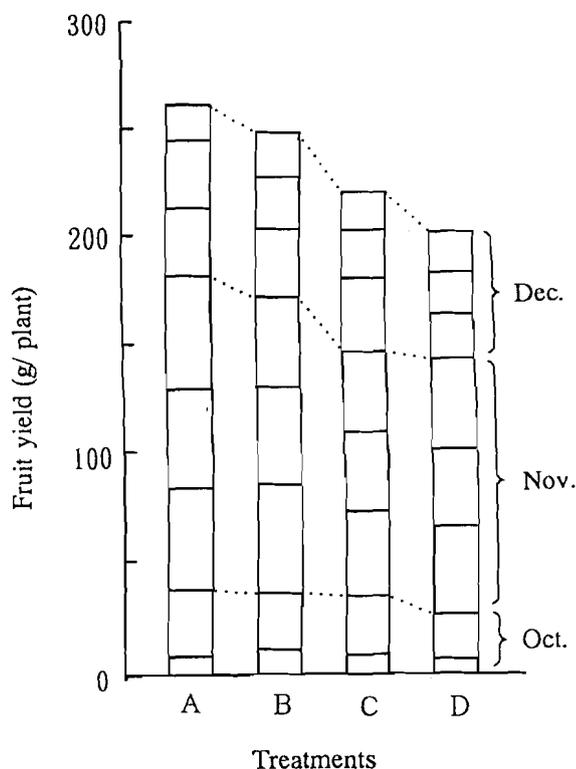


Fig. 1-9 Effects of shading treatments for 20 days prior to refrigerator-cooling on cumulative fruit yield/plant in AP^z of 'Nyoho' strawberry during the planting year

A-D represent the means of shading treatments prior to refrigerator-cooling : A, Cheesecloth with 75% sunlight reduction; B, Heat insulation film with 77% sunlight reduction; C, Heat insulation film with 95% sunlight reduction; D, Non-shading control. See Table 1-6. ^z Accelerated plant for flowering

次に、1991年の実験について、育苗期の被覆方法の違いが植物体温に及ぼす影響を第1-10図に示した。前処理が85%遮光の区では、無遮光区に比べ、日中の体温が1~2℃低く、夜温はほぼ同じく推移し、前年と同様に体温が一定以上の高温となる時間数を減少させることができた。

各区の花芽発達について第1-7表に示した。熱線反射フィルム被覆処理（前処理）区では、8%の早期出蕾株がみられ、その出蕾日が8月15日前後であったことから、これらの株は前処理遮光期間に花芽分化したものと見なすことができた。また、前処理区の出蕾期は、無遮光区より約2日早く、前年度と同様な傾向が認められた。

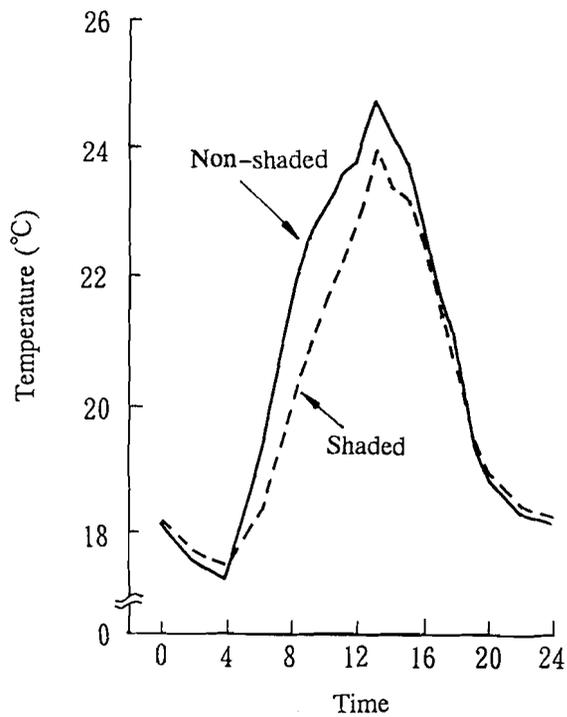


Fig. 1-10 Effect of shading using heat insulation film on diurnal plant temperatures (Exp. 3, 1990)

Plants were shaded using a heat insulation film of 77% sunlight reduction during the period of 3-17 July.
Data are means of diurnal plant temperatures during the period of 5-15 July.

Table 1-7 Effect of a shading treatment^z for 14 days prior to refrigerator-cooling^y on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry (Exp. 3, 1991)

Treatment	Percent-age of EP ^x	Percent-age of AP ^w	Percent-age of NAP ^v	AP			
				Date of flower bud emergence ± SE	Flowering date ± SE	Beginning of harvest-ing ± SE	No. of flowers in terminal in-florescence ± SE
Shading	8	83	8	Sep. 2.5 ± 1.3	Sep. 11.2 ± 2.2	Oct. 16.6 ± 3.3	28.7 ± 2.7
Control	0	92	8	Sep. 4.9 ± 1.5	Sep. 13.5 ± 2.0	Oct. 21.4 ± 2.8	35.5 ± 2.7

^z 85% sunlight reduction by covering the plants with a heat insulation film (White-silver for sunlight-reduction) during the period 3-17 July.

^y Flower inductive refrigerator-cooling at 15°C for 15 days (17 July- 1 August).

^x Excessively accelerated plant for flowering in which flower buds were induced during shading.

^w Accelerated plant for flowering in which flower buds were induced during refrigerator-cooling treatment.

^v Non-accelerated plant for flowering.

4. 暗黒低温処理後の遮光の影響

第1-8表および第1-11図に、暗黒低温処理後の遮光および日長操作が、花芽分化誘起、花房の生長および年内収量に及ぼす影響を示した。暗黒低温処理後、寒冷紗により遮光した区 (E区) および遮光率77%の熱線反射フィルムで被覆した区 (F区) では、ともに処理有効株率は100%で、出蕾、開花、収穫開始も前者でやや早かったものの、大きな差はなく、処理有効株1株当たり年内収量もほぼ等しかった。

これに対し、無遮光・短日区 (G区) では、処理有効株率が95%で、他区に比べやや低く、花房の生長も数日遅れた。このような花房発達の遅れによって、処理有効株1株当たり年内収量も、E, F区に比べ3割程度低かった。また、無遮光・長日区 (H区) では、処理有効株率は100%であり、花房の発達もE区とほぼ同様であったが、1次側花房が頂花房に続いて出蕾する連続出蕾株が他区に比べ多く、30%出現した。この連続出蕾株は、多くの場合、他の1次・2次側芽が発達せず、いわゆる芽なし株となったことから、H区 (無遮光・長日区) では12月の処理有効株1株当たり収量が著しく低下した。

5. 熱線反射フィルムを用いた遮光および短日処理の影響

1990年の熱線反射フィルムを用いた短日処理が植物体温に及ぼす影響を第1-12図に示した。短日処理期間中、日の出後のトンネル内の植物体温は、短日処理区が無処理区より低く、フィルムの熱線反射効果および散水の効果が表われた。しかし、夜間の体温は処理区の方が高く推移した。また、明期にはトンネルを開放したため、処理区の植物体温は無処理区とほぼ等しかった。したがって、この短日処理の体温低下効果は大きくないと考えら

Table 1-8 Effect of shading, short-day and long-day treatments after refrigerator-cooling^z on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry (Exp. 4, 1991)

Treatment			AP					
Shading material	Percentage of sunlight reduction	Photo-period	Percentage of AP ^y	Date of flower bud emergence±SE	Flowering date±SE	Beginning of harvesting ±SE	No. of flowers in terminal inflorescence±SE	Percentage of SP ^x
E Cheesecloth	50	Natural	100	Sep. 10.9±0.5	Sep. 20.5±0.6	Oct. 20.3±0.7	37.9±2.0	5
F Heat insulation film ^w	77	Natural	100	Sep. 11.6±0.5	Sep. 21.9±0.7	Oct. 23.9±1.1	41.8±2.0	5
G Non-shading	0	Short-day ^v	95	Sep. 15.2±0.7	Sep. 25.3±0.9	Oct. 25.4±1.1	22.4±1.0	5
H Non-shading	0	Long-day ^u	100	Sep. 10.5±1.0	Sep. 20.4±1.1	Oct. 19.9±1.6	24.9±1.3	30

^z Refrigerator-cooling at 15°C for 15 days (24 July-8 August).

^y Accelerated plant for flowering.

^x Plants of successive emergence of lateral flower bud.

^w Peerless film for sunlight-reduction.

^v 8h-photoperiod ; Plants were subjected to sunlight during light-period (9'00 - 17'00) and covered with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction) during dark-period (17'00 - 9'00).

^u 16h-photoperiod ; Plants were subjected to sunlight during 9'00 - 17'00, covered with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction) during 17'00 - 9'00, and illuminated supplementally by incandescent lamps during 5'00 - 9'00 and 17'00 - 21'00.

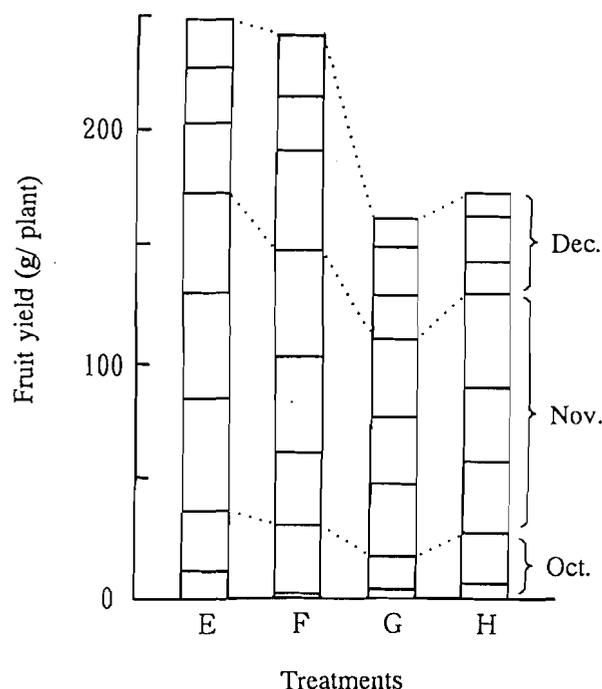


Fig. 1-11 Effects of shading, short-day and long-day treatments subjected after refrigerator-cooling (planting) on cumulative fruit yield/plant in AP^y of 'Nyoho' strawberry during the planting year

E-H represent treatments. See Table 1-8.

^y Accelerated plant for flowering

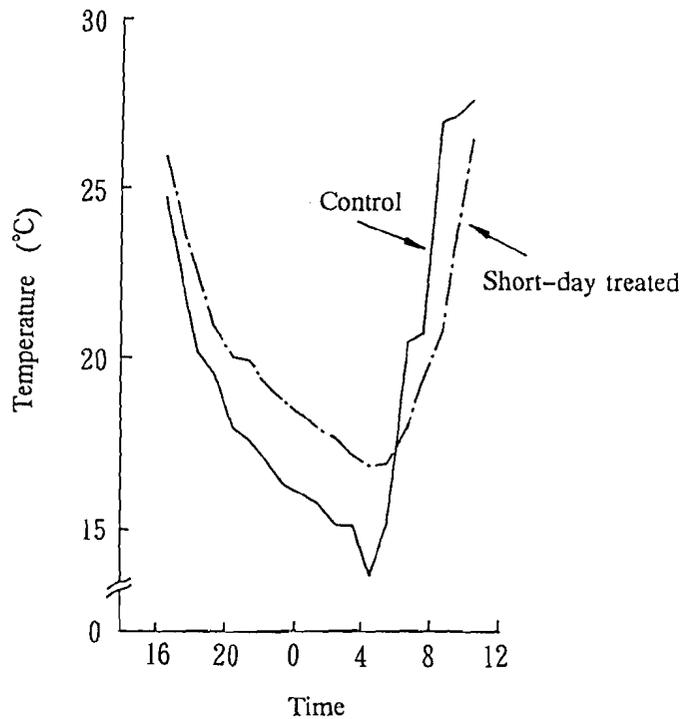


Fig. 1-12 Effect of short-day treatment on diurnal plant temperatures (Exp. 5, 1990)

Short-day treatment was subjected by tunnel covering the plants with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction). The film was removed during light-period (9'00 - 17'00). Water was sprinkled from the top of the tunnel during night-period. The treatment was started on 24 July. Data represent plant temperatures during 26-27 July.

れた。

第1-9表に、短日処理が花芽分化と花房の生長に及ぼす影響を示した。花芽分化誘起効果についてみると、処理日数が長いほど処理有効株率が高まった。しかし、10日間の短日処理により花芽形成した株では、処理終了から出蕾までに72日を要しており、これは、同一時期に暗黒低温処理をして定植した処理有効株の出蕾までに要する日数（39日、第1-10表のQ区）に比較して、30日程度さらに長い日数を要した。

各処理区で処理有効株の年内収量は、出蕾日が早いほど大きかった（第1-13図）。

次に、1991年の育苗期の被覆方法の違いが植物体温に及ぼす影響の実験結果を第1-14図に示した。85%遮光したM、P区では、遮光しないQ区に比較して育苗期の日中の体温が1~2°C低く推移し、夜温はほぼ同じであり、体温低下効果が認められた。一方、短日処理を行ったN、O区では、日没から日の出まで19~21°Cで推移し、無処理のQ区に比較して約

Table 1-9 Effects of 10, 20 and 30 days short-day treatments using a heat insulation film at nursery on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry (Exp. 5, 1990)

Treatment	Period (days)	Date of planting	Percentage of AP ^z	AP			
				Date of flower bud emergence ± SE	Flowering date ± SE	Beginning of harvesting ± SE	No. of flowers in terminal inflorescence ± SE
I Short-day ^y	10	Aug. 3	15	Oct. 13.7 ± 2.3	Oct. 28.7 ± 0.9	Jan. 19.3 ± 9.5	20.3 ± 2.4
J Short-day ^y	20	Aug. 13	65	Sep. 29.2 ± 2.4	Oct. 14.8 ± 2.7	Dec. 3.5 ± 3.2	37.6 ± 2.8
K Short-day ^y	30	Aug. 23	100	Oct. 07.0 ± 0.6	Oct. 20.9 ± 0.6	Dec. 26.2 ± 3.7	22.6 ± 0.8
L Shading ^x (Control)	30	Aug. 23	100	Oct. 04.5 ± 0.9	Oct. 19.0 ± 1.0	Dec. 18.4 ± 3.8	23.0 ± 0.8

For all four treatments, plants were shaded (50% sunlight reduction) for 20 days after planting.

^z Accelerated plant for flowering.

^y 8h-photoperiod ; Treatments were started on 24 July. Plants were subjected to sunlight during light-period (9'00 - 17'00), and covered with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction) during dark-period (17'00 - 9'00). The tunnels were sprinkled with water throughout every dark-period.

^x Natural-photoperiod ; Plants were shaded by cheesecloth of 50% sunlight reduction for 30 days before planting.

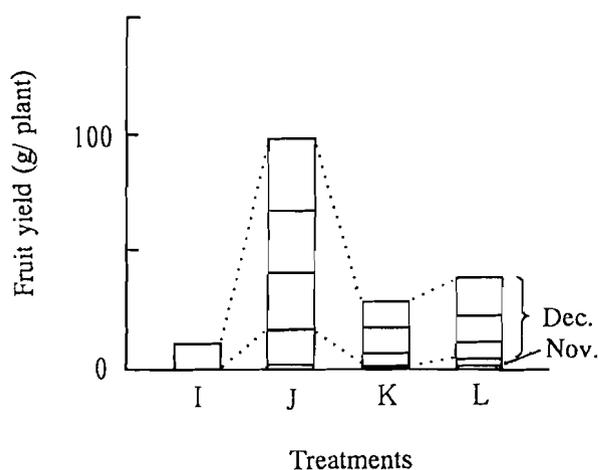


Fig. 1-13 Effects of short-day treatments using a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction) on cumulative fruit yield/plant in AP^z of 'Nyoho' strawberry during the planting year (Exp. 5, 1990)

I-L represent treatments. See Table 1-9.

^z Accelerated plant for flowering

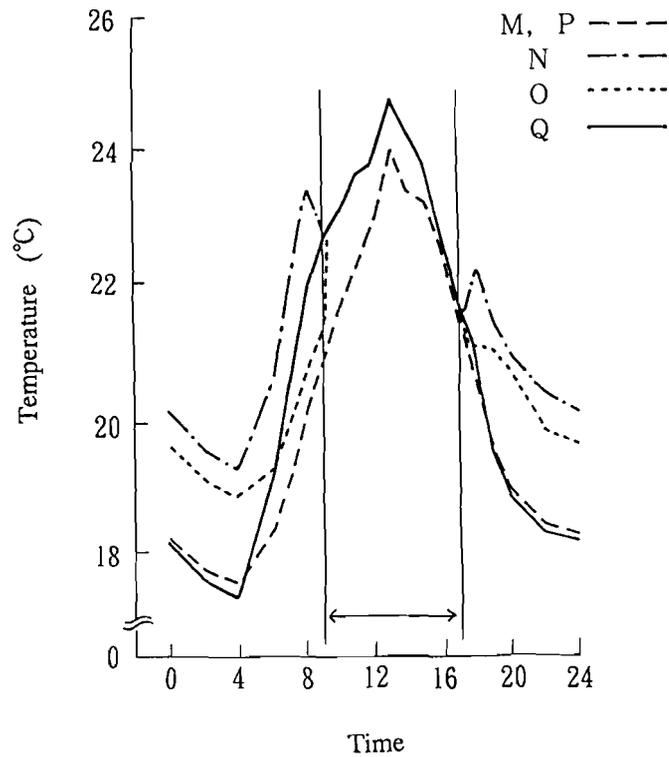


Fig. 1-14 Effect of five flower inductive treatments on diurnal plant temperatures during nursery (Exp. 5, 1991)

M-Q represent treatments. See Fig. 1-6. Data are means of diurnal plant temperatures during 5-15 July. ↔ represents 8h light period of treatments N and O during which the plant temperatures were equal to those of treatment Q.

2°C高く、昼温が同じであったため、無処理区より平均体温は高まった。被覆資材の異なるN、O区を比較すると、日の出から暗期終了時まで、および暗期開始時から日没までの間は、N区の体温がO区に比較して高かった。

各区の花芽発達について第1-10表に示した。遮光処理のみを行ったM区では、9月上旬を中心に全株出蕾し、その後、9月中旬に第1花開花、10月下旬に収穫開始となった。対照区であるP、Q区と比較すると、M区の出蕾日は数日早かった。短日処理を行ったN、O区では、両区とも全株が処理有効株となり、出蕾日はM区より2~5日早かった。なお、P区の出蕾日はQ区より約2日早かった。

Table 1-10 Effects of five flower inductive treatments prior to planting on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry (Exp. 5, 1991)

Treatment ^a	Percent- age of EP ^b (%)	Percent- age of AP ^c (%)	Percent- age of NAP ^d (%)	AP			
				Date of flower bud emergence±SE	flowering date±SE	Beginning of harvesting ±SE	No. of flowers in terminal in- florescence±SE
M Shading	—	100	0	Sep. 5.1±1.8	Sep. 15.6±1.8	Oct. 25.0±3.2	31.1±2.3
N Shading+Short-day(1)	—	100	0	Aug. 30.6±0.9	Sep. 7.4±1.5	Oct. 12.0±1.8	23.0±2.7
O Shading+Short-day(2)	—	100	0	Sep. 3.7±0.8	Sep. 11.6±1.2	Oct. 12.5±3.5	26.0±1.9
P Shading+Refrigerator-cooling	14	86	0	Sep. 7.3±1.3	Sep. 16.3±1.6	Oct. 24.0±1.8	28.7±5.0
Q Refrigerator-cooling	0	100	0	Sep. 9.0±2.3	Sep. 20.4±2.7	Oct. 27.4±3.5	35.3±2.9

Shading : 85% sunlight reduction covering the plants with a heat insulation film (White-silver for sunlight-reduction).

Short-day(1) : 8h-photoperiod covering the plants with a heat insulation film (White-silver for 100% sunlight reduction).

Short-day(2) : 8h-photoperiod covering the plants with a heat insulation film (Peerless film for 100% sunlight reduction).

Refrigerator-cooling : Plants were kept at 15°C for 15 days.

^a M, Shading for 44 days (18 June - 1 Aug.); N, O, Shading for 14 days (18 June - 2 July) was followed by 30 short-day cycles (2 July - 1 Aug.); P, Shading for 14 days (3 - 17 July) was followed by 15 days refrigerator-cooling (17 July - 1 Aug.); Q, Refrigerator-cooling for 15 days (17 July - 1 Aug.). Plants were planted on 1 Aug. and then subjected to 85% shading for 15 days.

^b Excessively accelerated plant for flowering in which the flower buds were induced during shading in treatment P.

^c Accelerated plant for flowering in which the flower buds were induced during treatments.

^d Non-accelerated plant for flowering.

考 察

暗黒低温処理の温度の影響 : 本実験で、イチゴ苗に15日間の暗黒低温処理を行った場合、処理温度が15~22.5°Cの範囲においては、温度が高まるにつれて処理有効株率が低下した(第1-3, 1-4表)。その際、処理有効株の出蕾日は、処理有効株率の低い区ほど遅れた(第1-4表)。この結果から、処理有効株率が低い区では、結果的に処理有効となる株でも、暗黒低温処理終了(定植)時の花芽発達段階が比較的初期の段階にあったものと考えられ、したがって、17.5°C以上では、15°Cに比較して、低温処理開始後、花芽誘導に多くの時間を要するものと考えられた。

低温によって花成が引き起こされる場合、低温刺激が受容された後、遺伝子プログラムに作用して現在同定されていないホルモン様物質の生成を引き起こすものと考えられている。

る（斎藤，1982b）．この物質の茎頂分裂組織におけるレベルが栄養生長から生殖生長への転換に関係するものと想定される．暗黒低温処理による花芽分化誘起に関して，この未同定物質のレベルが閾値に達するまでに要する時間が，12～15℃で短く，17.5～21℃では，次第に長くなるものと考えられる．

従来，イチゴが花芽形成するための条件として，温度単独では14～15℃が限界温度であり，これに短日条件が加われば25～26℃程度まで限界温度が上昇するとされている（斎藤，1982a；Ito・Saito，1962）．本実験の暗黒低温処理の場合，連続暗黒が日長刺激としてどのように働くのか，あるいは無視しうるのか不明であるが，15℃以上の温度で花芽形成されていることから，‘女峰’のように近年に促成栽培用に開発された品種では，従来の品種に比較して，温度に対し，より鋭敏な反応性を有している可能性がある（本多，1977）．また，本実験のように採苗後，ある程度の葉齢を重ねた上で，ポット育苗管理により体内窒素レベルを低下させた苗では，環境刺激に反応しやすくなっているものと考えられる（藤本・木村，1969；1970；伏原・高尾，1987；上野，1965）．

また，第1-4表に示したように，処理温度が高い区ほど，出蕾後の花房の生長速度が遅く，頂花房花数も少ない傾向があった．イチゴでは，花芽分化後の花芽の生長速度は高温ほど早く，日長が長いほど早まることが知られている（江口，1934）．本実験では，定植後は圃場条件にあるため，出蕾日が遅い場合は，出蕾～収穫に至る期間の温度が秋冷により低下し，また，日長が短くなる．このため分化後の花芽の生長速度が遅くなるものと考えられた．このような花芽発達速度の違いは年内収量に大きく影響した（第1-7図）．

暗黒低温処理後の高温が花芽分化に及ぼす影響：前節において，盛岡の気象条件でイチゴ苗（品種‘女峰’）を7月21日から15日間，15℃で暗黒低温処理し，その後，圃場に定植した場合，処理有効株率は約85%となることを示した．本節の1においても，12℃および15℃で15日間暗黒低温処理を行った後，圃場に定植した場合，処理有効株率は約85%となった（第1-4表）．これに対し，同じく15℃，15日間の暗黒低温処理を行った後，30℃，16時間日長条件下に置いたところ，処理有効株率が53%と低下し，さらに，暗黒低温処理日数を10日間とした場合には，処理有効株率が5%と著しく低下した（第1-3表）．また，暗黒低温処理（15℃）の日数が10，15，20日の場合，処理後30℃，16時間日長の高温条件に遭遇させると，処理後23℃，16時間日長で育てた場合に比較して明らかに処理有効株率が低下し，15℃の暗黒低温処理の日数が5日から20日に長くなるにしたがって，処理有効株率は高くなった（第1-5表）．

これらの結果から，暗黒低温処理後の高温長日条件は，処理によって花芽の発達しない処理無効株の発生の原因の一つとなっていることが確認された．前節において，暗黒低温処理によって花芽誘導した場合，花芽誘導の直後に不安定な時期があり，処理期間中に茎頂分裂組織が花芽分化の一定の段階に達していないと，処理後の高温条件により，再び栄養生長に戻る場合があるのではないかと考察したが，本節の結果は，この考え方を支持するものである．15℃の暗黒低温処理日数を5日間から20日間に延長することによって，処

理後高温長日条件下に置いた苗群の処理有効株率が向上したが、これは、暗黒低温処理の期間が長いと、処理終了時には花芽分化段階が進行し、そのため逆転が起こらないと考えられた。

暗黒低温処理前の遮光の影響：上記のように、暗黒低温処理によるイチゴ苗の花芽分化には処理後の温度が影響することを明らかにしたが、定植後の温度環境を人為的に制御することは、実際栽培上、容易ではない。そこで、育苗期に、本処理である暗黒低温処理の前処理として、熱線反射フィルムや寒冷紗で被覆処理を行ったところ、これらの処理で日中の植物体温が低下し（第1-8, 1-10図）、引き続いて本処理を行うと、前処理をしない区に比較して処理有効株率が向上し、しかも処理有効株の出蕾日も早まった（第1-6, 1-7表）。同様の結果は、5の実験においても認められた（第1-10表のP, Q区の比較）。これらの結果から、前処理としての遮光は、苗の暗黒低温処理に対する感応性を高める効果があると考えられた。すなわち、前処理による遮光あるいは体温低下が、花芽誘導に促進的な環境刺激として植物体に受容され、これによって苗の生長点における植物ホルモン様物質のバランスが、暗黒低温処理開始前にある程度変化するものと考えられる。そのため前処理を行った区の苗では、暗黒低温処理開始から花成誘導までの期間が短縮されるのであろう。

また、これらの前処理は、栽培技術として実用的であり、省力的に年内収量を高める効果が期待できる。年内収量が高くなる要因としては、処理有効株率の向上と、収穫始期が早まることの2点が挙げられる。ただし、前処理区では、前処理をしない場合に比べ高頻度で早期出蕾株が出現した。これは計画的な出荷を妨げ、必ずしも経営上有利でないと考えられるので、過度に前処理期間を延長することは避けたほうがよいと思われる。

暗黒低温処理後の遮光の影響：暗黒低温処理の効果は、処理後（定植後）の温度環境の影響を受けるが、実際栽培上は、定植後の温度環境を人為的に操作することは困難である。しかし、定植後の株に熱線反射フィルムを用いてトンネル被覆を行うことは、比較的簡易であり、顕著な差ではないが日中の体温低下効果が期待できる。また、遮光率100%の熱線反射フィルムを用いると、密閉トンネル内での日中の極端な温度上昇を招かずに日長操作を行うことができる。4の実験においては、このような資材を用い、暗黒低温処理後の遮光処理および日長操作を行って花芽分化・発達に及ぼす影響を調査した。しかし、第1-8表の結果より、暗黒低温処理後の遮光処理が処理有効株率に及ぼす影響は明確ではなかった。これは、おそらく上記のような前処理と暗黒低温処理により、処理有効株率が既に高くなっていたため、後処理の影響が表われなかったものと考えられる。後処理の影響は、むしろ花芽分化後の花芽の発達に対して認められた。

従来、イチゴの花芽分化後の花房の発達にとっては、高温長日条件が促進的に働くことが知られている（江口, 1934; 斎藤, 1982a）。また、花芽発達期に窒素の肥効が高いと開花時期が早まり、開花数も増加することが示されている（藤本・木村, 1969; 1970）。4の実験のE区とF区の比較では、遮光率が高いF区で出蕾日が遅くなり、また、G区とH区の比較では、長日のH区で出蕾日が明らかに早くなり、これらは既往の報告と一致した。

以上の結果から、花芽発達には十分な光合成産物の供給が不可欠であり（斎藤，1982a），花芽分化誘起処理が十分な効果を持つ場合には，処理後に過度の低温，遮光，短日条件にしておくことは，むしろ花芽発達を遅延させることが示された。

また，H区では30%の株が連続出蕾株となり，他区に比べ多かった。連続出蕾株では，最上位の1次側芽までが処理によって花芽分化したと考えられる。斎藤・伊東（1963）は，イチゴ苗に対し，短日低温処理が継続するとき，花芽の発達も連続して起こり，頂花房に続いて側花房も形成されることを示した。これに対し，4の実験では，暗黒低温処理後の長日条件が連続出蕾株の発生を促進した。この原因については，現在十分な知見がなく，今後の検討が必要である。

熱線反射フィルムを用いた短日処理の影響：イチゴ苗に短日処理を行うことによって，上限26℃程度までの温度域で花芽分化を誘起できることが知られている（Ito・Saito，1962；斎藤，1982a）。しかし従来，圃場条件下では，短日処理を行うために密閉トンネル被覆をすると，日中トンネル内の温度が著しく上昇し，良好な短日処理効果が得られなかった。この問題点を解消する方法として夜冷短日処理が考案されたと考えられる。しかし，最近，熱線反射率の高い，遮光率100%の被覆資材が開発され，この資材を利用して短日処理を行えば，寒冷地の気象条件下では夜冷短日処理の代替として十分な花芽分化効果が期待できると考えられた。

5で1990年に行った実験は，短日処理期間中の暗期を遮光率100%の熱線反射フィルムで密閉トンネル被覆するものとし，トンネルの上から水道水を散水して内部の気温上昇を防ぐ処理を行い，花芽分化効果を調査したものである。第1-12図から，この方法によって日の出後の著しいトンネル内の気温上昇を回避して盛夏期の短日処理が可能であることが明らかになった。しかし，本処理はイチゴ株の体温低下効果があまり得られなかったことから，ある程度の花芽分化誘起効果を得たことは短日の効果であると考えられた（第1-9表）。

しかしながら，5の実験（1990年）における10日間の短日処理により花芽形成した株では，処理終了（定植日）から出蕾までに72日を要しており，これは，同一時期に，暗黒低温処理後定植した処理有効株の出蕾までに要する日数（39日，第1-10表のQ区）に比較してかなり長い日数を要した。このことから，10日間の短日処理を行った区では，処理有効株においても処理期間中には形態的に十分な花芽分化段階には達していないことが示唆された。Ito・Saito（1962）は，品種‘ロビンソン’を用い，24℃・8時間日長処理で花芽形成に必要な処理日数を調査し，12日以下では花芽形成株が出現せず，14日以上で花芽形成株が出現したと報告している。本実験の結果はIto・Saitoの報告とほぼ一致した。しかし，1990年の実験では，処理開始日を各処理区とも同一としたため，処理日数が異なると定植暦日が異なり，処理後に遭遇する自然温度および日長が区によってやや異なること，また，処理日数を30日として8月23日に定植したK区（熱線反射フィルムによる短日処理）とL区（50%遮光寒冷紗被覆）でともに100%の処理有効株が得られたことから，短日処理の花

芽分化に及ぼす効果は明らかにできなかった。

そこで1991年には、第1-6図に示すように短日処理期間をより早い時期としたN, 0区と、暗黒低温処理を行うQ区との定植日を同一にして、両者を比較して短日処理の効果を明らかにしようとした。その結果、N, 0区では、両区とも9月初旬前後に全株が出蕾し、常法とされるQ区に比較して出蕾日が数日早かった。Q区では暗黒低温処理期間中の後期に花芽分化が確立されると考えられるので、N, 0区における花芽分化期は、7月24日前後と推定された。短日処理を行ったN, 0区では、暗期にはQ区（無処理区）より高い体温で経過し、明期にはQ区とほぼ等しいことから、N, 0区では平均の体温はむしろ上昇しており、短日処理期間中の平均体温は22~23℃とみられた（第1-14図）。N, 0区では、このような体温条件で20~25日間の短日処理により花芽分化が誘起されたことになるが、これは24℃・8時間日長条件では10日以上処理により花芽形成されるとする Ito・Saito（1962）の結果と一致する。また、今野（1984a; 1984b）、江間ら（1985）、Tafazoli・Shaybany（1978a）も、夏期比較的冷涼な地域において圃場でイチゴに21~28日間の短日処理を行い、花芽形成に有効であることを認めている。本実験では、30日間の短日処理を行い完全な花芽分化誘起効果が認められたのであるが、育苗法がポット育苗であること、改良された被覆資材を用いていること、‘女峰’が花芽分化の容易な品種であること等の理由で既往の報告より短日処理の花芽分化誘起効果が現れやすい条件であると考えられる。したがって、より短い処理日数でも実用的に十分な効果が期待できる。

熱線反射フィルムを用いた遮光処理の影響：前述したように、暗黒低温処理の前処理として行った熱線反射フィルムを用いた遮光（遮光率77%および95%）は、花芽分化に促進的な効果を示した。遮光処理の花芽分化誘起効果が十分なものであれば、暗黒低温処理を行わなくても実用的に収穫期を前進化できると考えられた。5の実験において育苗期に遮光率85%の熱線反射フィルムで遮光する区を設け（第1-6図のM区）、同一定植日の暗黒低温処理区と比較して遮光処理の花芽分化誘起効果を検討した。

まず、遮光処理が植物体温に及ぼす影響をみると、育苗期に85%遮光したM区は、遮光しないQ区に比較して育苗期の日中の体温が1~2℃低く推移し、夜温はほぼ同じで（第1-14図）、遮光処理は、若干の体温低下効果を示した。

次に花芽発達についてみると、M区は、9月5日前後に全株が出蕾し、処理有効株となっており、その後、9月中旬に第1花開花、10月下旬に収穫開始となった。これは、出蕾期が10月下旬~11月となる無処理のポット育苗栽培の花芽発達経過より明らかに早く、個体間のばらつきも小さいので、本実験の遮光処理は単独で花芽分化誘起効果を有するものと判断された。P, Q区は、比較のためにM, N, 0区と同一の定植日となるように暗黒低温処理を行って花芽分化させた区であるが、M区とP, Q区の出蕾日を比較するとM区が数日早い。すなわち、M区の花芽分化期は、7月27日前後、前処理遮光を含めた遮光処理開始後約39日と推定された（第1-10表）。

この遮光処理による花芽分化誘起効果の要因として、先に述べた体温低下と光強度の減

少の2つが考えられるが、本実験からは、いずれの要因が主要な効果となるのかは判定できない。イチゴの花芽分化に対する遮光の影響として、横溝・小林（1953）も花芽分化が7～15日促進されることを認めており、この結果をもとに斎藤（1982a）は、体温の低下効果とともに、光強度の減少が15～20分程度の日長の短縮となり、これは8～10日間の暦日の差に相当することを指摘している。しかし、横溝らの実験と異なり、本実験では、遮光期間が6月18日～8月1日で、実験地における日長は薄明時間を含めなくとも14～15時間の範囲にある。イチゴの花芽分化に有効な短日条件は、13時間程度が限界値とされており（斎藤，1982a），また上野（1962）の結果から、イチゴが暗期を認識するためには、暗期の照度が40ルクス以下でなければならないと考えられるので、本実験の遮光による日長短縮効果は、処理による花芽形成に関与しているとしても、主要な要因ではない可能性がある。

遮光処理の、もう一つの要因は光強度の減少であるが、一般に、植物は光強度を環境情報として認識するメカニズムを有しており、この反応系の機能によって生長点における分化の方向や速度が部分的に調節されているものと考えられる。イチゴにおいても、遮光処理による光強度の減少が花芽分化に関与している可能性があると思われる。Went（1957）は、連続照明下（24時間のうち16時間を人工光で補光）で温度処理によってイチゴの花芽分化を誘起するとき、補光の光強度が花芽分化に影響を及ぼし、強光による補光を行った場合は、温度域によっては花芽分化が誘起されないことを報告しているが、この現象は、花芽分化に及ぼす光強度の影響として興味深く、この問題については引き続き検討したいと考えている。なお、本実験で用いた被覆資材の波長別の光透過特性を調査したところ、300～800 nmの波長域ではほぼ一定の透過率を示した。

実用技術としての面からみると、本実験を実施した1991年が比較的冷夏であったことを考慮しても、処理有効株率が高く、さらに処理方法が非常に省力的であることから、特に冷涼地域においては、熱線反射フィルム被覆による遮光は、実用的な花芽分化誘起技術であると見なすことができた。

摘 要

寒・高冷地の気象条件を利用したイチゴ秋どり栽培技術の確立を目的に、イチゴ品種‘女峰’を用いて花芽分化に及ぼす温度および光環境の影響について調査した。

1. イチゴ苗に対し、連続暗黒条件下で温度処理を行って花芽分化を誘起させた場合（暗黒低温処理）、処理温度15.0～22.5℃の範囲では、高温となるにしたがって、処理により花芽分化が誘起される株の比率（処理有効株率）が低下した。また、処理有効株率が低い区では、処理有効株の平均の出蕾日も遅くなり、結果的に処理有効となる株でも、処理終了時における花芽発達段階は、比較的低いと考えられた。したがって、暗黒低温処理温度

が17.5℃以上では、15℃の場合に比較して、花芽誘導に要する時間が長いものと考えられた。

2. イチゴ苗に対する、15℃の暗黒低温処理期間（5～20日間）とその後の温度条件（30および23℃、日長はともに16時間）の影響を検討した。暗黒低温処理日数が長いほど処理有効株率が高く、また、同一暗黒低温処理日数の場合は、処理後30℃区では23℃区に比べて顕著な処理有効株率の低下が認められ、暗黒低温処理後の高温長日は処理無効株の発生の一要因であることが確認された。

3. 暗黒低温処理前、イチゴ苗育苗期に、熱線反射フィルムや寒冷紗で被覆する前処理について検討した結果、被覆処理区では無被覆区に比較して処理有効株率が高く、出蕾日も約3日早まった。この結果から、暗黒低温処理前の遮光処理により、苗の暗黒低温処理感応性が高まったものと考えられ、本処理は、寒・高冷地の10月どりの作型において、省力的に年内収量を高める効果が期待でき、実用的であると考えられた。

4. イチゴ苗育苗期に、遮光率100%の熱線反射フィルムを用い、密閉トンネル内部の温度上昇を抑えて短日処理を行い、その花芽分化誘起効果を検討した。7月2日から8月1日まで30日間の短日処理で、処理期間中の平均体温は22～23℃で推移し、9月初旬前後に全株が出蕾し、本処理の花芽分化誘起効果が確認された。

5. イチゴ苗育苗期に、遮光率85%の熱線反射フィルムによる44日間の遮光単独処理（6月18日～8月1日）を行った結果、処理期間中の株の平均体温は約21℃で推移し、9月上旬に全株に出蕾が認められ、遮光処理の花芽分化誘起効果が認められた。本処理は省力的で実用的な技術として有用と考えられた。

第2章 四季成り性イチゴの花芽分化・発達に及ぼす温度および日長の影響

四季成り性の品種の利用は、省力的に夏秋期の国内安定生産を達成するための有力な方法として注目されており、その生理生態特性の解明、適品種の開発、栽培技術の確立が求められている（施山，1989；野菜・茶業試験場，1993）。特に四季成り性品種の花芽分化特性と環境要因の関係を解明することは重要な課題の一つで、これに関してはこれまでいくつかの報告があり、20℃以上の高温条件においても花房は発生するが、高温は花芽分化を阻害する可能性があること（Durnerら，1984；Oda・Yanagi，1990，施山ら，1989，泰松ら，1991），また、高温条件下では短日より長日で花房形成が促進されるが、比較的低温では日長の影響をあまり受けないこと（Dennisら，1970；Downs・Piringer，1955；清水・高橋，1977；Smeets，1980；泰松，1993），*Fragaria virginiana glauca* に四季成り性が由来する品種では花房発生に及ぼす日長の影響が少ないこと（Durnerら，1984；施山ら，1989），等が示されている。また、特定の環境条件下での連続開花性に品種間差が存在することも報告されている（高野・常松，1992；門馬ら，1985；Nicoll・Galletta，1987；施山ら，1989；泰松ら，1991）。しかしながら、柳（1992）も指摘しているように、これらの報告では花芽分化を直接観察せず、株当たりの花房出現数を指標としている場合が多い。また、四季成り性イチゴは、主枝の茎頂が花芽となるとそれ以上の主枝頂端での栄養生長が連続することなく、上位節や地際部の節から発生する側枝によって栄養生長が継続される特性を持ち、aging とともに1株内に多くの側枝を持つようになり、外見上はいくつかの分けつ（branch crown）が密生して株を構成するようになる。このような分枝特性は品種により異なる。しかるに上記の報告では、供試株の花房発生の有無や花房数を判定する場合に、品種特性や株の aging に由来する分枝性の違いについての考慮が不足している。したがって従来報告における観察方法では、供試株の連続開花性は把握できても、それが真に環境要因（温度・日長）に対する花成反応の違いに由来するものかどうかは明らかでないと思われる。そこで本報では、予備実験により連続出蕾性が異なると想定される四季成り性イチゴ4品種を供試し、異なる温度・日長条件下で育てたときの側枝茎頂における花芽分化の様相を調査して、花芽分化に及ぼす環境要因の真の影響を明らかにしようとした。

材料および方法

既報（熊倉・穴戸，1994）および予備実験から連続出蕾性が高い2品種‘エバーベリー’と‘Hecker’および低い2品種‘サマーベリー’と‘円雷’の合計4品種を供試した。実験

施設の制約から3回に分割して実験を実施した。

1. 生育温度30℃のもとでの日長の影響

1992年6, 7月に発生したランナーを径 12 cm の黒ポリポットに鉢受け採苗した。3本の優勢な分けつ (branch crown) を維持するように不要な分けつを適宜除去して自然条件下で栽培し, 9月下旬に径 18 cm の黒ポリポットに定植した。引き続き自然条件下で栽培し, 11月16日に人工気象室に搬入した。光源には蛍光灯を用い, 植物体付近の光強度を $280 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ とした。11月28日までの期間を高温に対する馴化期間とし, 11月16日~11月22日の間は17℃, 11月22日~11月28日の間は25℃ (昼夜一定温度, 日長14時間) で育てた。11月29日~翌年1月5日までの37日間を温度・日長処理期間とし, 30℃-4時間, 30℃-8時間および30℃-16時間の3処理区を設けた。各区の供試株数は1品種当たり6株とした。採苗後, 処理終了までの期間を通じて花房の出蕾がみられたが, これらの花房は第1花開花時に花房全体を摘除した。処理終了後, 直ちに各株のクラウン部を70%エタノールに浸漬して保存し, 後日, 各株の優勢な3つの branch crown における花芽の分化, 発達の様相を実体顕微鏡を用いて観察した。調査した branch crown の側枝茎頂に花芽分化期~花器完成肥大期 (開花直前期) の段階の花芽が観察された場合に, その branch crown を「花芽分化クラウン」, また, 分化した花芽が花房として発育する途中で褐変し, その後枯死した場合に, その花芽を「発育停止花芽」と呼ぶこととした。

2. 生育温度25℃のもとでの日長の影響

1の実験と同様に育苗した苗を1993年4月6日まで最低気温10℃に保った温室で栽培した。4月6日にファイトロンに搬入し, 5月18日までの期間を高温に対する馴化期間として, 20℃ (昼夜一定温度, 日長14時間) で育てた。5月18日~7月9日までの52日間を温度・日長処理期間とし, 25℃-8時間, 25℃-12時間および25℃-16時間とする3処理区を設けた。それ以外の方法は1の実験と同じである。

3. 生育温度20℃のもとでの日長の影響

1993年5月に径 12 cm の黒ポリポットに鉢受け採苗し, 自然条件下で栽培後, 6月8日に径 18 cm の黒ポリポットに定植し, ファイトロンに搬入して温度・日長処理に供した。処理期間は6月8日から9月3日までの87日間とし, 20℃-8時間, 20℃-12時間および20℃-16時間とする3処理区を設けた。それ以外の方法は1の実験と同じである。

実験結果

調査対象とした branch crown の器官の発達の様相を第2-1図に模式的に示した。調査し

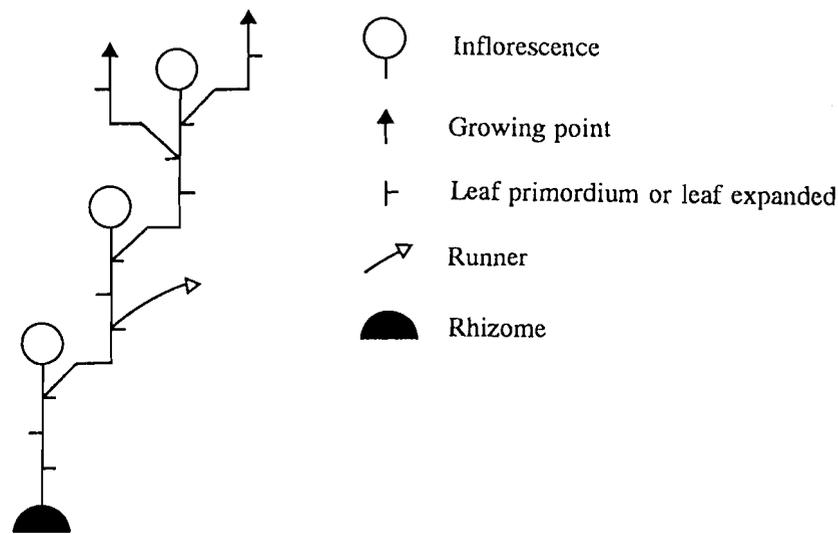


Fig. 2-1 Schematic diagram of a branch crown

たほぼすべての branch crown は、基礎となる側枝の茎頂に花芽を着けるとともに、花房直下の葉腋の側芽を発達させることを繰り返して構成されていた。花房直下葉のみでなく花房下位2枚目の葉の葉腋の側芽も比較的旺盛に発達して側枝となる場合もしばしばあり、摘除されない場合には、これを基礎となる側枝として新たに別の branch crown が形成された。一方、まれに花房直下の葉腋の側芽が発達しない場合があり、このときは branch crown は芯止まりとなった。

全36処理区（品種4×温度3×日長3）中、26処理区において、分化した花芽が発育途中で褐変し、その後枯死する現象が認められた（発育停止花芽、第2-2図）。花芽の褐変は雄ずい初生期以前の発達段階では認められず、雌ずい初生期から花器完成肥大期までの発達段階の花芽で認められた。発育停止花芽の直下の葉腋からは、花芽が健全であるときと同様に側枝が発達し、側枝の生育は相対的に旺盛であることが観察された。

1～3の実験で得られた結果をまとめて第2-3、2-4図および第2-1表に示した。

(1)花芽分化クラウンの発生頻度：1処理区当たり18 branch crown（6株×3 branch crown）を調査したところ、4品種ともほぼ全処理区で、branch crown はほとんどが花芽分化クラウンであった（第2-3図）。生育温度25、30℃区において、花芽分化クラウンと判定しなかった branch crown が一部出現したが、これらの多くは branch crown の上位の側枝茎頂がすべて第2-2図に示したような発育停止花芽となり、発達中の最上位側芽の茎頂も未だ花芽分化初期に至っていない状態のものであった。この結果から、高温長日、高温短日条

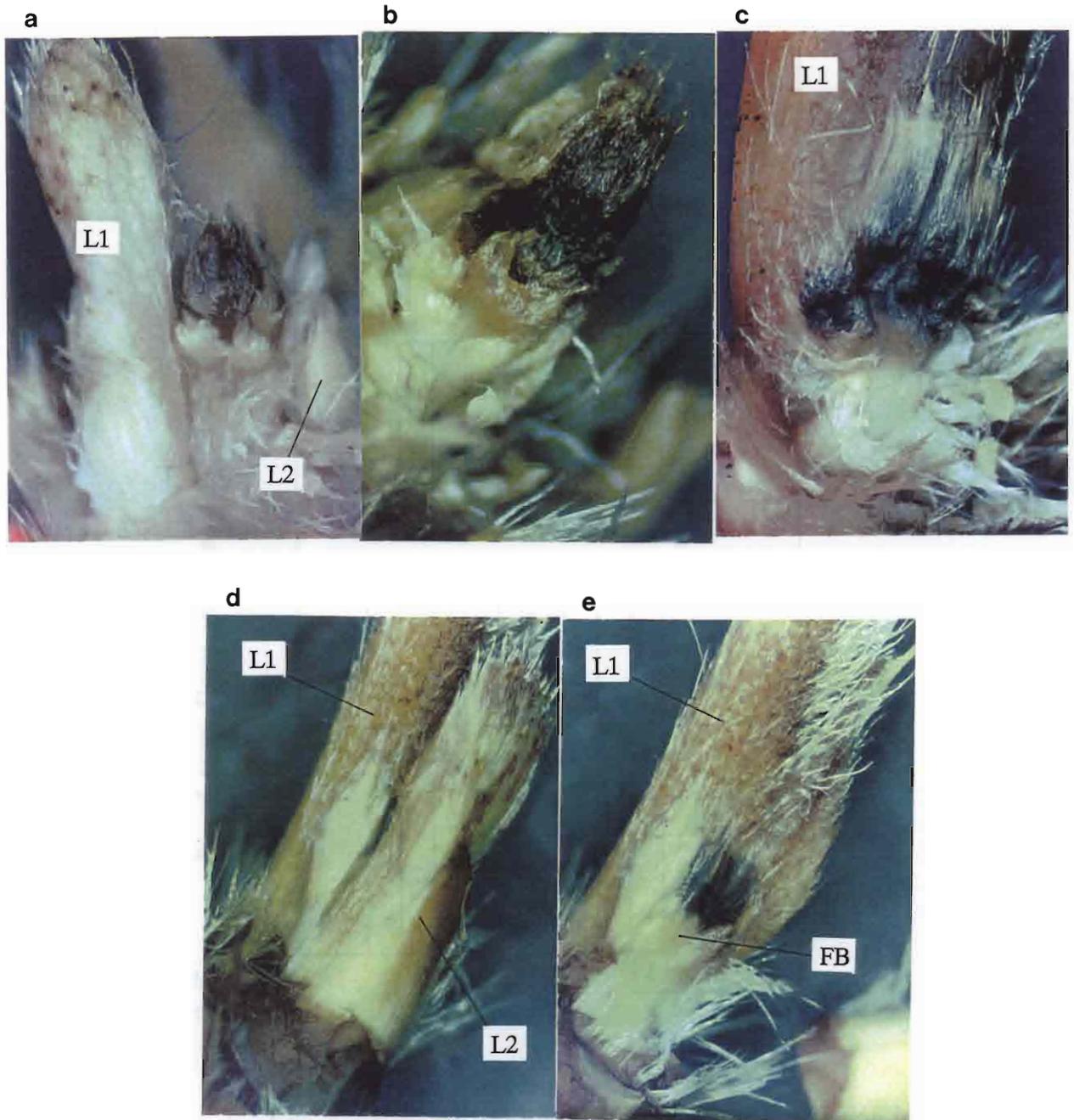


Fig. 2-2 Aborting flower bud and inflorescence

- a, Beginning of abortion ; the primary flower has turned brown. All the leaves on the main stem were removed to expose the buds. Two lateral buds (L1 and L2) subtended by the terminal and the second leaves are developing vegetatively.
- b, The primary flower is brown and the second flower has become brown.
- c, The whole inflorescence has aborted. A well-developed lateral bud (L1) is in the back.
- d, Two lateral vegetative buds (L1, L2) with a flower bud in between.
- e, The same as d except that L2 was removed to expose the aborting flower bud (FB).

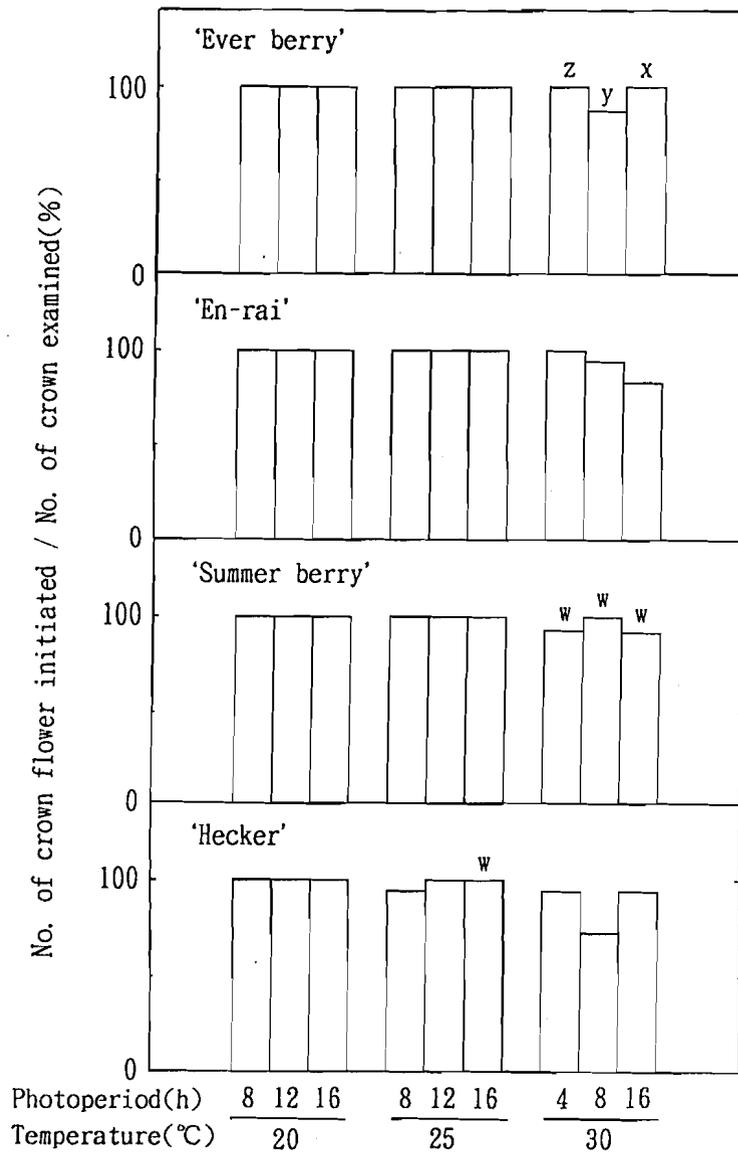


Fig. 2-3 Effects of temperature and photoperiod on flower bud initiation in four everbearing type strawberry cultivars

Eighteen dominant branch crowns (3 crowns × 6 plants) per treatment were examined. If a crown had differentiated at least one flower bud, ranging in stages from floral primordia to primary flower ready to open, the crown was judged to have initiated flower bud during the treatment (crowns flower initiated). Data are presented as the percentage of "number of crowns with flower buds / number of crowns examined". Less than 18 crowns were examined in some 25 and 30°C treatments (2 in z, 8 in y, 11 in x, and 13~15 in w) because parts of the plants died or became diseased.

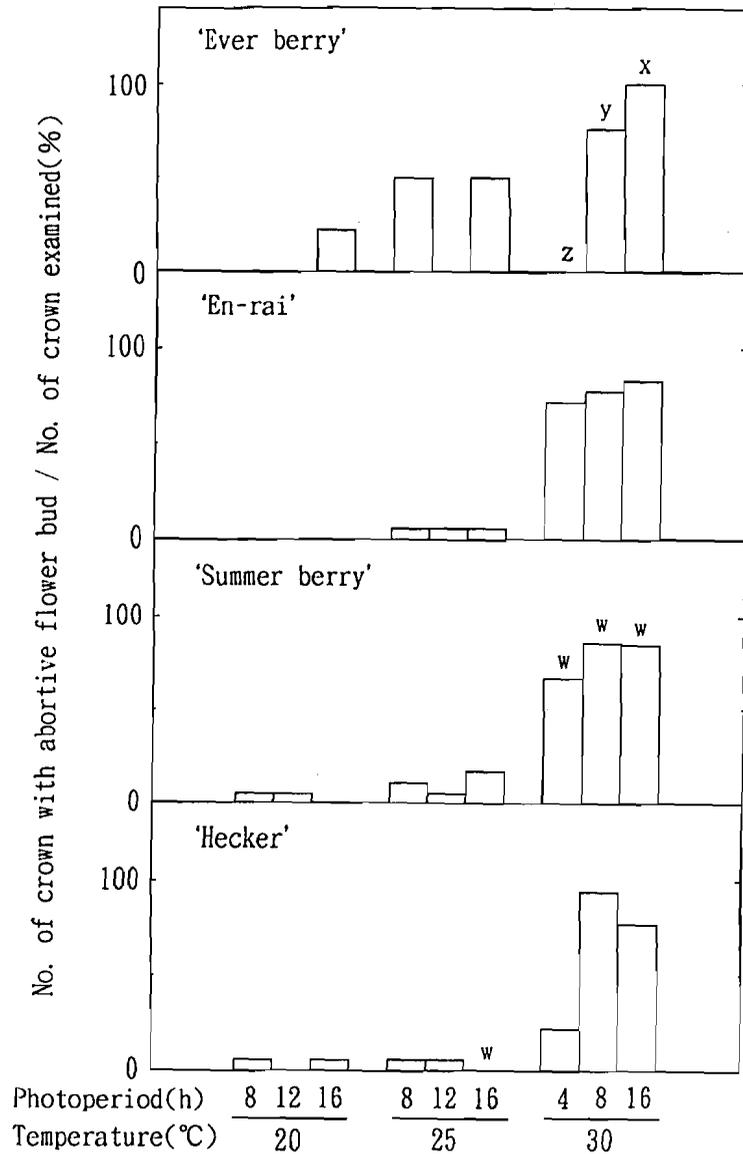


Fig. 2-4 Effect of temperature and photoperiod on the incidence of aborted flower buds in four everbearing type cultivars

Eighteen dominant branch crowns (3 crowns × 6 plants) per treatment were examined. Data are presented as the percentage of "number of crowns with aborted flower buds / number of crowns examined". Less than 18 crowns were examined in some 25 and 30°C treatments (2 in z, 8 in y, 11 in x, and 13~15 in w) because parts of the plants died or became diseased.

Table 2-1 Effect of temperature and photoperiod on the number of leaves of the branch developed and terminated by inflorescence during the treatment in four everbearing-type cultivars^{*}

Cultivar	Treatment		No. of branches terminated by inflorescence of a young developing stage(A) ^y	No. of the leaves per branch terminated by inflorescence(A)						Average ± S.D.	
	Temperature (°C)	Photoperiod (hr)		0	1	2	3	4	5		6
Everberry	20	8	19			18	1				2.1±0.2
	20	12	18			17	1				2.1±0.2
	20	16	18		10	6	2				1.6±0.7
	25	8	18		1	11	5	1			2.3±0.7
	25	12	16			2	14				2.9±0.3
	25	16	18			12	6				2.3±0.5
	30	4	2					2			4.0±0.0
	30	8	9			1	6	1	1		3.2±0.8
	30	16	14			4	4	4	1	1	3.4±1.2
En-rai	20	8	21			15	6				2.3±0.5
	20	12	18			11	7				2.4±0.5
	20	16	16		2	9	4	1			2.3±0.8
	25	8	9			2	7				2.8±0.4
	25	12	14				14				3.0±0.0
	25	16	14			1	11	2			3.1±0.5
	30	4	19			6	7	5	1		3.1±0.9
	30	8	17			2	14	1			2.9±0.4
	30	16	10			3	3	3	1		3.2±1.0
Summerberry	20	8	21			11	10				2.5±0.5
	20	12	20			14	4	1	1		2.5±0.8
	20	16	22		3	19					1.9±0.3
	25	8	7				2	2	3		4.1±0.8
	25	12	8				4	2	2		3.8±0.8
	25	16	9				5	3		1	3.7±0.9
	30	4	13			1	9	3			3.2±0.5
	30	8	13			2	5	6			3.3±0.7
	30	16	11			2	6	1	1	1	3.4±1.2
Hecker	20	8	13			6	5			1	2.9±1.2
	20	12	16			10	4	2			2.5±0.7
	20	16	16		1	2	10	3			1.9±0.8
	25	8	8				4	3	1		3.6±0.7
	25	12	6				4	2			3.3±0.5
	25	16	2				2				3.0±0.0
	30	4	10			1	6	1	2		3.4±0.9
	30	8	10			2	5	3			3.1±0.7
	30	16	10			1	7	1	1		3.2±0.8

^{*} Eighteen dominant branch crowns (3 crowns×6 plants) were examined in each treatment.

^y Inflorescence of stages from beginning of initiation to pistil initials forming. These branches assumed to develop under treatment conditions.

件下でも供試した4品種すべてが安定して花芽分化することが確認された。

(2)発育停止花芽を持つ branch crown の頻度：品種および処理条件によって異なり，‘円雷’，‘サマーベリー’および‘Hecker’ともに，20℃と25℃の生育下では頻度が低い，30℃下では頻度が非常に高くなる傾向が認められた。この傾向は‘エバーベリー’でも似ていたが，20℃-16時間区，25℃-8時間区および25℃-16時間区で頻度が比較的高い点で他の3品種と異なっていた（第2-4図）。

(3)側枝葉数：Branch crown には第2-1図に示したように複数の花芽が存在するが，調査した branch crown で観察された花芽のうち，発達段階が分化期～雌ずい初生期の間のもの「初期発達段階の花芽」とし，これらを茎頂とする側枝は温度・日長処理開始後に発達したものとみなして，側花房の花芽分化までの側枝の葉数（以下，側枝葉数とする）を調査した（第2-1表）。側枝葉数は0～6枚の範囲に分布し，処理区によって頻度分布が異なった。生育温度の影響をみると，20℃の側枝葉数は平均1.6～2.9枚の範囲にあり，側枝葉数2を中心とした分布を示す区が多かった。これに対し，25℃での側枝葉数の平均は2.3～4.1枚，また30℃での平均は2.9～4.0枚の範囲にあり，それぞれ側枝葉数3を中心とした分布を示す区が多く，20℃に比較して高温域で側枝葉数がやや多い傾向がみられた。

日長の影響についてみると，生育温度20℃のとき16時間日長の区で側枝葉数1の頻度が比較的高い傾向が各品種で認められた。しかし生育温度25，30℃では日長の影響は明瞭でなかった。

品種間差としては，生育温度20℃のとき‘エバーベリー’の側枝葉数が他の3品種に比較して少ない傾向が，また生育温度25℃のとき‘エバーベリー’と‘円雷’の側枝葉数が他の2品種に比較して少ない傾向があったものの，大きな差異はなく，4品種ともおおむね似かよった頻度分布を示した。

考 察

四季成り性イチゴの花芽分化特性検定のための指標：従来，イチゴ四季成り性品種の花芽分化特性を調査した報告はいくつかあるが，花芽分化特性検定のための一定の手法は確立されていない。その理由の一つは，四季成り性品種では，広い範囲の温度および日長条件下で茎頂に花芽を着け，同時に葉腋の側芽を発達させてその茎頂にまた花芽を着けることを繰り返して株を構成する分枝特性を有するためと考えられる（第2-1図）。1株はいくつかの branch crown から成り，さらに一つの branch crown 内に複数の側枝茎頂が存在する。Branch crown 内の側枝茎頂には，比較的早く発達した低次側枝の茎頂で既に花芽・花房として terminate しているものと，高次側枝の茎頂で栄養生長すなわち葉の分化を継続している頂端が含まれる。四季成り性イチゴはこのような分枝の様相を示すため，特定の環境要因がその花芽分化に及ぼす影響を検定することが困難になっている。

本実験においては、花芽分化に及ぼす環境条件の影響をみるために、①1株当たり3本の優勢な branch crown の処理期間中における花芽分化の有無、②処理期間中に発達した側枝の茎頂が花芽分化するまでに分化した葉数、を指標として用いた。

これらの指標に関して、①の場合は調査時に観察した花芽が、また、②の場合には調査時に観察した側枝葉が、処理期間中に分化したものであるかどうかを判定する必要がある。①の花芽については、本実験では温度・日長処理期間を、20℃の3区では87日、25℃の3区では52日、30℃の3区では37日とした。イチゴの花芽分化から開花までに要する日数は、日平均の積算温度ほぼ 1,000℃で算出することができ、25℃では35～40日、17℃では50～60日であることが知られているので（斎藤, 1982b）、すべての処理区で「処理終了時に開花期に達していない花房」では花芽分化は処理開始後に起こったものと判断できる。このことから本実験では、branch crown の側枝の茎頂に花芽分化期～花器完成肥大期の段階の花芽が観察された場合、その花芽は処理期間中に形成されたものとみなした。

また、②の側枝葉に関しては、側枝は数枚の葉を分化した後、茎頂に花芽を形成したが、その茎頂の花芽が初期発達段階にある場合、その側枝は主に処理期間中に発達したものと判断できる。したがって本実験では観察した側枝のうち、茎頂の花芽の発達段階が分化期～雌ずい初生期の間にあるものを処理期間中に発達した側枝とみなした。

処理期間中の branch crown における花芽形成の有無：指標①とした花芽分化クラウンの発生頻度については、供試した4品種とも、ほぼ全処理区の branch crown が花芽分化クラウンであった（第2-3図）。生育温度30℃の一部の区で花芽分化クラウンと判定しなかった branch crown が現れたが、これらの多くは、上位の側枝茎頂が後述のような発育停止花芽であって、その発達段階を特定できず、そのため花芽分化クラウンに算入しなかった。しかし実質的には処理期間中に花芽分化が起こっている。この結果から高温長日および高温短日のいずれの条件下でも、供試した4品種すべてが安定して花芽分化することが確認された。ただし、花芽は分化しても健全な花房として出蕾・開花しない場合もあることが予想された。

高温が四季成り性品種の花芽分化に及ぼす影響に関して、Durner ら（1984）は昼/夜温が26℃/22℃と30℃/26℃で、施山ら（1989）は昼/夜温が30℃/25℃（12時間日長）で、四季成り性のいくつかの品種では発生花房数が減少したことを示し、それぞれ高温は花芽分化を阻害する可能性があるものと考察している。しかしながら本実験の結果では、生育温度30℃においても側枝茎頂の花芽分化は阻害されないとみなされるので、これらの考察とは一致しなかった。しかし、この違いについては、本実験において生育温度30℃のときに発育停止花芽が高頻度で観察されたことを考慮すると一部理解できると思われる。発育停止花芽は、雌ずい初生期から花器完成肥大期までのある発達段階で褐変が始まり、開花・結実に至らず枯死した。このように早期に発育が停止した場合には、花房として出蕾せず、小痕跡を残すのみで株の外見からは発見できない（第2-2図d, e）。また、本実験では実体顕微鏡観察によって早期発達段階（花芽分化期～雌ずい初生期）を確認したが、これら

の花芽も、生育温度30℃の各区では発育停止花芽出現頻度が高いことからみて、出蕾期に達する以前に発育停止するケースが多いことが充分予想される。従来の報告のように株当たり開花花房発生数を指標とする方法では、発育停止花芽が存在していても結果に現れないことになる。

しかし、泰松ら（1991）は、腋芽（側枝）数を1とした‘サマーベリー’を供試し、検鏡によって日長、温度および苗質が花芽分化に及ぼす影響を調査している。したがって上記のような問題は生じないはずであるが、その結果は本実験とはやや異なる。本実験では‘サマーベリー’は、25℃および30℃では日長にかかわらずほぼすべての branch crown で花芽分化が認められたのに対し、泰松ら（1991）の結果では一年生苗を25℃で25日間育てたとき、日長が16時間であれば全株が花芽分化したが、日長が8時間の場合は8株中3株が未分化であったと述べている。高野・常松（1992）もまた、同様な実験方法により‘サマーベリー’一年生苗では、施用窒素量の多いときに花芽分化が遅れる場合があることを報告している。さらに Oda・Yanagi（1990）は、自然条件で生育させた‘サマーベリー’を供試して、出現後14日目のランナー茎頂を検鏡し、検鏡前14日間の平均気温が27℃以上のときには花芽分化がみられなかったと述べている。これらの実験と本実験では処理日数が異なり、これらの実験においても処理日数を延長すれば花芽分化株の頻度はより高くなるものと予想されるが、‘サマーベリー’では苗齢が若い場合には高温下で花芽分化しにくい可能性もあり、苗齢との関係については今後研究を進める必要がある。

処理期間中に発達した側枝の葉数：四季成り性品種の株当たり花房数には分枝性が大きく影響する。したがって、花房数によって四季成り性品種の花成の特性を判定することには問題があると指摘されており（施山ら、1989；柳、1992）、これを回避するため施山ら（1989）は、側枝の花房までの葉数（施山らは花房葉数と呼んでいる）を指標として用いて、温度・日長条件の影響を調査している。その結果、‘大石四季成’、‘エバーベリー’、‘Brighton’、‘Hecker’の4品種で昼/夜温が25℃/20℃では長日ほど花房葉数が少なく、また、30℃/25℃が25℃/20℃より花房葉数が多かったとし、四季成り性品種では比較的温度の高いときには長日によって花芽形成が促進されるが、温度の低いときには日長の影響が少なくなるものと考察している。

本実験においてもほぼ同一の指標（前述の指標②）を用いて調査したところ、温度の影響としては、20℃に比較して25℃、30℃では平均して葉数が1枚前後多くなる傾向はあったものの、処理区間差は施山らの結果ほど顕著ではなかった。また、日長の影響は生育温度25、30℃では明瞭には認められず、施山らの結論とは必ずしも一致しなかった。さらに施山（1989）は、品種間差として、その四季成り性が *Fragaria virginiana* glauca に由来する品種では、従来の四季成りに由来する品種に比較して、花成が日長の影響を受けにくいのではないかと述べているが、本実験の結果からはそのような品種間差は認められなかった。

以上のことから、四季成り性品種の花芽分化特性に温度・日長がある程度影響を及ぼす

のか、あるいは四季成り性品種では花成反応そのものは中性植物的であってむしろ側芽の発達等に温度・日長が影響するのか、という点については、その判定に用いる指標の妥当性を含め、さらにデータを蓄積する必要がある。

連続開花性の品種間差：四季成り性品種を周年的に栽培した場合に、その連続開花性に品種間差異があり、これが春からの、あるいは休眠打破後の品種固有の周年収穫パターンを左右することが知られており、経済栽培にあたってはそれぞれに対応した管理法が必要となることが示されている（熊倉・宍戸，1994；門馬ら，1985；泰松ら，1991；柳，1992）。本実験で供試した品種の連続開花性については、‘サマーベリー’は比較的弱いこと（泰松，1993），‘エバーベリー’および‘Hecker’は比較的強いこと（熊倉・宍戸，1994）が示されている。‘円雷’については詳しい報告が見あたらないが、親品種である‘Selva’と類似の性質を有し、夏秋期を通じて葉数が多く、花房数が少ないことが観察されており（沖村，私信；熊倉ら，未発表），本品種の連続開花性は比較的弱いものと考えられる。Nicoll・Galletta（1987）は四季成り性品種を3つのタイプ（強い day-neutral 型，中間的な day-neutral 型および弱い day-neutral 型）に区分することを提唱し、その栄養生長／生殖生長のバランスについてモデル化を試みている。彼らは「強い day-neutral 型」は、茎頂に花房を分化し、その直下葉の葉腋の側枝が発達することを繰り返して生長するが、その側枝先端に花芽が分化するまでの葉数が少ない特徴を持つとし、「中間的な day-neutral 型」はクラウンの主枝の先端はたやすく花芽分化しないので、花房が着くためには他の側枝が生長しなければならないものと考えている。

このように現在のところ、連続開花性には品種間で差異があり、それは側枝茎頂の花芽分化の難易度に由来するものと考えられている。そして四季成り性品種を夏秋期に栽培したときの花房数や葉数の違いにも、花芽分化特性が直接影響するものと考えられている。しかし、本実験では同一の処理条件のもとで品種間の花芽分化特性の差は認められず、従来の説とは一致しなかった。

施山ら（1989）が示したように、花房葉数（側枝茎頂が花芽分化するまでに分化した葉数）に品種間差が存在する可能性はある。しかしながら、施山らの報告でも花房葉数の品種間差は同一処理条件下では1枚程度とされているから、この現象単独では連続開花性の大きな品種間差を説明できない。また、Nicoll・Galletta のモデルの「中間的な day-neutral 型」では、あるクラウンの見かけの主枝の茎頂に花芽分化が起こらなくとも、いずれかの側枝が発達してその茎頂で花芽分化することがあるように説明されているが、本実験で観察した範囲では、「中間的な day-neutral 型」に属するとみられる‘サマーベリー’，‘円雷’において、そのような例はまったく認められず、branch crown の上位葉腋から発生する側枝の発達は必ず見かけの主枝が花芽分化した後に起こった。以上のことから、連続開花性の品種間差を花芽分化特性の違いのみによって説明するのは困難と思われる。むしろ、連続開花性が弱いとみなされる品種では、第2-2図に示したような花芽の発育停止が圃場条件下で起こり、そのために株当たり出現花房数が少なく、葉数が多くなるのではな

いかと考えられた。

四季成り性品種では基本的には温度・日長にかかわらず、側枝の茎頂で花芽分化が起こり、引き続いて直下葉葉腋の腋芽が発達を開始し、葉芽を数枚分化した後、花芽を分化することを繰り返す。その際、側枝茎頂の花芽と直下葉葉腋の側芽のどちらがより旺盛に発達するか、いいかえれば茎頂付近の生殖生長と栄養生長のバランスの違いによって品種間差が生ずると想定できる。連続開花性の弱い品種は、分化後の花芽の発達が相対的に弱勢となることがあり、直下葉葉腋の側枝の発達は逆に旺盛で、このような品種の場合、花芽は通常の条件下でも発育停止花芽となったり、貧弱な花房となることが多いのではないかと考えられる。また、茎頂付近で栄養生長が優越するため、茎頂から2枚目の葉の葉腋からの側芽も旺盛に発達して新たな branch crown を形成することが多い。さらに、上位側枝の茎頂が繰り返し発育停止花芽となるような場合は、とくに branch crown 数が多くなり、株の葉数が多くなるのであろう。一方、連続開花性の強い品種では、茎頂付近の体制として、花芽分化した後の花房の発達が旺盛で、直下葉葉腋の側枝の発達が相対的に弱い性質を持つのであろう。

さらに、このような花房と側芽の発達のバランスに及ぼす要因として、高温の影響が考えられた。高温下では呼吸による消耗が大きいため、着果負担のない条件であっても、分化した花芽と側芽という2つのシンク間での光合成産物の競合が激しくなるものと考えられる。本実験の結果では高温下では発育停止花芽の出現頻度が高くなり、側枝葉数も多かった。このことから、高温は相対的に側芽の栄養生長を促進させる効果を持つと考えられた。一方、日長の影響は本実験の範囲では明確なものではなかったが、長日は短日に比較して花房発達と葉の分化の両方を促進すると考えられた。このような花芽と側芽の発達のバランスに対しては、内生生長調節物質なども関与するものと考えられる。温度・日長などの環境要因は、内生生長調節物質の構成や量にも影響を及ぼすのであろう。

摘 要

四季成り性を有するイチゴ4品種‘エバーベリー’、‘Hecker’‘サマーベリー’、‘円雷’を供試し、異なる温度・日長条件下で育て、側枝茎頂における花芽分化の様相を調査した。

1. 供試した4品種ともに温度20℃～30℃、日長4～16時間の範囲では、温度・日長に影響されることなく、ほぼ100%の株で処理期間中に側枝茎頂に花芽が形成された。
2. 4品種ともに、側枝茎頂に分化した花芽が開花までに枯死する現象が認められた（発育停止花芽）。発育停止花芽の発生頻度は20℃と25℃では低かったが、30℃で非常に高かった。
3. 温度・日長処理期間中に発達した側枝は、茎頂に花芽分化が起こるまでに分化した葉

数（側枝葉数）が 0～6枚の範囲にあった。20℃では側枝葉数2枚を中心とした頻度分布であったが、25℃、30℃では3枚を中心とした頻度分布となった。側枝葉数に対する日長の影響は明瞭でなく、品種間差も小さかった。

4. 四季成り性品種間の連続開花性の差異は、茎頂における花芽分化習性の差に由来するものではなく、むしろ「側枝茎頂で分化した花芽」と「花房直下葉の葉腋に発達する側芽」の生長のバランスが品種により異なるために生じるのではないかと考えられた。

第3章 イチゴの果実肥大と品質に及ぼす温度の影響

本研究では、夏秋期でも気温が比較的低い寒・高冷地の気象特性を有効利用してイチゴの作期を拡大し、夏秋期に品質の良い国内産イチゴを供給することを最終的な目的としている。しかし、寒・高冷地においても夏秋期の気温条件には地域差があり、暖地・平坦地の秋～春期より高温であることが多く、作期によっては果実肥大が不良となることが懸念されるため、イチゴの果実発育期の生長に対する温度の影響について基礎的な知見を得ることが必要である。果実の肥大と温度との関係については、昼間を低温条件として育てた場合に果実肥大が良好となること（斎藤・伊東，1970；Went，1957）や、促成栽培のイチゴでは開花から成熟までに品種ごとに固有の積算温度を要すること（森下・本多，1985）などが明らかにされているが、制御環境下で行われた実験は非常に少ない。そこで本章では、昼夜温を制御した環境下で果実発育期のイチゴを育て、果実および他の器官の生長に及ぼす昼夜温の影響を明らかにしようとした。

材料および方法

第3，4章では、供試材料として任意の時期に生育ステージの均一な苗群を必要とするため、株冷蔵抑制栽培用に調製した冷蔵苗を供試した。供試品種は‘盛岡16号’とした。1989年7月に採苗し、夏～冬にかけて野菜・茶業試験場盛岡支場内の圃場で育苗した後、1990年3月に強制休眠期にある苗を掘り上げ、下葉および地際部の側芽を除去した後、20～30 gの苗を選んで -1°C で冷蔵した。同年5～8月に在庫し、順化後、直径18 cmのポットに定植した。ガラス室で頂花房の第1番花開花期まで育ててから温度処理に供した。温度処理は昼/夜温を15/15，20/10，25/5 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温15 $^{\circ}\text{C}$ ），20/20，25/15，30/10 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温20 $^{\circ}\text{C}$ ），25/25，30/20，35/15 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温25 $^{\circ}\text{C}$ ）とした屋外型ファイトロン（12時間日長）内で行った。温度処理施設数の制約から、各区の苗の冷蔵期間を同一にできなかったが、冷蔵状態は良好であり、冷蔵期間の違いによる苗質の差は小さいものと判断された。

第3-1図に示したように、頂花房は7花とし、1次側花房は2花房のみを残して各3花に制限した。また、確実な着果を期するため筆を用いて人工受粉を行なった。

温度処理開始時から頂花房第1番果完熟時までの間、2～5回、4株ずつ採取し、果実、茎葉および根の乾物重を調査した。さらに各温度処理区から7株ずつを選び、その頂花房の果実に開花日の早いものから順に1～7の番号を付け（以下、果実順位という）、それぞれの開花から完熟までの日数（以下、成熟日数という）と完熟時の新鮮重を調査した。収穫した果実を -40°C で凍結保存した後、糖度および酸度を測定した。測定方法は穴戸ら

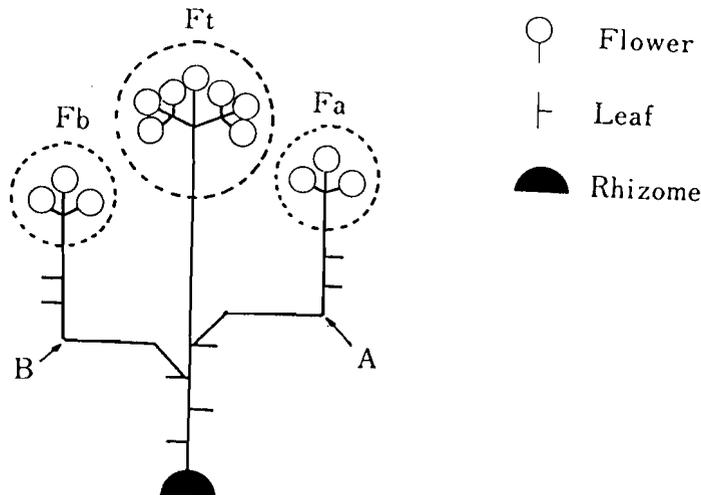


Fig. 3-1 Schematic diagram of a flowering strawberry plant

- A : Axillary branch subtended by terminal leaf on the main crown.
 B : Axillary branch subtended by second leaf on the main crown.
 Ft : Terminal inflorescence.
 Fa and Fb : Inflorescence at the respective apices of axillary branches.

(1991) に準じ、解凍時の浸出液を試料として日園連酸糖度分析装置 (NH-1000, 堀場制作所) により測定した。

実験結果

1. 各器官の発育に及ぼす温度の影響

頂花房の第1番花の開花から完熟までの期間 (以下、果実発育期間という) を昼夜一定の温度処理区間で比較すると、15/15, 20/20, 25/25°C区でそれぞれ 41, 25, 23日であった。この期間における1株全体の乾物増加量はそれぞれ 24.7, 8.5, 3.1 g で、低温区ほど大きかった。乾物重増加速度は、各区の果実発育期間を前半期と後半期に二分した場合、15/15, 20/20°C区では後半期に大きく、25/25°C区では前半期に大きかった。また、前半期の乾物重増加速度を温度処理区間で比較すると、20/20, 25/25°C区に比較して15/15°C区で大きかった (第3-2図a)。

果実発育期間中の頂花房の乾物増加量は、15/15, 20/20, 25/25°C区でそれぞれ 8.7, 4.1, 1.6 g で、1株全体の乾物増加量の場合と同様に、低温区ほど大きかった。後半期の頂花房の乾物重増加速度は、15/15, 20/20°C区に比較して25/25°C区で小さかった (第3-2図b)。根の乾物重は15/15°C区では果実発育期間中増加したが、20/20°C区ではほぼ同じ

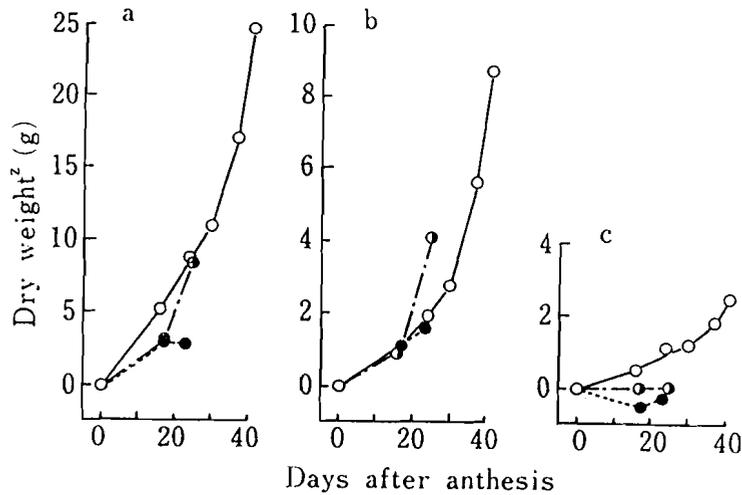


Fig. 3-2 Dry matter accumulation in whole plant (a), terminal inflorescence (b) and root (c) during the period from primary flower anthesis to harvest at day/night temperatures of 15 / 15(○), 20 / 20(◐) and 25 / 25(●)°C

* Increase in dry weight after primary flower anthesis.

値を維持し、25/25°C区では減少した(第3-2図c)。

2. 果実の肥大および品質に及ぼす昼夜温条件の影響

1) 成熟日数：頂花房の着生果実の発育に及ぼす昼夜温条件の影響を第3-1表および第3-3図に示した。第1番果の成熟日数は23.0~40.4日の範囲にあり、平均気温が低いほど長く、特に平均15°Cのとき平均20、25°Cに比較して長かった。また、平均気温が同じとき、昼夜温較差が小さい区、すなわち昼温が低い区ほど、第1番果の成熟日数が長かった。この傾向は平均気温15°Cのとき顕著に現れ、平均気温20°Cでは昼夜温較差の影響は比較的小さく、また、平均気温25°Cでは昼夜温較差の影響が認められなかった(第3-1表)。

次に、果実順位ごとの成熟日数は、約23~42日の範囲にあり、果実順位によって若干変動し、第1~3番果では、第4~7番果に比較して短い傾向があった(第3-3図)。これはすべての昼夜温条件に共通であった。同一順位の果実の成熟日数に及ぼす昼夜温較差の影響は第1番果におけるものと同様であった。

2) 果重：昼夜温条件の違いが頂花房果実の果重に及ぼす影響を、頂花房内の果実順位ごとに第3-3図に示した。1果重は果実順位および昼夜温条件により変動し、約1~35gの範囲にあった。すべての区で、果実順位が早いほど果重が大きい傾向があり、第1番果に対して、同一区の第2、3番果は約40~70%、第4~7番果は約10~50%の果重を示した。同じ果実順位の果実について比較すると、平均気温が低いほど果重が大きかった。また、平

Table 3-1 Effect of day and night temperatures on number of days from anthesis to harvest of the primary flower

	Mean temperature (°C)	Day/night temperatures (°C)	Days from anthesis to harvest of the primary flower
A	15	15/15	40.4 ± 0.6
	15	20/10	32.7 ± 0.5
	15	25/5	27.3 ± 0.2
B	20	20/20	24.5 ± 0.2
	20	25/15	23.3 ± 0.3
	20	30/10	23.0 ± 0.0
C	25	25/25	23.0 ± 0.2
	25	30/20	23.0 ± 0.2
	25	35/15	23.0 ± 0.2

Mean value ± standard error (n=7).

均気温が15°Cのときには、昼夜温較差が小さい区ほど果重が大きかった。この傾向は平均気温20°Cのときにも認められたが、平均気温25°Cのときには明瞭でなかった。

3) 収量：頂花房の収量に及ぼす温度の影響を第3-2表に示した。1株当たりの果実収量は低温区ほど多く、15/15°C区の収量を100とした場合、20/20°C区では49、25/25°C区では22であった。また、昼夜温較差の影響としては、平均気温が15°Cのときには昼夜温較差が小さい区ほど収量が多く、15/15°C区の収量を100とした場合、20/10°C区では87、25/5°C区では63であった。これに対し、平均気温20、25°C区では昼夜温較差の影響は比較的小さかった。さらに、頂花房の収量に占める第1～3番果の比率をみると、15/15、20/20、25/25°C区でそれぞれ57、62、74%であり、高温の区ほど大きかった。

4) 品質：第3-3表に示すように、果実の糖度は10.6～5.2°の範囲にあり、平均気温が低い区ほど高かった。昼夜温較差の影響としては、平均気温が15°Cと20°Cの場合、昼夜温較差が小さい区で糖度が高くなる傾向がみられた。一方、酸度は0.87～1.25%の範囲にあり、昼夜温条件の影響は比較的不明瞭であったが、平均気温が15°Cと20°Cの場合には、昼夜温較差が小さい区で酸度が高い傾向がみられた。糖/酸比は、平均気温が15、20、25°Cの区でそれぞれ10、7、6前後の値となり、平均気温が15°Cの区で高かった。しかし、平均気温20°Cと25°Cの区の間には明確な差が認められなかった。

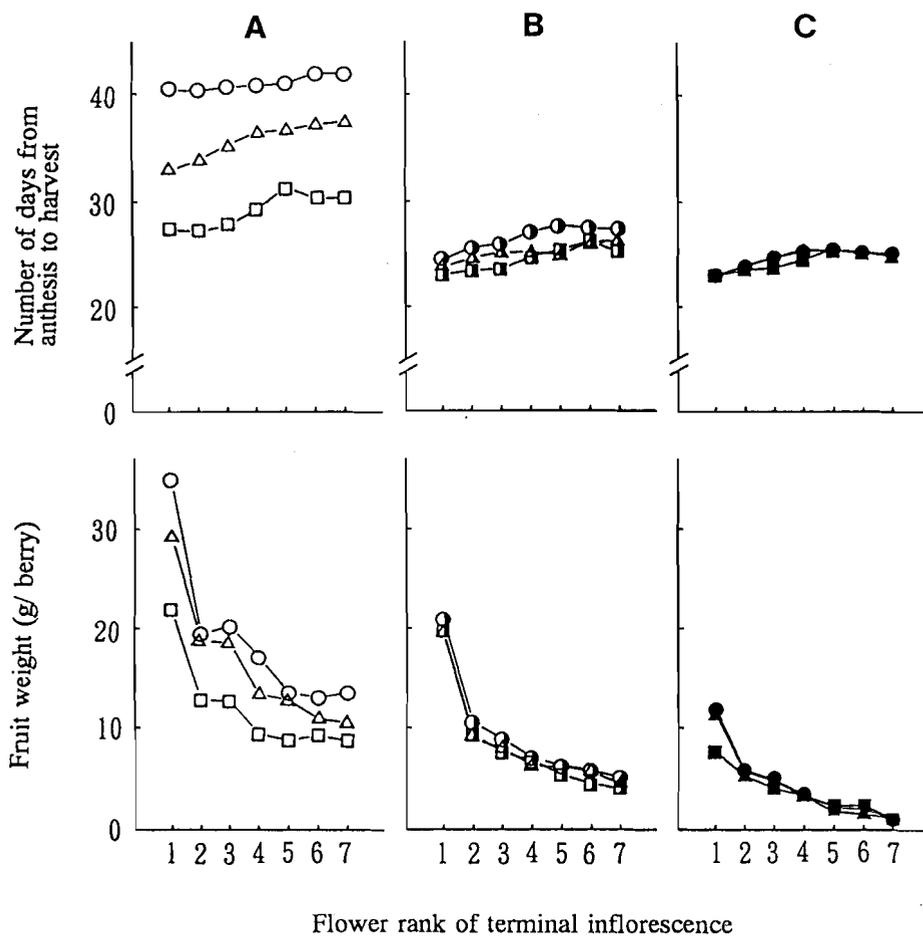


Fig. 3-3 Number of days from anthesis to harvest (upper) and fresh fruit weight (lower) in each flower rank² of terminal inflorescence as affected by day and night temperatures

Day/night temperatures were : (A) 15/15°C(○), 20/10°C(△), 25/5°C(□); (B) 20/20°C(●), 25/15°C(▲), 30/10°C(■); and (C) 25/25°C(●), 30/20°C(▲) and 35/15°C(■).

² : Flower rank 1 is primary (terminal) flower.

Table 3-2 Effect of day and night temperatures on total fresh fruit yield of terminal inflorescence

Mean temperature (°C)	Day/night temperature (°C)	Fresh fruit yield per plant			
		Total of 1st-3rd berries (g)	Total of 4th-7th berries (g)	Total of terminal inflorescence (1st-7th berries) (g)	
A	15	15/15	74.5±3.6	57.1±1.6	131.6±4.5
	15	20/10	66.5±1.6	47.4±3.7	113.9±4.4
	15	25/ 5	47.1±1.8	36.3±1.1	83.4±2.5
B	20	20/20	40.3±1.7	24.5±1.3	64.8±2.6
	20	25/15	36.3±1.8	22.8±1.0	59.1±2.2
	20	30/10	36.6±1.7	20.8±1.1	57.4±2.1
C	25	25/25	21.8±1.2	7.8±0.3	29.6±1.3
	25	30/20	21.2±1.5	7.8±0.4	29.0±1.4
	25	35/15	17.1±0.8	9.3±0.3	26.4±1.0

Mean value ± standard error (n=7).

Table 3-3 Effect of day and night temperatures on brix, acidity and brix/acidity ratio in fruit

Mean temperature (°C)	Day/night temperature (°C)	Brix (°)	Acidity (%)	Brix/acidity ratio	
A	15	15/15	10.6	1.03	10.3
	15	20/10	9.0	0.95	9.5
	15	25/ 5	9.2	0.90	10.2
B	20	20/20	7.9	1.25	6.3
	20	25/15	7.4	1.09	6.8
	20	30/10	6.8	0.93	7.3
C	25	25/25	5.2	0.87	6.0
	25	30/20	5.4	0.93	5.8
	25	35/15	—	—	—

Data are mean values of first, second and third berry of terminal inflorescence.

考 察

イチゴ果実の肥大・成熟に温度が大きく影響することは広く知られているが、制御環境下で果実および他の器官の生長を調査した報告は多くない（斎藤・伊東，1970；Went，1957）。本実験の結果，果実発育期の温度条件は，第一に，成熟日数に大きく影響した。すなわち，昼夜一定温度の区について比較すると，頂花房の果実の成熟日数は温度が低いほど長く，特に昼／夜温が15/15℃のとき20/20，25/25℃に比較して長かった。

既往の報告では，斎藤・伊東（1970）が‘ロビンソン’を用い，9，17，24，30℃一定条件下での成熟日数が，それぞれ102，36，26，20日であることを報告している。また，森下・本多（1985）は，促成栽培した‘はるのか’および‘宝交早生’を用いて開花から成熟までの日数（成熟日数）とビニルハウス内の温度の変化を調査し，両者の関係式を得て，有効温度係数，温度当量および有効積算温度を算出した。森下らの報告は，より正確な収穫日予測を行うために積算温度の算出方法を改善しようとしたもので，作物の生長に各温度がそれぞれ固有の有効性を持ち，有効温度域の温度にそれぞれ固有の有効温度係数を乗じた有効温度当量で置き替えると有効積算温度は期間内の有効温度当量の総和によって表わされるという概念（羽生・内島，1962）に立脚したものである。これらの結果から，イチゴの開花後の発育と成熟に有効な温度は約5℃以上であり，16～20℃の温度は成熟に能率よく作用するが，それ以下の温度域では有効度が急激に低下し，また，それ以上の温度域でも有効度が緩やかに低下するものと考えられている。本実験の結果は，これらの報告とおおむねよく合致し，上記の考え方を支持するものであった。

次に，本実験では，平均気温が同じであっても，昼夜温較差が異なれば成熟日数が異なり，較差が小さいほど成熟日数が長く，また，この傾向は平均気温15℃のとき顕著であることを示した。森下・本多（1985）は，上記の報告において‘宝交早生’の温度域ごとの成熟有効温度係数を算出しており，本実験の供試品種（‘盛岡16号’）とは異なるが，これを利用して平均15℃の3区について有効積算温度を求めた。3区の有効積算温度は，昼夜温較差が成熟有効温度係数によって補正されるためにほぼ一定の値になるものと期待されたが，昼/夜温が15/15，20/10，25/5℃区でそれぞれ約570，420，320℃日となり，3区間の差は大きかった。したがって温度域による有効度の違いだけでは，成熟日数に及ぼす昼夜温較差の影響は説明できないと考えられた。

このことから，成熟日数に対する昼温と夜温の効果には違いがあり，昼温の影響は夜温に比較して大きいものと考えられた。また，昼温が15～20℃の範囲内では高温ほど成熟が早くなるが，昼温25℃以上の区では成熟日数はほぼ同じであり，25℃以上では成熟促進に対する有効度がさほど増加しないものと推察された。

成熟日数に対する昼温と夜温の効果が異なる場合，その原因として果実成熟の過程の中に，光条件下で促進される過程と光の有無に影響を受けない過程があるのではないかと考えられる。これらの過程に対する各温度域の有効度が異なるとすれば，昼温の影響が夜温

に比較して大きいことが説明できると考えられるが、この点については知見が不十分であり、今後の検討が必要であろう。

次に、本実験では第1番花開花後の温度条件の違いがイチゴの各器官の生長に及ぼす影響について調査した。果実発育期間における各器官の生長速度は、株当たりの光合成量、呼吸量および各器官への光合成産物分配率により左右されると考えられる。本実験では、1株当たりの乾物重増加速度は、果実発育期間の前半では、昼/夜温が15/15℃区で最も大きく、これは低温のため呼吸速度が小さく、光合成産物の消費が少なかったためと考えられた。また、果実発育期間の後半においては、昼/夜温が25/25℃の区の1株当たり乾物重増加速度が特に小さかった。これは呼吸消費が大きかったこと、高温による生理活性の低下が生じたことを示すものと考えられた。

着果状態のイチゴの各器官への乾物分配については、果実は強いシンクであり、最終的に1株当たり乾物重のうち40~50%を蓄積することが報告されている（Forney・Breen, 1985a; Olsenら, 1985）。本実験でも果実発育期間の頂花房の乾物増加量は1株当たり乾物増加量の36~60%を占め、果実への乾物分配が大きいことが確かめられた。一方、この期間における根の乾物増加量は非常に小さく、これは既往の報告（John・Dana, 1966; 熊倉・宍戸, 1994b; 西沢・堀, 1988; Schafferら, 1985）から、シンク器官間の光合成産物に対する競合が生じていることに由来すると考えられた。特に20/20℃区および25/25℃区では、根への光合成産物の分配が少ないことに加えて、果実発育段階の進行が15/15℃区より早いために早期から花房のシンク力が高まり、また、呼吸消費も大きいために根の乾物増加がみられないものと推察された。

各温度区の頂花房の果実順位ごとの果重を比較した結果（第3-3図）からは、平均気温が低いほど、また、平均気温が同じ場合には昼夜の温度較差が小さいほど同一順位の果重が大きく、この結果は斎藤・伊東（1970）および Went（1957）の結果とも共通していた。したがって、本実験の温度域では、同一順位果実の最終的な果重は成熟日数と密接に関連することが明らかであり、光合成産物が転流・分配される期間の長さが、果重を決定する最も重要な因子の一つであると考えられた（熊倉・宍戸, 1994b）。頂花房収量としても、同様な昼夜温の影響が強く表れ、低温の区ほど多収となり、特に15/15℃区では20/20℃区に比較してもほぼ2倍となり果実発育期間の温度が収量に大きく影響することが明らかであった（第3-2表）。

イチゴの品質として要求されるのは第一には外観と大きさであるが、糖度、酸度、フレーバーなども重要な要因である。現在、促成栽培品種を用いた生食用果実の場合では一般的に糖度11°以上、糖酸比12以上のものが高品質とされているが、ケーキなどに用いられる業務用ではそれほど高い糖度は要求されず、むしろ明確な酸味が求められる。糖度および酸度と温度の関係について、西村ら（1990b）は、‘女峰’の促成栽培において、夜温を5℃で管理すると10℃に比較して糖度が明らかに上昇し、酸度も上昇する傾向があることを報告している。本実験においては、成熟日数の長い区、すなわち平均気温が低く、

さらに昼温が低い区ほど果実糖度が高く、光合成産物が供給される期間の長さが果実内の糖の蓄積量を左右するものと推察された。一方、果実酸度は成熟につれて低下してゆくことは知られているが、完熟時の酸度を決定する要因については知見が少ない（稲葉・中村，1978；二宮，1969；田辺ら，1972）。第3-3表から、完熟時の酸度は糖度とは異なった要因に左右されるものと考えられるが、酸度と昼夜温の関係については明確にできなかった。糖酸比については、平均気温が15℃のとき20，25℃に比較して明らかに高く、また、昼温が同一であれば夜温が低いほど高く、従来の促成栽培の温度管理法の検討から得られた結果（二宮，1969；西村ら1990a）を裏付けるものであった。

摘 要

異なる昼夜温条件下で果実発育期のイチゴを育て、各器官の生長および果実の肥大について調査した。

平均15℃（昼温15℃/夜温15℃，20/10℃，25/5℃区），平均20℃（20/20，25/15，30/10℃区）および平均25℃（25/25，30/20，35/15℃区）の温度域では、平均気温が低いほど、また、昼夜温較差が小さいほど、開花から果実完熟までに要する日数（成熟日数）が長かった。成熟日数が長い区では、収穫始期までにより多くの乾物が各器官に蓄積された。特に、花房における乾物の蓄積量に生育温度の影響が大きくあらわれ、果実生産量も成熟日数の長い区で明らかに増大した。また、完熟果の品質については、糖度は成熟日数の長い区において高い傾向が認められ、糖酸比は低温の区で高かった。しかし、酸度については一定の傾向は認められなかった。

第4章 イチゴの果実発育期における光合成産物の転流・分配に及ぼす温度および葉位の影響

前章において、果実発育期の生長に対する温度の影響について検討し、低温は果実発育段階の進行を遅らせるが、果実への同化産物の蓄積期間を延長させ、株当たりの生長量および果実生産量を増大させることを示した。光合成産物の、葉から果実などのシンク器官への転流・分配のメカニズムは果実生産の基礎であり、多くの植物種でその制御機構の解明が進められているが、イチゴについての知見は少ない。西沢・堀（1988）は、イチゴの花房の発達に伴う ^{14}C -光合成産物の転流・分配の変化について調査し、果実のシンク能に関して興味深い解析を行ったが、温度の影響には触れていない。本章では、前章と関連して果実発育期の昼夜温が光合成産物の転流・分配に及ぼす影響について調査するとともに、イチゴでは従来調査されたことが少ないソース葉の位置と ^{14}C -光合成産物の分配パターンの関係について解析を行った。

材料および方法

供試品種は‘盛岡16号’とし、第3章と同一の方法で第1番花開花期の供試苗群を準備し、第1番花開花期から温度処理に供した。温度処理も第3章と同一で、昼/夜温を15/15, 20/10, 25/5 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温15 $^{\circ}\text{C}$ ）、20/20, 25/15, 30/10 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温20 $^{\circ}\text{C}$ ）、25/25, 30/20, 35/15 $^{\circ}\text{C}$ （以上平均気温25 $^{\circ}\text{C}$ ）に設定した屋外型ファイトトロン（12時間日長）内で行った。温度処理施設数の制約から、各区の苗の冷蔵期間を同一にできなかったが、冷蔵状態は良好であり、冷蔵期間の違いによる苗質の差は小さいものと判断した。

各株の頂花房は7花とし、1次側花房は2花房のみを残して各3花に制限した。また、確実な着果を期するため筆を用いて人工受粉した。

1. ^{14}C -光合成産物の転流・分配に及ぼす昼夜温条件の影響

各温度区の株の頂花房の第1番花開花から完熟までの間に3~6回、外見的に中庸な生育を示す4株を選び、 $^{14}\text{C}\text{O}_2$ （約 0.74 MBq）を主茎の最上位葉（第4-1図参照）に、穴戸ら（1988）の方法に従って自然光下で30分間施与し、光合成により同化させた。その後、各処理温度条件で暗期を経過させ、18時間後に採取して、器官別の ^{14}C -放射能を Hori・Shishido（1977）に従って、サンプルオキシダイザーおよび液体シンチレーションカウンター（いずれも Packard 社）により測定し、全転流率と分配率を算出した。ここで、全転流率とは、採取した植物体から検出された全 ^{14}C 量のうち、施与葉を除く器官から検出された ^{14}C 量の割合（%）を示し、分配率とは、施与葉を除く器官から検出された ^{14}C 量の

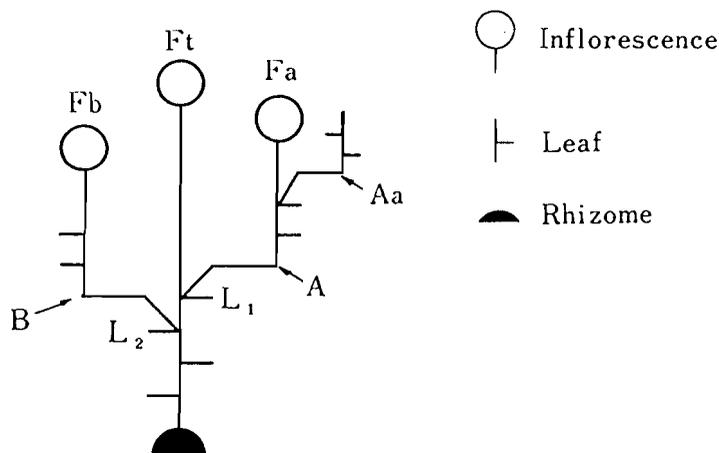


Fig. 4-1 Schematic diagram of a flowering strawberry plant

L1, terminal leaf on the main crown; L2, second leaf on the main crown; A, axillary branch subtended by L1; B: axillary branch subtended by L2; Ft, terminal inflorescence; Fa and Fb, inflorescence at the respective apices of axillary branches; Aa, axillary branch subtended by the terminal leaf on branch A.

うち、特定の器官から検出された ^{14}C 量の割合(%)を示す。

2. 葉位を異にする $^{14}\text{C O}_2$ 施与葉からの ^{14}C -光合成産物の転流・分配

昼/夜温を25/5°Cで生育させた区の株から、温度処理開始後30日目に第1番果完熟期にある12株を選んだ。 $^{14}\text{C O}_2$ 施与葉を主茎最上位葉および2本の側枝(側枝A, Bとする、第4-1図参照)の最上位葉とする3区を設け、各4株に上記と同様の方法で $^{14}\text{C O}_2$ を施与し、全転流率と分配率を求めた。

実験結果

1. ^{14}C -光合成産物の転流・分配に及ぼす昼夜温条件の影響

花房発達に伴う ^{14}C -光合成産物の各器官への分配パターンの変化を第4-2図に示した。昼夜変温区については図を省略した。各温度区とも、第1番花開花時には、主茎の最上位葉で同化された ^{14}C は頂花房、根、および1次側枝A($^{14}\text{C O}_2$ 施与葉の葉腋に発達した1次側枝、第4-1図参照)にそれぞれ約25%ずつが分配され、残りがそれ以外の器官に細分されていた。開花後日数が経過するとともに、頂花房への分配率が増加し、他の器官への分配率が減少した。各温度区において、第1番果の完熟時には、頂花房への分配率が60~80

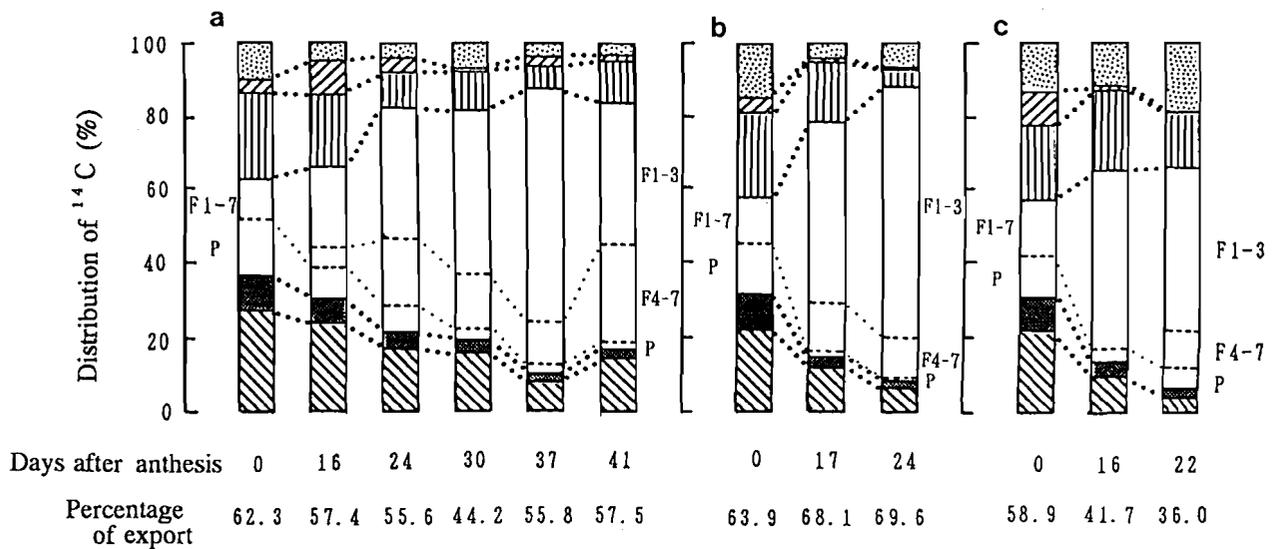


Fig. 4-2 Changes in distribution pattern of ^{14}C in strawberry plants kept at 15/15°C (a); 20/20°C (b); and 25/25°C (c) (day/ night) during the period from anthesis to harvest

$^{14}\text{C O}_2$ was administered to the uppermost leaf (L1) on the main crown.
 ▨ : Root, ▩ : Rhizome, □ : Terminal inflorescence,
 ▤ : Branch A^z, ▧ : Branch B^z, ▫ : Rest part of the plant
 (including petiole of fed leaf), P : peduncle of terminal inflorescence, F : Fruit of
 terminal inflorescence (seven berries), F1-3 : Primary (one) and secondary (two)
 berries of terminal inflorescence, F4-7 : Tertiary (four) berries of terminal inflores-
 cence. z, see Fig. 4-1.

%に達し、特に頂花房の第1~3番果への分配率が高かった。これらの傾向は昼夜変温区においても同様であった。

分配パターンに及ぼす温度処理の影響をみると、第1番花開花後16~17日目には、15/15°C区は20/20、25/25°C区に比較して頂花房への分配率が小さく、根への分配率が大きかった。また、15/15°C区の第1番果完熟日(温度処理開始後41日目)を、その4日前(37日目)の第1番果催色始期と比較すると、頂花房の第1~3番果への分配率は低下し、第4~7番果と根への分配率が増加した。これに対し、20/20°C区と25/25°C区では、頂花房の第1番果完熟時の第4~7番果と根への分配率は第1~3番果への分配率に比べ小さかった。

頂花房の第1番果完熟時について、 ^{14}C -光合成産物の分配パターンに及ぼす昼夜温較差の影響を第4-3図に示した。第4-3図から、各区とも頂花房への分配率が最も大きく、55~80%を占め、平均気温が低いほど根への分配率が大きい傾向が認められた。また、特に平均25°Cの区では全転流率が低く、図中で「その他の器官」として示した器官、すなわち

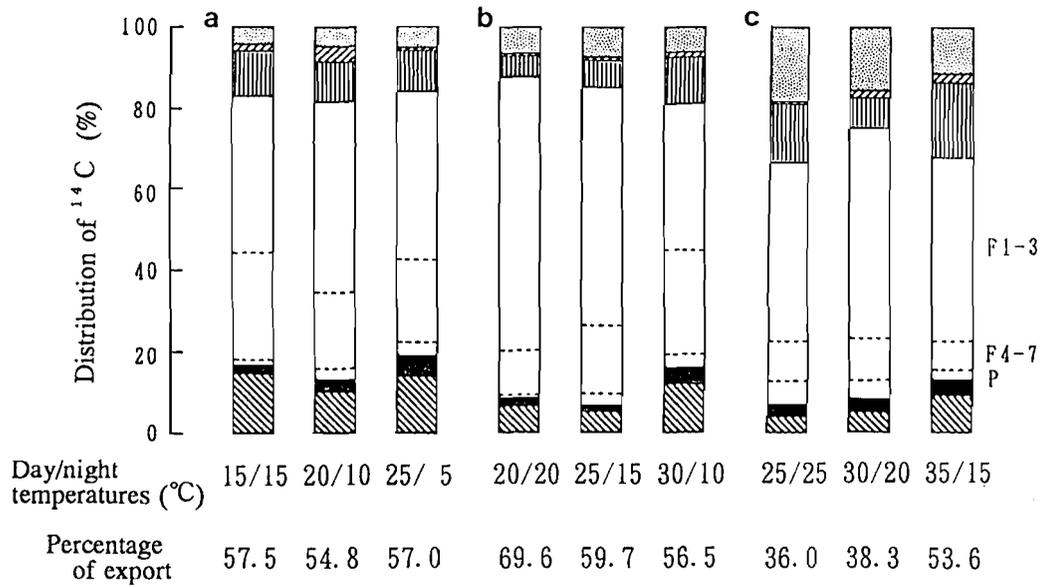


Fig. 4-3 Distribution pattern of ^{14}C in strawberry plants exposed to different diurnal temperatures

$^{14}\text{C O}_2$ was administered to the terminal leaf (L1) on the main crown at the fruit ripening stage. The symbols are the same as in Fig. 4-2.

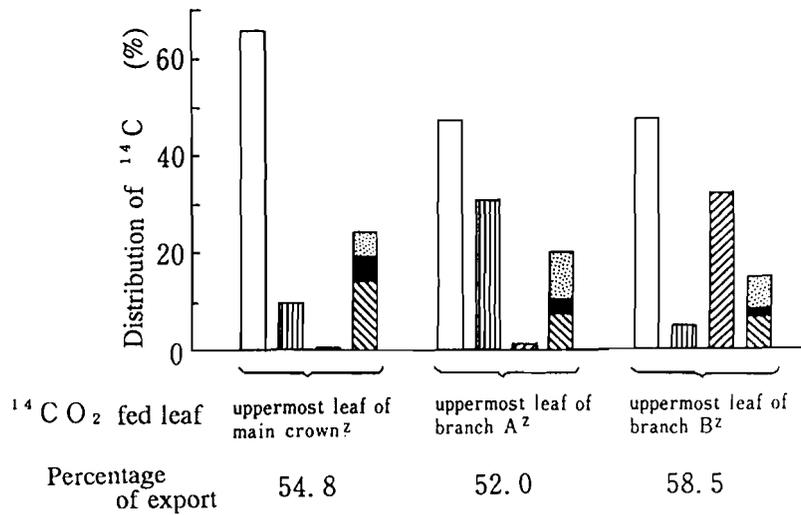


Fig. 4-4 Distribution pattern of ^{14}C from leaves in different positions

Plants were grown at 25/5°C (day/night) after anthesis. $^{14}\text{C O}_2$ was fed to respective leaves at the early fruit ripening stage (30 days after anthesis). The symbols are the same as in Fig. 4-2. ² See Fig. 4-1.

$^{14}\text{C O}_2$ 施与葉の葉柄や下位葉への分配率が比較的高く、果実への分配率は低い傾向を示した。平均気温が同じ場合の昼夜温較差が分配パターンに及ぼす影響は明確でなかった。

2. 葉位を異にする $^{14}\text{C O}_2$ 施与葉からの ^{14}C -光合成産物の転流・分配

第4-4図に示したように、 $^{14}\text{C O}_2$ を施与する葉位によって ^{14}C -光合成産物の分配パターンは明らかに異なった。頂花房への分配率は、主茎の最上位葉に施与した区では約65%であったが、側枝の最上位葉に施与した二つの区では低く、約50%であった。また、根への分配率も、主茎の最上位葉に施与した区では約14%であったが、側枝の最上位葉に施与した二つの区では低く、約8%であった。さらに、側枝への分配率も施与葉位の違いにより大きく異なった。すなわち側枝AおよびBへの分配率は、主茎の最上位葉に施与した区ではそれぞれ約10および1%であったのに対し、側枝Aの最上位葉に施与した区では、施与葉葉柄への分配率を除いても、それぞれ約30および1%となり、側枝Bの最上位葉に施与した区では、同様に施与葉葉柄への分配率を除いても、それぞれ約5および32%となった。

考 察

着果状態のイチゴにおいて、果実が強いシンクであることは、乾物分配を調査した結果からもしばしば指摘されている (Forney・Breen, 1985a; 熊倉・穴戸, 1994a; Olsen ら, 1985)。 ^{14}C の利用によってより詳細に葉(ソース)から各シンク器官への光合成産物の流れを追跡し、シンク能に関わる要因を解析できると考えられるが、現在のところこの問題を扱った知見は少ない。

西沢・堀(1988)は、露地栽培の‘ダナー’を供試して、花房の発達に伴う ^{14}C -光合成産物の転流・分配を調査した結果、葉で同化された ^{14}C -光合成産物は、開花前では約40%が根に、20%が花房に分配されたのに対し、肥大期および着色期には根への分配は2%に過ぎず、花房への分配率がそれぞれ47%および86%と増加したことを報告している。本実験においても、花房の発達に伴う転流・分配パターンの変化を調査した。西沢・堀とは品種・栽培方法が異なり、また、西沢・堀は $^{14}\text{C O}_2$ を全葉に施与したのに対し、本実験では主茎の最上位葉のみに施与したため正確な比較ではないが、本実験でも頂花房の果実が発育するとともに頂花房への分配が増加し、他の器官への分配が減少するといった同様の傾向が認められた。

イチゴ株の摘花処理を行うと、花房以外の器官の発達が旺盛となり (Choma ら, 1982a; Forney・Breen, 1985a; Schaffer ら, 1985; 1986b), デンプン含量が高まること (Forney・Breen, 1985a) や、着果時の CO_2 施肥により果実収量が増加すること (川島, 1991) が報告されている。これらのことと、本実験で示された ^{14}C 分配パターンからみて、イチゴの果実肥大期には光合成産物のシンクとしての花房の働きが非常に高まり、器官間

の競合が生じて、根など花房以外の器官への光合成産物の供給が抑えられる (John・Dana, 1966; Lenz・Bünemann, 1967; 峰岸ら, 1982; Schafferら, 1985) ものと判断された。

このようなイチゴ果実発育期の¹⁴C-光合成産物の転流・分配パターンに及ぼす温度の影響を調査した報告は見あたらない。本実験では、昼/夜温を15/15, 20/20, 25/25℃の一定条件下で育てた場合、果実の成熟に要する日数は温度によって異なったが、果実の成熟段階に対応する各器官への分配率の変化パターンは基本的には同じであるとみられた。したがって、頂花房のシンク容積の増大が分配パターンに最も密接に関連することが明らかになった。但し、本データは主茎の最上位葉に¹⁴C O₂を施与した場合のものであることに留意する必要がある。側枝においては、頂花房の発達に並行して側枝葉が展開し、側花房が発達する。果実成熟期に主茎の最上位葉から側枝への分配が低下するとき、側枝葉にソース機能が移行するものと考えられた。

また、15/15℃区の 16, 24, 30, 37日目、20/20℃区の 17, 24日目および25/25℃区の 22日目に測定した結果では、頂花房果実のうち第1~3果への分配率が4~7果に比較して大きかった。従来、同一花房内の果実順位によって果重が異なることはよく知られており (Sherman・Janick, 1966)、これには果実当たりの瘦果数が密接に関連し (Janick・Eggert, 1968)、瘦果で生成される生長調節物質がシンク能を左右するものと考えられている (Nitsch, 1950; Thompson, 1961)。本実験の結果からも、上記の時期には、頂花房内で開花の早い果実のシンク能が高いことが裏付けられた。一方、15/15℃区の41日目には、37日目に比較して、頂花房の第1~3番果への分配率が低下し、4~7番果および根への分配率が上昇した。この現象は、イチゴ果実のシンク能は催色期前後に最大となり、その後完熟期にかけて低下するとする従来の見解 (Forney・Breen, 1985b) を光合成産物分配の面から裏付けるものであり、西沢ら (1988) の結果とも共通であった。

一方、根への分配率は、常に花房への分配率の増減と逆の変化を示した。この結果から、根への分配率に対しては、花房生育段階の影響が非常に大きく、これに比較して温度の直接の影響は小さいものと考えられた。

昼夜温較差の影響については、前章で本実験と同様な温度処理を行い、平均気温15℃および20℃の場合には昼温が低く昼夜温較差が小さい区において開花から完熟までの日数が長く、果実生産量も大きいことを示したが、本実験では、第4-3図に示したように頂花房の第1番果完熟期における分配パターンは、平均気温が同じであれば、昼夜温較差にかかわらずほぼ同じであった。昼夜温較差の違いにより開花後日数や着果している果実の大きさが異なる場合でも分配パターンがほぼ同じであったことから、分配パターンに及ぼす昼夜温較差の影響は果実発育段階の影響に比較して小さいものと判断された。

第4-3図から、昼夜温較差に関わらず、平均25℃の3区では転流率が低く、¹⁴C O₂施与葉葉柄や下位葉にとどまる光合成産物の割合が高く、果実への分配は少なくなる傾向が認められた。これは平均気温の高い区では、他の果実も完熟期近くに達しており、頂花房のシンクとしての強さが低下していることが原因の一つと考えられた。

以上のように、平均気温および昼夜温は果実の発育・成熟速度に影響を及ぼし、したがって株の生理的状态に影響を及ぼすので、これに伴って光合成産物分配パターンに変動がみられるものと推測された。

また、第4-2, 4-3, 4-4図の結果を通じて、主茎最上位葉に ^{14}C を施与した場合には、施与葉葉腋に発達した1次側枝Aに比較してその次位の主茎葉腋に発達した1次側枝Bへの ^{14}C -光合成産物分配が常に少ないことが明確であった。これに加えて、1次側枝の最上位葉に ^{14}C を施与した場合には、 ^{14}C -光合成産物は頂花房にも多く分配されるが、施与葉の属する側枝上の花房や2次側枝への分配率が明らかに大きく、これに比較して他の1次側枝への分配率は小さいことが明らかになった。これらのことから、イチゴはロゼット状の草姿であるために、これまで解析されたことが少なかったが、イチゴにおいても、インゲンマメ（田中・藤田, 1975）、トマト（宍戸ら, 1988; 宍戸ら, 1991; Tanaka・Fujita, 1974）などと同様に、固有のシンク-ソースの対応関係を有することが示唆され、特定の葉からの光合成産物分配パターンは、シンクの強さの影響を大きく受けるとともに、葉の位置によるシンク-ソースの対応関係にも左右されるものと考えられた。

摘 要

異なる昼夜温条件下で果実発育期のイチゴを育て、 ^{14}C -光合成産物の転流分配を調査した。

1. 主茎最上位葉に $^{14}\text{C O}_2$ を施与した場合、 ^{14}C -光合成産物の頂花房への分配率は、第1番花開花時には約25%であったが、果実の発育とともに増加し、第1番果完熟時には60~80%に達した。生育温度によって果実の成熟速度は大きく変化したが、このような果実の発育に伴う分配パターンの変化は共通であった。
2. $^{14}\text{C O}_2$ を側枝葉に施与した場合には、主茎最上位葉に施与した場合とは光合成産物分配パターンが異なり、施与葉の属する側枝上の花房や2次側枝への分配率が明らかに大きかった。この結果から、イチゴにおいてもソース-シンクの対応関係は、葉の位置によって異なることが示唆された。

第5章 イチゴの寒冷地夏秋期生産の有望な作型とその成立要因

第1節 一季成り性品種の暗黒低温処理による秋期生産

第1章においてイチゴ‘女峰’の花芽分化は、15℃・15日間の暗黒低温処理あるいは30日程度の短日処理、遮光処理によって寒冷地の盛夏期にも省力的に誘起できることを検証した。これにより、一季成り性品種を用いた秋期生産を行う上での従来の制約点のうち、任意の時期の花芽分化という点はほぼ解決したものと見なせる。しかし、第1章の考察においても触れたように、秋期の気温・日長は日々急速に変化するため、花房発達期が早期に過ぎると高温のため果実の肥大・品質が十分でなく、逆に遅い時期となると、秋冷により生育速度が鈍化し、高価格が見込める秋期の収穫量が低下することが予想される。既に伏原・高尾（1988a）は、福岡県において暗黒低温処理時期を変え‘とよのか’を栽培し、その収量性や品質が大きく処理時期に影響を受けることを示している。その結果より、西南暖地の暗黒低温処理栽培における定植の限界時期は8月下旬頃であろうと考察しているが、現在のところ、寒冷地域に対応したデータは見当たらない。一方、暗黒低温処理に供する苗の苗齢により、処理の花芽分化誘起効果および処理後の花芽発達速度が異なることが明らかにされている（熊倉ら、1991）。しかし、従来の報告では、供試苗の苗齢を明確にしていないものが多く、処理時期や定植日の効果を解明するためには問題があると思われる。本節では、同一苗齢の苗を暗黒低温処理に供し、処理および定植の暦日を変化させて処理効果および収量に及ぼす影響を検討して、寒冷地における有望な作型について考察した。

材料および方法

実験は1990年に実施した。供試品種は‘女峰’とし、採苗期を5月上旬から6月下旬までの広い時期として第1章と同様の方法でポット育苗し、苗齢の異なる大量の苗群を得た。暗黒低温処理開始日を7月17日（A）、7月24日（B）、7月31日（C）、8月7日（D）、8月14日（E区）とする5区を設定した。各区とも処理開始28日前（最終追肥日）に苗群の中から苗齢が6枚の苗40株を選んで供試した。暗黒低温処理は15℃、15日間とした。処理終了当日に定植し、その後、慣行に従って栽培して花房の生長と旬別収量を調査した。さらに10月上旬から1月上旬にわたり10回、収穫した完熟果を冷凍保存し、後日糖度および酸度を測定した。糖酸度の測定法は第3章と同じく穴戸ら（1991）に準じ、冷凍果実を4℃で解凍し、浸出液を日園連酸糖度分析装置（NH-1000、堀場制作所）によって分析した。

実験結果

第5-1表に暗黒低温処理・定植日の違いが花芽分化誘起効果と処理有効株の花房の生長に及ぼす影響を示した。処理有効株率は63～85%の範囲にあり、処理時期の違いによる影響は明確でなかった。定植から出蕾、開花、収穫開始までに要した日数（それぞれ処理有効株の平均値）はA区を除いて低温処理・定植日が早いほど少なかった。しかしA区では定植日が高いにもかかわらず、出蕾および開花までに要した日数はB, C区より数日多かった。頂花房花数もA区を除いて低温処理・定植日が高いほど多い傾向があった。

Table 5-1 Effects of timing of refrigerator-cooling treatment^z on flower bud induction and development of 'Nyoho' strawberry

Refrigerator-cooling treatment ^z			Percentage of AP ^y	AP	
Beginning of treatment	End of treatment (planting)	Flowering date		Beginning of harvesting	
A	July 17	Aug. 1	63	Sep. 24.9±1.1	Oct. 25.9±1.7
B	July 24	Aug. 8	73	Sep. 25.2±0.8	Oct. 28.6±1.4
C	July 31	Aug. 15	85	Oct. 6.9±1.1	Nov. 16.8±1.7
D	Aug. 7	Aug. 22	65	Oct. 22.4±0.7	Dec. 29.5±3.2
E	Aug. 14	Aug. 29	78	Oct. 31.6±1.0	Jan. 15.9±2.9

^z Refrigerator-cooling at 15°C for 15 days. ^y Accelerated plant for flowering.

第5-1図に処理有効株1株当たりの年内収量経過を示した。年内収量はB区において最も大きく、以下、C, A, D, E区の順であった。各区の処理有効株のうち花房発達の早い株で収穫が開始される時期は、A, B区で10月中旬、C区で10月下旬、D区で11月下旬、E区で12月下旬であった。月別に各区の特徴をみると、10月下旬までの収量はA区で最も多く、11月の収量はB区で多く、12月の収量はB, Cで同程度であり、これに比較してA区で少なかった。このためA区では、11月末には累積収量がB区を下回り、12月末にはC区をも下回った。

第5-2図に果実採取回数の最も多かったB区の果実品質の時期的変化について示した。他の区についてはデータを省略したが、同時期に収穫した果実はB区のものとほぼ等しい糖度および酸度を示した。果実糖度は10月中旬から1月上旬にかけて比較的安定した値で推移し、この期間を通じて約 10～11°であった。一方、果実酸度は10月には 1.0～1.1%であったが、その後11, 12月にかけて低下し、1月上旬には約 0.7%となった。

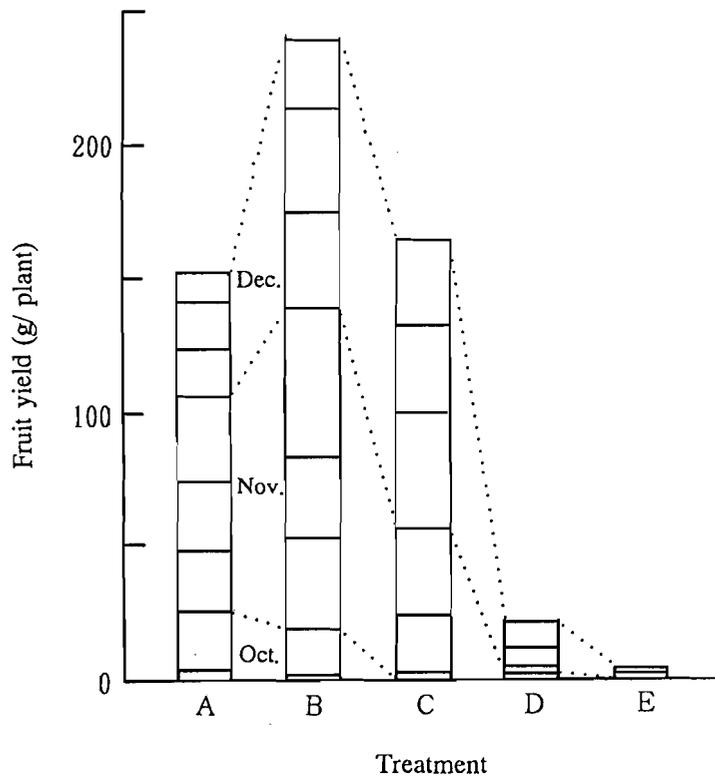


Fig. 5-1 Effect of timing of refrigerator-cooling on cumulative fruit yield/plant in AP² of 'Nyoho' strawberry

A-E represent the timing of refrigerator-cooling as shown in Table 5-1.

² Accelerated plant for flowering

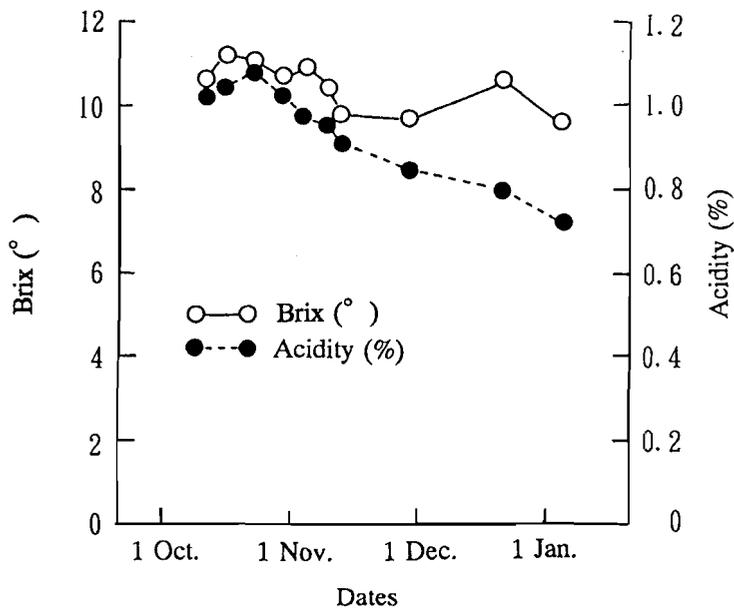


Fig. 5-2 Seasonal changes of fruit Brix(○) and acidity(●) in 'Nyoho' strawberry treated with refrigerator-cooling (treatment B)

考 察

比較的高温期にイチゴを生産しようとする場合、収量・品質に果実肥大期の気温が大きく影響することは知られている。伏原・高尾(1988a)は、福岡県の‘とよのか’の夏期低温処理による促成栽培において、収穫期の前進化を進めると果実品質が著しく低下することを指摘しており、加賀屋ら(1991)が秋田県において行った実験でも8~9月の果実は非常に小果となっている。このことから、寒冷地における暗黒低温処理促成栽培の作型を確立するにあたり、初期生産果実の大きさ・品質を低下させない範囲で作期を前進化することが必要と考えられる。

本実験の結果、暗黒低温処理・定植日の違いは、花房の生長速度、頂花房花数、収穫始期、月別収量に大きく影響し、結果的に年内収量を大きく左右することが明らかになった。花房の生長速度については、B~E区では定植日が遅いほど収穫開始までに長い日数を要し(B区 81.6日~E区 139.9日)、実験地において8月中旬以後、急速に気温が低下し、日長が短くなることがその最大の原因と考えられた。A区では定植後出蕾までにB区より多くの日数を要し(A区44.2日、B区37.0日)、出蕾日の「ばらつき」が他区に比較して大きかった。この原因は明らかではないが、暗黒低温処理前の気温・日長前歴が処理効果に何らかの影響を及ぼしたのではないかと考えられる。頂花房花数についても、A区を除き、分化後の花芽の生長は高温・長日条件により促進されるという従来の報告(江口, 1934; 斎藤, 1982a)に合致した結果となった。

収穫始期および月別収量の結果から、定植時期を8月1日としたA区では、収穫始期が最も早く、10月の収量が多く、この点では望ましいが、11、12月の収量がB区に比較して小さいことが観察された。これはA区では高温期に花房が発達するために第4章で述べたように器官間の光合成産物に対する競合が激しく、定植後の新葉や根の生長が劣り、11、12月の株の生産力が低下すること、また、高位花序の発達が悪く、頂花房花数が少ないことと関連していると考えられた。

果実の糖酸度については、既報(穴戸ら, 1991)で示したように糖度 8~10°、酸度 0.7~0.8%の果実が業務用として市場で流通しているのに対し、本実験で10月に収穫された果実は糖度 10~11°、酸度 0.9~1.1%であり(第5-3図)、業務用果実として優れた品質を持つと考えられた。

以上のように、特に年内収量がB区で明らかに多く、その品質も優れていることを考慮して、実験地(盛岡)においては、暗黒低温処理促成栽培の処理時期を7月下旬、定植期を8月上旬とする作型が経営上最も有利であると判断できた。

著者らは第3、4章において、イチゴの果実肥大と平均気温の関係について①平均気温 15~25℃の範囲では低温ほど果実発育段階の進行が遅く、完熟までに長い日数を要するが、これに比例して果重が大きくなること、②果実糖度は完熟までの日数が長いほど高くなるため、平均気温が低いほど高品質となる傾向があること、③温度が低いほど花房への光合

成産物の転流総量は多くなり、根への分配も果実肥大期間を通じて確保されること、を確認し、平均気温15℃と20℃では、イチゴ果実の肥大が大きく異なり、平均気温20℃以上では収量・品質からみて市場性のある果実生産が望めず、また、平均気温20℃以下でも昼温が25℃以上であると収量が劣るものと判断した。

この結果を実際の栽培に当てはめると次のようである。盛岡における気温の周年変化を第5-3図に示した。盛岡のいわゆる遅出し露地イチゴの出荷期は6月上旬から7月始めにかけてであるが、その果実発達期間（開花～収穫まで）は図中Aの期間であり、その期間の気温は y である。 y は12～18℃の温度域にあり、3、4章の実験結果に適合する。秋期についてみると果実発達期の設定は図中Bが限界であり、これ以上Bを前進化すると z が15℃を超え、果実品質の低下を招くと考えられる。したがって、盛岡においては10月中旬に収穫始期を設定することが適当であると想定されたが、本章の実験結果からも10月中旬に花房生育の早い株で収穫開始となるB区で果実肥大が良く、果実品質も収穫始期から良好であり、この想定と合致していた。このように本栽培型においては、最適の気温条件下で果実肥大を促すことが生産性の向上に最も直結すると考えられる。作型の決定にあたって

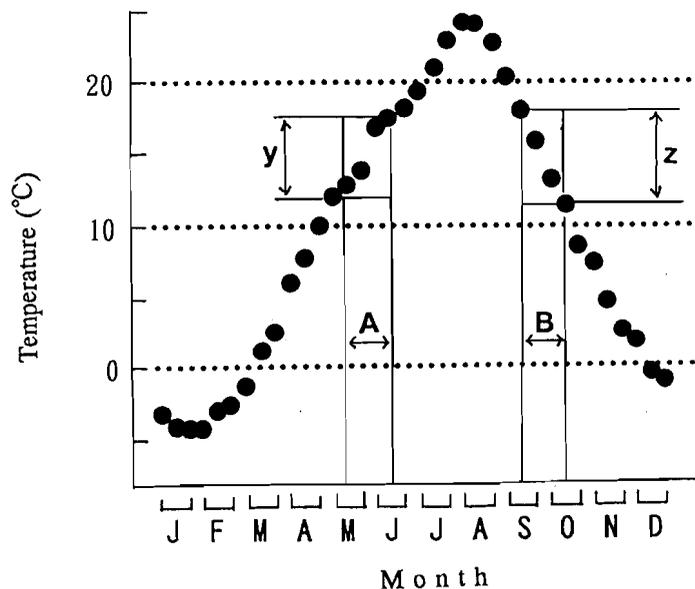


Fig. 5-3 A recommended timing for development of strawberry fruit in a autumn cropping system relating with year-round fluctuation of temperature in Morioka (district of present experiments)

A : Period of fruit development in ordinary open culture.

B : Period of fruit development in the recommended autumn cropping system.

y : Range of temperatures during the period of (A).

z : Range of temperatures during the period of (B).

は、平均気温の推移から、まず果実肥大期を想定し、それより逆算して花芽分化誘起処理時期（暗黒低温処理，夜冷短日処理，第1章第2節のような短日処理，遮光処理）を決定することが有効であろう。寒・高冷地に含まれる地域の中でも、気温の周年変化には地域による差があるが、第5-3図のような方法で適合した作期・作型を探索することが必要と考えられる。実験地（盛岡）では比較的盛夏の気温が高いが、「やませ」の影響の強い地域や、標高あるいは緯度の高い地域においては収穫始期を10月上旬以前に設定することが可能であろう。

摘 要

寒冷地における暗黒低温処理による促成栽培の適作型を決定するため、処理時期および定植時期を変えて収量性を検討した。その結果、年内収量は定植日を8月8日としたとき最も大きく、株当たり 240 g となり、とくに11月の収量・果実品質が優れていた。定植日をそれより早く、あるいは遅くしたときには年内収量が劣った。実験地の気温変化から、果実肥大期の気温が15℃前後となる作型が最も高収となることが推定され、逆算して花芽分化誘起処理時期を設定することが有効と考えられた。

第2節 四季成り性品種利用による夏秋期生産

近年、新たな四季成り性イチゴ品種が導入・育成され、これらの寒冷地での夏秋期生産が有望視されている（山川，1989）。しかし、現在まで導入品種を含めた品種の生態反応や収量性を長期にわたって比較、調査した報告は少ない（門馬ら，1984；門馬ら，1985；泰松・芳岡，1984；柳，1992）。そのため、品種間でその生態的特性が異なることは知られているが、どのような特性が夏秋期生産にとって望ましいかについては知見が少ない。また、従来欧米における四季成り性のイチゴ栽培では、子苗の発生促進、収穫期の調節、草勢維持、果実形質の向上を目的として摘花処理がしばしば試みられ、それに対する生理反応の解析が進められている（Chomaら，1982a；Choma・Himmelrick，1982b；Dennis・Bennett，1969；Forney・Breen，1985a；Pritts・Worden，1988；Schafferら，1985；1986a；1986b；Tafazoli・Shaybany，1978b）。しかし、これらは主にマット栽培の栽培管理法の改善を目的としたものと考えられ、わが国で新しく育成された品種については栽培期間中の摘花処理の影響についての知見が充分ではない（門馬ら，1984；藤野・高田，1987）。そこで本節では、寒冷地において8月に定植する作型について、定植後から翌年12月にかけて数品種の生態的反應を調査し、それらの特性を解明し、本作型として望ましい品種特性を明らかにするとともに、摘花処理が収穫パターンと品質に及ぼす影響についても調査し、寒冷地の夏秋期におけるイチゴ生産技術を確立するための資料を得ようとした。

材料および方法

1. 生育、収量特性および果実品質の品種間差異

四季成り性を有し、実用可能な果実品質を有すると考えられるイチゴ5品種‘Aptos’，‘Brighton’，‘Hecker’，‘サマーベリー’，‘エバーベリー’を供試した。これらのうち、‘Aptos’，‘Brighton’，‘Hecker’はカリフォルニア大学で育成された day-neutral type と称される品種であり、その四季成り性は *Fragaria virginiana glauca* に由来する（Bringhurst・Voth，1980）。‘サマーベリー’は奈良県農業試験場において育成された品種であり、その四季成り性は‘夏芳’に由来し（泰松・吉田，1988），‘夏芳’の四季成り性は‘紅滝’（オランダの四季成り性品種‘Kletter Erdbeere Hummi’）に由来するとされている（泰松・芳岡，1984）。また、‘エバーベリー’は野菜・茶業試験場盛岡支場において育成された品種であり、その四季成り性は‘大石四季成’に由来する（門馬ら，1991）。

これらの各品種の親株から発生したランナーを1989年6月に直接12 cmポットに鉢受けしてポット育苗した。育苗中は定期的に液肥をかん注し、出現した花房は摘除し、1株当たり2芽とした。

同年8月24日に、雨よけハウスに2条植え、うね幅 70 cm, 株間 20 cm として定植した。気温の低下に従い、べたがけおよびトンネル被覆を行なったが、暖房は行なわなかった。したがって12月下旬まで一旦収穫を打ち切り、無加温、べたがけ下で越冬させた。1990年5月の出蕾期から再度雨よけ条件とし、1990年12月10日まで栽培を続けた。1990年9月27日から12月10日までの間は電照を行ない明期16時間の長日条件とした。

各品種の旬別の収量を調査した。また、定植後70日目の生育について調査した。このとき各株を花房の状態により「既収穫株」、「未収穫花房出蕾株」および「未出蕾株」に区分した。「既収穫株」は定植時に花房摘除した後、約30日以内に次の花房が出蕾開花し、70日目までにその花房からの収穫があった株とし、「未収穫花房出蕾株」は定植後約30日から70日の間に新たな出蕾が認められた株とした。定植後70日目の時点で同一の株に既に収穫のあった花房と未収穫の花房が両方存在する場合があります、これは「既収穫株」、「未収穫花房出蕾株」の両方に算入した。

さらに1990年の5月から12月にわたる収穫期間中、定期的に収穫直後の完熟果を冷凍保存し、後日、糖度および酸度を測定した。糖酸度の測定法は宍戸ら(1991)に準じ、冷凍果実を4℃で解凍し、浸出液を日園連酸糖度分析装置(NH-1000, 堀場制作所)によって分析した。

2. 収量特性および果実品質に及ぼす花房摘除処理の影響

四季成り性品種‘エバーベリー’を供試した。1の実験と同様に1989年に採苗、育苗、定植、収穫を行なった株に対し、1990年に花房摘除処理を行なった。処理区として越冬後6月1日、7月1日、8月1日までそれぞれ花房摘除を行なう区および無処理区を設けた。花房摘除方法は、各株において花房が出蕾し、第1花が開花した時にその花房を基部から摘除するものとし、この処理を設定した期間中繰り返した。栽培期間中に4回(5月1日、6月1日、7月1日および8月1日)、無処理区と花房摘除を続けた区から各5株を採取し、器官の生長を調査した。また1の実験と同一の方法により各処理区の収量および糖酸度の時期的変動を調査した。

実験結果

1. 生育、収量特性および果実品質の品種間差異

1989年9月下旬から12月下旬までの各品種の旬別の収量を第5-4図に示した。供試した5品種ともに定植後29日目の9月22日から収穫が始まり、低温のため収穫を打ち切った12月31日まで連続的な果実収穫があった。この間の各品種の収量構成は第5-2表のとおりである。1株当たり収穫果数および収量ともにカリフォルニアで育成された3品種(‘Aptos’, ‘Brighton’, ‘Hecker’)が多く、‘サマーベリー’で少なく、‘エバーベリー’では

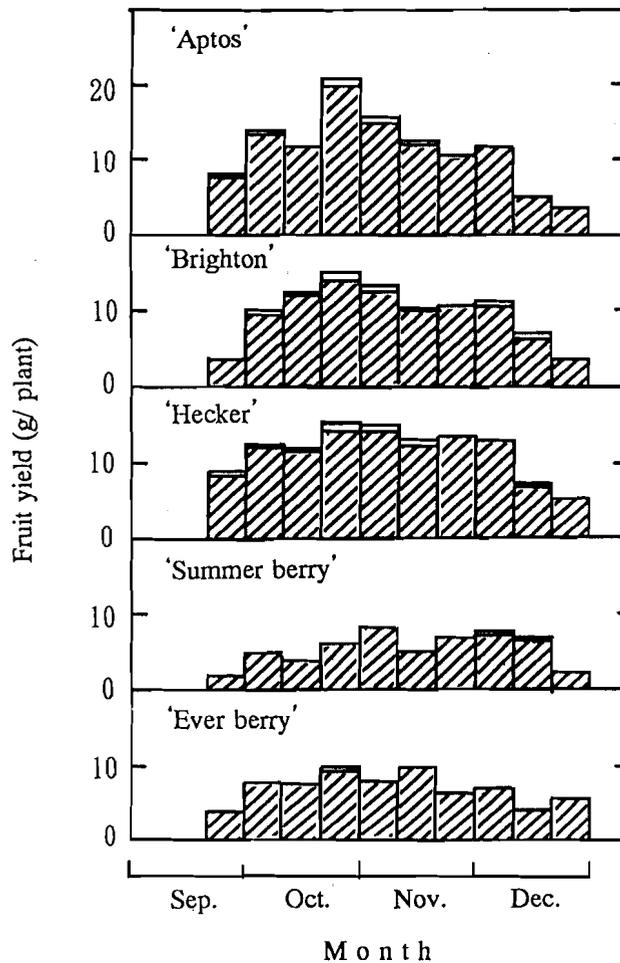


Fig. 5-4 Seasonal changes of fruit yield in five cultivars of everbearing-type strawberry during planting year (1989)

 Marktable
 Unmarketable

Table 5-2 Cumulative number and yield of fruit harvested during planting year* for five cultivars of everbearing-type strawberry (1989)

Cultivar	Cumulative fruit number/plant			Cumulative fruit yield/plant(g)		
	Market-able ^y	Unmarket-able	Total	Market-able	Unmarket-able	Total
Aptos	13.7	1.5	15.2	110.0	4.6	114.6
Brighton	10.7	2.0	12.7	92.8	7.0	99.8
Hecker	14.8	2.0	16.8	111.3	6.1	117.4
Summer berry	4.5	0.4	4.9	54.7	2.0	56.7
Ever berry	8.0	0.8	8.8	68.6	2.6	71.2

* Harvest period was from 22 May to 31 Dec. for all five cultivars.

^y Normal-shape ; 4 g and more.

中間的であった。第5-4図の結果から、旬別にみた場合でも各品種とも著しい収穫のピークはなく、定植年の9月から12月にわたって累積収量の多い品種ほど旬別収量は多い傾向があった。

また、定植年における旬別の可販果平均果重は、各品種とも同様な時期的変動を有することが明らかで、収穫始期には果重が比較的大きかったが、10月中下旬に一旦やや小さくなり、その後の気温低下に伴い12月にかけて収穫始期を上回る果重となった（第5-5図）。品種特性としてはカリフォルニアで育成された3品種と‘エバーベリー’の果重はほぼ同レベルであり、これらの中では‘Hecker’および‘Aptos’で比較的小さかった。これらに対し‘サマーベリー’は、この期間を通じて他品種より果重が大きい上に11、12月にかけての果重の変動幅が大きく、他品種との差が顕著であった。

次に、定植後70日目における各品種の生育特性についてみると（第5-3表）、カリフォルニアで育成された3品種では既収穫株率が90～95%と高く、さらにそのうちの多くが未収穫花房を出蕾していた。‘エバーベリー’では既収穫株率は上記の3品種に比較してやや少なく75%であったが、未収穫花房出蕾株率は90%であり、定植後70日の時点で未出蕾

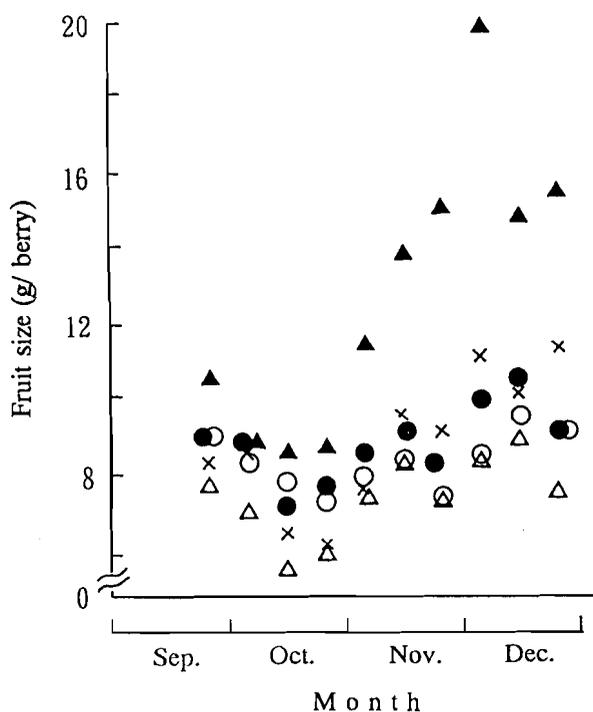


Fig. 5-5 Seasonal changes of mean fruit weight in ‘Aptos’ (○), ‘Brighton’ (●), ‘Hecker’ (△), ‘Summer berry’ (▲) and ‘Ever berry’ (×) strawberry during planting year (1989).

Data are the means of marketable fruits harvested during each ten days.

Table 5-3 Plant growth in five cultivars of everbearing-type strawberry 70 days after planting

Cultivar	Percentage of productive plant [*]	Percentage of promising plant [†]	Percentage of delayed plant [*]	Number of leaves/plant	Mean petiole length [‡] (mm)	Mean leaflet length [‡] (mm)	Mean peduncle length (mm)	
							Productive inflorescence	Promising inflorescence
Aptos	90.0	80.0	0.0	16.1	60.4	48.5	157.3	78.3
Brighton	92.5	87.5	0.0	18.4	60.0	50.2	182.8	160.5
Hecker	95.0	95.0	0.0	27.3	62.2	51.6	167.5	127.5
Summer berry	37.5	67.5	17.5	21.7	93.7	77.6	198.0	183.0
Ever berry	75.0	90.0	0.0	20.3	64.7	54.7	143.4	125.2

Inflorescences already emerged were removed before planting (8 Aug.).

Forty plants/cultivar were examined.

^{*} Plants produced at least one berry until 70 days after planting out of newly emerged inflorescences.

[†] Plants of which at least one flower bud newly emerged during the period from 30 to 70 days after planting. If a plant included both productive and promising inflorescence, it was counted both in productive and promising plants.

^{*} Plants of which none of new flower bud emerged until 70 days after planting.

[‡] Mean value of petioles of the youngest, fully-expanded leaf in each plant.

[‡] Mean value of central leaflets of the youngest, fully-expanded leaf in each plant.

株は認められなかった。これに対し‘サマーベリー’は既収穫株率，未収穫花房出蕾株率がそれぞれ37.5%，67.5%と他品種に比較して明らかに低く，定植後70日目の時点でも17.5%の株が未出蕾であった。一方，葉の生長についてみると，他の4品種に比較して‘サマーベリー’で葉柄長，小葉長が明らかに大きかった。

次に，定植2年目に相当する1990年の5月下旬から12月中旬までの各品種の旬別の収量と果実品質（第5-6図），および同期間の累積の収量とその構成（第5-4表）についてみると，供試した5品種ともに6月1日～12月10日まで連続して収穫でき，この期間の通算の可販果収量は1株当たり411～817 gの範囲にあった。これは10 a当たり収量に換算すると2.9～5.7 t/10 a（10 a当たり7000本栽植とする）になる。品種比較すると，‘サマーベリー’および‘Hecker’が多く，‘Brighton’および‘Aptos’で少なく，‘エバーベリー’がそれらの中間であった。また収穫果数および通算の可販果平均果重（第5-4表）からみて‘Hecker’は果数型，‘サマーベリー’および‘Brighton’は果重型の傾向であった。また，供試した全品種で6月10日頃，8月15日頃，10月20日頃の3回，収量のピークが認められ（第5-6図），総収量の多い‘Hecker’，‘サマーベリー’，‘エバーベリー’において明らかであり，特に‘サマーベリー’で顕著なピークと谷間を示した。‘Aptos’，‘Brighton’の場合は第1，第2の収量のピークの間の谷間が小さく，第3のピークはほとんど認められなかった。この2品種では8月以後草勢が衰えることが観察された。

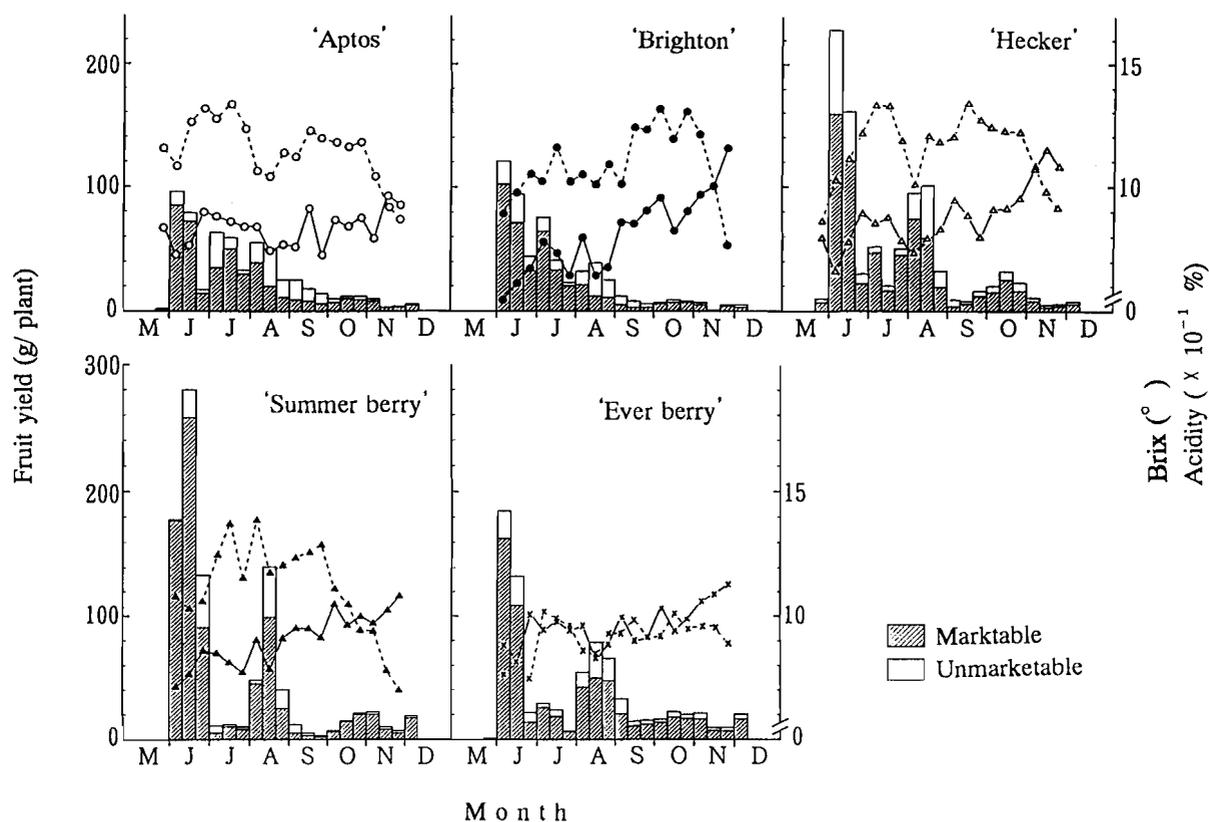


Fig. 5-6 Seasonal changes of fruit yield (columns), fruit Brix (—) and acidity (-----) in five five cultivars of everbearing-type strawberry during the second year (1990)

Table 5-4 Cumulative number and yield of fruit harvested five cultivars of everbearing-type strawberry during the second year* (1990)

Cultivar	Cumulative fruit number/plant			Cumulative fruit yield/plant(g)			Average fruit weight for marketable fruit (g)
	Market-able ^y	Unmarket-able	Total	Market-able	Unmarket-able	Total	
Aptos	51.0	47.8	98.8	415.5	170.5	586.0	8.1
Brighton	37.5	32.6	70.1	411.4	147.0	558.4	11.0
Hecker	89.0	69.9	158.9	665.0	250.9	915.9	7.5
Summer berry	71.4	30.6	102.0	816.5	164.4	980.9	11.4
Ever berry	75.2	39.6	114.8	613.1	167.2	780.3	8.2

* Harvest period was from 1 Jun. to 10 Dec. for all five cultivar.

^y Normal-shape ; 4 g and more.

第5-6図に各品種の糖度および酸度の季節的な変動を併せて示した。糖度は、9月までの高温期は低く（6～10°），10月以後上昇（8～12°）する傾向が共通していたが、品種による特徴が認められた。すなわち、‘Aptos’，‘エバーベリー’では季節的な変動が比較的少なく，‘Brighton’では高温期の糖度が特に低かった。酸度は、糖度とは逆に、高温期に高く（1.0～1.4%），低温期に低く（0.7～1.1%）なる季節変動を示した。品種的な特徴として‘エバーベリー’は季節変動が小さく高温期においても1.1%以上にならないことが認められた。また、全品種を通じて糖度、酸度ともに前述した収量ピーク時には、その前後の時期に比較して一時的に低下する現象がみられた。

次に、第5-7図に定植2年目の株における可販果平均果重の季節的な変動を示した。各品種とも6月の第1収量ピークの後の7月上旬頃に平均果重が最も大きくなり、8、9月にかけて急速に小さくなり、10月以後に再び大きくなる傾向が認められた。品種の特徴として、‘サマーベリー’では全期間を通じて他の4品種より果重が大きく、特に7月頃および11月頃には大果が収穫され、このため季節的な果重の変動幅も大きかった。また‘Brighton’の果実は‘サマーベリー’に次いで大きく、‘エバーベリー’がこれに次ぎ、‘Aptos’と‘Hecker’は比較的小さい傾向があった。

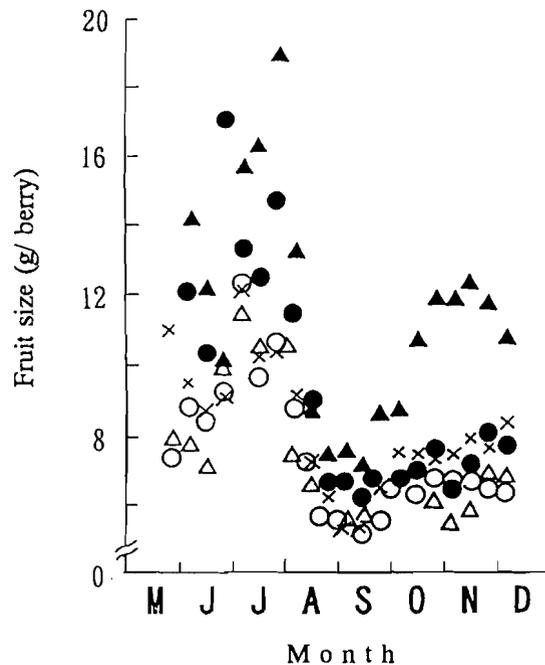


Fig. 5-7 Seasonal changes of mean fruit weight in ‘Aptos’ (○), ‘Brighton’ (●), ‘Hecker’ (△), ‘Summer berry’ (▲) and ‘Ever-berry’ (×) strawberry during the second year (1990)

Data are the means of marketable fruits harvested during each ten days.

2. 収量特性および果実品質に及ぼす花房摘除処理の影響

第5-8図に花房摘除が器官の乾物重に及ぼす影響について示した。花房摘除区では花房以外の各器官の乾物重が無処理区に比較して大きくなり、5月1日から8月1日までの間の花房を除く1株当たり増加量は無処理区のほぼ2倍となった。器官別にみると花房摘除区では特に葉の増大が顕著であった。しかし、クラウンおよび根は処理期間中の変化が比較的小さく、処理による差も小さかった。

第5-9図に花房摘除処理期間の違いが旬別収量および糖度、酸度の変化に及ぼす影響について示した。各区の収穫パターンは、無処理区(A)では、6月10日頃、8月15日頃、10月20日頃の3回、収量のピークが認められ、それらのピークの間には収量の落ち込む谷間がみられた。また、1回目の収量ピークは非常に大きい。一方、花房摘除処理では、6月1日まで花房摘除した区(B)は、6月末から収穫が始まり8月下旬にわたって1旬に1株当たり 80 g 前後の果実収量

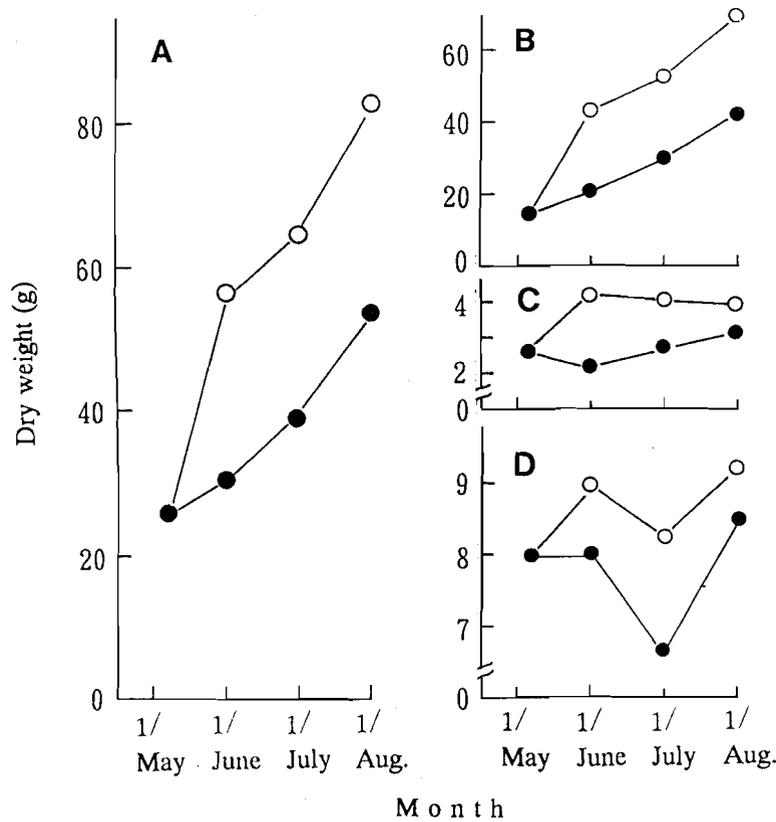


Fig. 5-8 Accumulation of dry matter in 'Ever berry' strawberry subjected to flower removal until 1 August(○) comparing to non-treated control(●)

A : Whole plant excluding inflorescence B : Leaves C : Crown D : Root

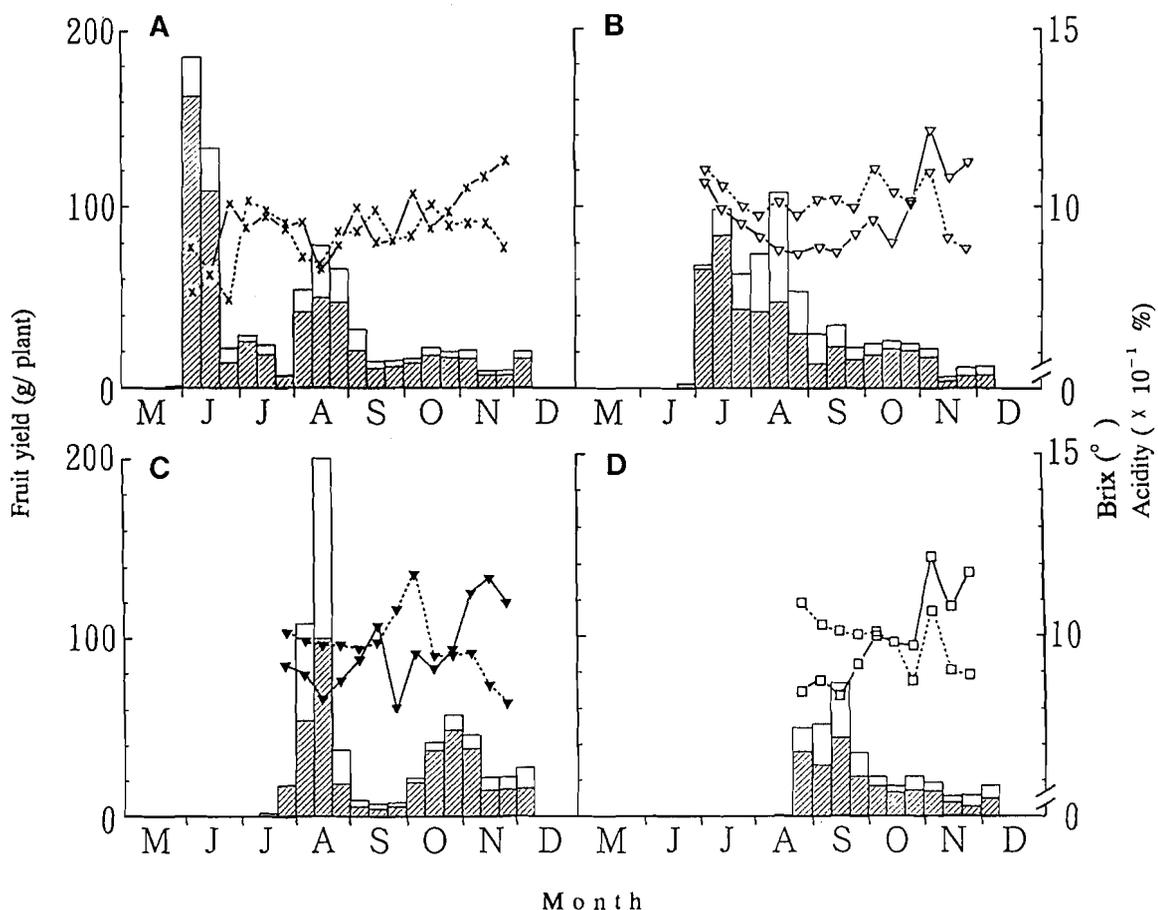


Fig. 5-9 The influence of period of flower removal treatment on seasonal changes of fruit yield (columns), fruit Brix (—) and acidity (-----) in 'Ever berry' strawberry during the second year

A : Non-treated control B : Flower removal until 1 June
 C : Flower removal until 1 July D : Flower removal until 1 August

▨ Marktable
 □ Unmarketable

があった。そのため7月と8月の収量差が小さくなり、また、その後の9月にも無処理区(A)に比較して収量は高い傾向があった。これに対し7月1日まで花房摘除した区(C)は7月下旬から収穫が始まり、無処理区とほぼ同時期の8月中旬頃および10月下旬頃に無処理区を上回る収量ピークがあり、その間の9月の収量は少なかった。また、8月1日まで花房摘除した区(D)は8月下旬から収穫が始まり、8月下旬から9月にかけての収量が処理区中最も多かった。各区における収量構成は第5-5表に示した通りで、花房摘除の期間が長いほど収穫果数、収量が少なかった。また、花房摘除処理を行なった3区では収穫果のうち約半数がぐず果(4 g以下の小果、奇形果、日焼け果など)であり無処理区に比較してその比率が高かった。

Table 5-5 Harvest period, cumulative fruit number and cumulative fruit yield in 'Ever berry' strawberry during the second year as a response to flower removal period (1990)

Period of flower Removal	Harvest period	Cumulative fruit number/plant			Cumulative fruit yield/plant(g)		
		Market-able ²	Unmarket-able	Total	Market-able	Unmarket-able	Total
Non-treated	May 28-Dec. 10	75.2	39.6	114.8	613.1	167.2	780.3
Until Jun. 1	Jun. 29-Dec. 10	51.7	50.3	102.0	460.9	218.0	678.9
Until Jul. 1	Jul. 16-Dec. 10	46.5	47.6	94.1	392.7	238.4	631.1
Until Aug. 1	Aug. 21-Dec. 10	27.5	27.9	55.4	209.4	119.9	329.3

² Normal-shape ; 4 g and more.

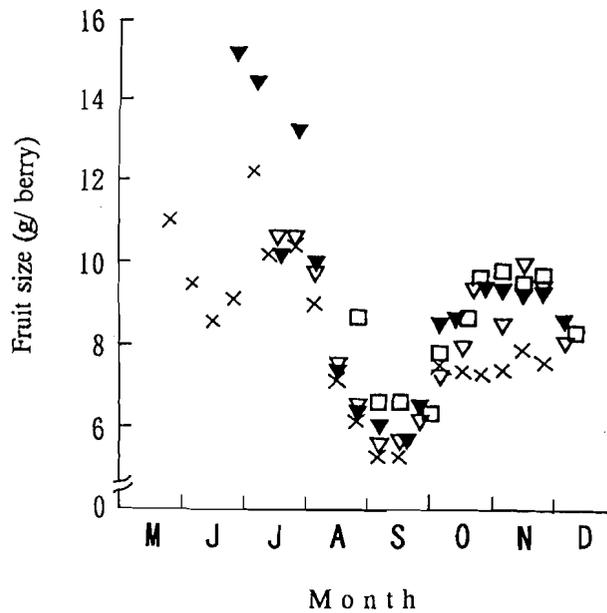


Fig. 5-10 The influence of period of flower removal treatment on seasonal changes of mean fruit size in 'Ever berry' strawberry during the second year (1990)

Data are the means of marketable fruits harvested during each ten days.

- × : Non-treated control
- ▼ : Flower removal until 1 Jun.
- ▽ : Flower removal until 1 Jul.
- : Flower removal until 1 Aug.

果実の糖度および酸度は各花房摘除区で無処理区とほぼ同じ季節的変動を示した（第5-9図）。

また、第5-10図に花房摘除処理が可販果平均果重の変化に及ぼす影響を示した。花房摘除処理を行なった各区では、処理終了後に出蓄した花房からの果実が収穫される時期に、無処理区に比較して平均果重が大きかった。また、10、11月においても花房摘除処理を行なった区で平均果重が大きい傾向が認められた。

考 察

開花習性の品種間差異：四季成り性品種の花芽分化条件についてはいくつかの報告があり、長日条件は少なくとも花芽分化を阻害しないことが明らかにされている（Dennisら，1970；Downs・Piringer，1955；Durnerら，1984）。しかし、高温は花芽分化を阻害する可能性があることを示唆する報告（Durnerら，1984；Oda・Yanagi，1990；施山ら，1989；泰松ら，1991）や、低温遭遇後一定期間花芽分化が抑制されるとする報告（施山・今田，1990；Smeets，1982）がある。

しかし本実験では、供試した5品種とも5～12月まで連続して収穫があり、実験地においては、低温遭遇後の春期から高温長日条件の夏期を通じ花芽分化しうることを示した。既往の報告では四季成り性品種を周年栽培した場合、収穫中断期が生じたり、8月以後の収量が極端に低下することが示されている。すなわち柳（1992）が‘Arapahoe’等の品種を供試した例および泰松・芳岡（1984）が‘夏芳’を供試した例である。本実験ではこれらの報告に比較して収穫の連続性が強く見られるが、その原因は実験地の気象条件の違いあるいは供試品種の特性に由来するものと推察される。

四季成り性品種の四季成り性あるいは連続開花性の品種間差異についてはしばしば指摘されている（門馬ら，1985；Nicoll・Galletta，1987；施山，1989；泰松ら，1991）。本章の第5-3表の結果からもわかるように、‘サマーベリー’ではカリフォルニアで育成された3品種ならびに‘エバーベリー’に比較して定植後70日目までに既収穫株率が低く、秋期の開花の様相に品種間差がみられた。これは定植時に花房摘除を行なってから次の花房が出蓄するまでの間隔が‘サマーベリー’で長いことを示している。定植後70日目までに収穫に至る花房の花芽分化期は7月下旬～8月中旬頃と推定される。‘サマーベリー’で既収穫株率が低い原因は、本論文の第2章の結果から、花芽分化の阻害によるものではなく、分化した花芽の発育停止であると考えられる。しかし、泰松ら（1991）は比較的高温の短日条件下で‘サマーベリー’は‘みよし’等の品種に比較して花芽誘導が抑制されやすいことを報告している。また、高野・常松（1992）も25℃、16時間日長条件下に21日間置いたとき、窒素施肥量が多ければ‘エバーベリー’，‘みよし’に比較して‘サマーベリー’で花芽未分化株率が高かったことを報告している。これらの報告では、いずれも検鏡結果

の再現性が十分でないと考えられるが、高温・長日条件下での‘サマーベリー’の花芽分化特性についてはより詳細な検討が必要であろう。

Nicoll・Galletta (1987) は四季成り性品種を3つのタイプ(強い day-neutral 型, 中間的な day-neutral 型および弱い day-neutral 型)に区分することを提唱し, その栄養生長/生殖生長のバランスについてモデル化を試みているが, ‘サマーベリー’は Nicoll・Galletta のモデルの中の中間的な day-neutral 型の特性を示すものと解釈される。一方, ‘Aptos’, ‘Brighton’, ‘Hecker’は側枝茎頂が花芽分化するまでの分化葉数が少ない, 強い day-neutral 型に属するとみなすことができる。しかし, Nicoll・Galletta の説にも第2章の考察において触れたように疑問点が見受けられ, また, 分枝特性も株当たり花房数に影響するため, 結論づけるためにはより詳細なデータが必要であろう。

また, 第5-6図に示した1990年の旬別収量の変化から, 供試した全品種で6月10日頃, 8月15日頃, 10月20日頃の3回の収量ピークが認められた。前年秋に定植した場合翌年にこのような収量ピークが生じることは泰松・吉田(1988)によっても報告されている。それぞれのピーク期に収穫される花房の花芽分化期を推定すると次のようになる。すなわち6月10日頃の収穫果の花芽分化は, 前年秋から4月にかけての長い期間に行なわれたと考えられ, 8月15日頃の収穫果の花芽分化期はピーク始期の約50日前の6月中旬, また, 10月20日頃の収穫果の花芽分化期はピーク始期の約60日前の7月中旬と推定される。このことから第一に全供試品種が春季および高温長日にも花芽分化することが確認された。春季および高温長日に花芽分化がみられることは, ‘サマーベリー’では泰松・吉田(1988), また本実験とは異なる品種では Robertson(1955), 柳(1992)によっても確認されている。泰松・吉田(1988)の結果と比較して本実験では3回の収量ピークの時期がそれぞれ20~30日遅くなっているが, これは実験地の気象条件の差によるものであろう。

他方, 収量の谷間に相当する時期の花房の花芽分化期は5月中旬頃および6月末頃と推定される。したがって, 5月中旬から7月中旬にかけて環境条件は連続的に変化するにもかかわらず, イチゴ株で花芽分化しやすい時期と花芽分化しにくい時期, あるいは分化した花芽が花房として生長しやすい時期と生長しにくい時期が交互に出現したとみなすことができる。その理由の一つとしては, 株の着果状態と側枝(branch crown)の発達状態が関連していると考えられる。すなわち5月中旬には越冬芽の複数の花芽が旺盛に生長し, そのシンク力は非常に高い(Forney・Breen, 1985a; 熊倉・宍戸, 1994b; 西沢・堀, 1988)。そのために側枝(葉腋の生長点, 仮に1次側枝とする)の生長は抑制されて, 栄養生長を続けている茎頂分裂組織すなわち分けつ芽の数が少ない状態となり, 株当たりの花芽分化数が一定期間少なくなると考えられる。また, 分化した花芽も発育停止しやすくなると考えられる。その後, 越冬芽の花房が収穫期に達してそのシンク力が低下する6月中旬には, 1次側枝が発達してその茎頂で花芽分化が行なわれ, これが2回目のピークの収穫果になるとみなされる。その後さらに高次の側枝(仮に2次側枝とする)が発達する間, 花芽分化の少ない時期を経て2次側枝茎頂の花芽分化は7月中旬頃となるのであろう。また, 別の観

点からは5月中旬頃に花芽分化が少ない原因として、施山・今田（1990）が示唆したように低温遭遇前歴が関与している可能性も考えられる。このような着果サイクルの要因について今後の詳細な検討が必要と思われる。

一方、このような収量のピークと谷間は‘サマーベリー’，‘エバーベリー’では明らかに認められたが‘Aptos’，‘Brighton’では顕著ではなく、品種間差があった。‘Aptos’，‘Brighton’では1回目，2回目の収量のピークの間谷間が小さく，7月にも比較的多く収穫があり，3回目のピークはほとんど認められなかった。また，この2品種では8月以降草勢が衰えることが観察された。このことから，これら2品種では1次側枝で越冬後まもなく新たな花芽分化が起こり，これらの花芽が発育停止しなかったものと考えられる。このようないわゆる連続出蕾性の高さは第5-3表によっても確認したところである。連続出蕾性が高い場合，側枝の葉数が少なくなるので，株当たりの葉面積が小さくなると考えられ（第5-3表，Nicoll・Galletta，1987），逆に着果量は大きいために株の消耗を招き，8月以後の草勢低下，収量の減少につながるものと考えられる。

以上のような結果から四季成り性を有する品種にはその連続出蕾性に品種間差が存在し，その草勢，収量パターンに影響を及ぼすことが示唆された。これらの品種を用いて夏秋期のイチゴ生産を図る場合には，品種の開花習性に充分留意する必要があると思われる。低温遭遇後の株を用いて春から収穫を開始する場合，‘サマーベリー’のような品種では，一季成り性品種の収穫期と重なる1回目の収量のピークが大きく，ピーク後の7月の収量が少ないため四季成り性品種の有利性が低くなる。この点を改善するために摘花処理は有効と考えられるが，摘花の程度や，摘花後の速やかな出蕾を確保するための方法について検討する必要がある。また，‘Aptos’，‘Brighton’のような連続出蕾性の高い品種では草勢を維持するための栽培管理が必要と考えられた。本作型として望ましい開花習性は，長期間栽培を続けても葉面積が確保できる範囲で，高い連続出蕾性を有することであると判断できた。

果実形質の季節的変化と品種間差異：現在のところ，夏秋期に生産されるイチゴの果実形質の改良すべき点として果実の大きさ，食味，硬さ（輸送性）が挙げられている。本実験では前2者について季節的変化および品種間差異を調査した。

まず，果実の大きさについては季節的な変動が大きく，品種間差異も存在することが明らかになった（第5-7図）。季節的な変動の原因として第一に果実発育期の気温，第二に果実間の競合や花房内果実順位の影響が考えられる。第5-7図から，果実が最も小さくなるのは8月中旬から9月中旬にかけての時期であるが，本実験でのこれらの果実の発育期（7月下旬から8月下旬）の平均気温は23～24℃であり，年間を通じ最も高い時期に相当した。制御環境下で温度が果実肥大に及ぼす影響を調査した第3章の実験からも，商品価値のある果実は平均気温20℃以上では非常に少なくなることが示されており，圃場環境下での本実験の結果と一致することから，平均気温が20℃を越える時期のイチゴ生産は既存の品種を用いては非常に困難であることが確認された。

他方、第1回目の収量ピーク後の収量の谷間の時期（7月）の平均果重が比較的大きいことが注目された。これは果実発育期の気温が比較的好適であることに加えて株当たりの着果数が少なく、果実間の競合が少ないことが原因と考えられた。したがって夏秋期に商品価値の高い果実を生産するためには、果実間の競合を小さくするための栽培管理を行なうことが有望であり、具体的な方法としては分枝数や着果数の人為的な制御が考えられた。また、品種育成にあたっては花房当たり着果数を少なくするよう留意する必要があると思われた。

また、1989年（定植年）に比較して1990年の10～12月の果重は小さい傾向が認められたが、この原因として両年の株の分枝数の違いも考慮する必要があるが、主な要因は株の消耗に因るためと考えられた。このことから春から夏の着果量を人為的に制御することは良質果実を周年生産するために有効と考えられた。

また、果実の大きさについては明らかな品種間差が存在した。すなわち実験期間を通じて‘サマーベリー’の平均果重が最も大きく、‘Brighton’がこれに次ぎ、他の3品種の差は少なかった。収穫果数を考慮すると‘サマーベリー’と‘Brighton’は果重型、‘Hecker’は果数型というべき特性を示した。これらの特性は各品種の分枝性、連続出蕾性などに関連するものと思われる。

次に果実の糖度についても、各品種とも9月までは低く、10月以後上昇傾向となる季節的变化がみられた。主たる要因は、第3章の結果と同じく、果実成熟期の気温であると考えられるが、9月までと10月以後の旬別収量の差が大きいうえに、収量ピーク時にはその前後に比較して一時的に糖度が低下する現象が認められることから、光合成産物に対する果実間競合も季節的变化の要因の一つとなっていることが考えられた。また品種によって季節的变化の傾向に相違があったが、この原因については不明である。

また、果実酸度についても季節的变化および品種間の差異が認められた。しかし、従来の報告でも品種、作型により果実酸度が異なることは認められているが、酸度の決定要因については詳しい報告がなく、本実験においても要因は明らかでなかった。しかし‘エバーベリー’の6～10月期の酸度の少なさは特徴的であり、果実の用途によって酸度の低下が求められる場合には有力な品種あるいは育種素材となるものと考えられた。

花房摘除処理が器官の生長に及ぼす影響：四季成り性品種は、自然温度条件下で栽培した場合、6月初旬から12月中旬まで連続して収穫が可能であることを1の実験において示したが、現在のところ四季成り性品種の果実品質は一季成り性品種に比較して若干劣る場合が多い。そこで、一季成り性品種を用いた寒冷地遅出し栽培と競合する時期に収穫を行わず、7月以降の良質果実生産を期待する目的で2の実験において越冬後の花房摘除処理を行なった。

従来の報告では、摘花を行なった四季成り性品種で、葉の生長が増大し、葉面積および葉の乾物重が増加すること（Chomaら、1982a；Forney・Breen、1985a；Schafferら、1985；1986a；1986b）、シンクである果実が除去されることにより新たに発達する葉が光合成産

物の優勢なシンクとなること (Schafferら, 1985), 摘花によって個葉の光合成速度は一
定期間低下する場合があるが, その後葉面積が増加するために株当たりの光合成速度はま
もなく無摘花株を上回ること (Chomaら, 1982a; Schafferら, 1986a; 1986b) が明らかに
されている。本実験でも, 花房摘除処理により, 花房以外の器官の乾物重がそれぞれ無処
理区に比較して大きくなり, 特に葉の乾物重増大が顕著であった (第5-8図)。これは既
往の結果と一致しており, したがって, 着果負担をなくすることにより, その後の光合成
量が増大し株の生産力を高めることが期待された。

収穫パターンに及ぼす花房摘除処理の影響: 花房摘除処理を行わない 'エバーベリー'
株からは, 定植2年目には6月上旬から12月上旬にかけて連続的な果実収穫を得たが, 収穫
のピークと谷間が交互に出現した。これに対し越冬後から花房摘除処理を行なった場合に
は, その花房摘除期間の違いにより収穫開始期が異なるとともに, 旬別にみた収量パター
ンが変化した (第5-9図)。越冬後から6月1日まで花房摘除を行なった場合には, 東北地
域での露地・半促成栽培の収穫が終了する7月上旬から収穫が開始され, 7月の収量が無処
理区に比較して明らかに多くなった。門馬ら (1984) の報告においても, '大石四季成'
および 'BB-20' の越冬株に対し5月に発現した花房を摘除する処理を行うと, 7月の収量
が無処理区に比較して増加することが示されている。このことから, 6月1日前後まで花房
摘除を行うことは収量ピークの調節に有効であり, イチゴの周年供給化に貢献するものと
みなされた。一方, 最終花房摘除日を7月1日とした場合には8月の収量ピークを助長し, 9
月の収量を減少させた。この場合8月の収穫果の可販果率が低いため経営上の有利性は小
さいと考えられた。

果実形質に及ぼす花房摘除処理の影響: 花房摘除処理を行なった各区において, 可販果平
均果重は無処理区より大きくなる傾向があり, これは各区の収穫始期と10, 11月に顕著で
あった (第5-10図)。この原因としては, 着果負担のない期間中に, 株当たりの葉面積・
側枝数が無処理区に比較して増大するためと考えられた。特に6月1日まで花房摘除を行な
った区の7月の果実は商品性が高かった。

果実糖度および酸度についてみると, 各花房摘除区で無処理区とほぼ同じ季節的変動を
示した (第5-9図)。このことから, 果実糖度および酸度には果実発育時の温度条件の影
響が大きく (第3章), 花房摘除処理に由来する差は比較的小さいと考えられた。

摘 要

近年新たに導入・育成された四季成り性を有する5品種を供試し, 寒冷地で8月に定植し
て当年秋期と翌年6~12月の収穫を目的とする雨よけ栽培を行い, 生態的特性を調査した。
1. 供試5品種とも実験地 (盛岡) の気象条件で6月上旬から12月中旬まで連続的に収穫が
あり, この期間の通算の可販果収量は 2.9~5.7 t / 10aと見込まれ, また, 収穫量が多い

時期と少ない時期が交互に出現する収穫パターンが認められた。

2. 供試品種の連続開花性には品種間差異があり，‘Aptos’，‘Brighton’，‘Hecker’ および ‘エバーベリー’ は連続開花性が高く，‘サマーベリー’ は比較的低かった。連続開花性の違いは収穫パターンや草勢に影響を及ぼすと考えられた。

3. 果実の大きさおよび品質の季節的変動は大きく，高温期には小果傾向となり可販果率が低下した。また，果実の大きさには品種間差異がみられ，‘サマーベリー’ が最も大果であった。果実の糖度は高温期に低く，酸度は逆に高かった。

4. ‘エバーベリー’ に対し越冬後一定期間花房を摘除する処理を行ったところ，通算の収量は減少するが，夏秋期の収量および果実形質が向上する傾向が認められた。特に6月1日まで花房摘除処理を行った場合，7月の収量および果実形質が大きく向上し，有利な栽培技術と考えられた。

謝 辞

本論文を取りまとめるにあたり、懇切なご指導を賜りました神戸大学自然科学研究科 前川 進教授に謹んで感謝の意を表します。また、御校閲を賜りました神戸大学自然科学研究科 吉田雅夫教授，同 藤井 聰教授，並びに 同 安田武司教授に深く感謝いたします。

また、農林水産省野菜茶業試験場盛岡支場栽培生理研究室長 穴戸良洋博士には本研究の遂行と取りまとめに当たり終始懇切なご指導と絶大なご協力を賜りました。謹んで感謝の意を表します。さらに同支場の職員の皆様には実験の遂行に多大なご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Bringhurst, R. S. and V. Voth. 1980. Six new strawberry varieties released. *Cal. Agr.* 34 : 12-15.
- Chia, T. and C. Hew. 1987. Effects of floral excision on reversion from reproductive to vegetative development in strawberry. *HortScience* 22 : 672-673.
- Choma, M. E., J. L. Garner, R. P. Marini and J. A. Barden. 1982a. Effects of fruiting on net photosynthesis and dark respiration of 'Hecker' strawberries. *HortScience* 17 : 212-213.
- Choma, M. E. and D. G. Himelrick. 1982b. Growth and flowering of day-neutral and everbearing strawberry as affected by ethephon. *HortScience* 17 : 773-774.
- Dennis, F. G. Jr. and H. O. Bennett. 1969. Effects of gibberellic acid and deflowering upon runner and inflorescence development in an everbearing strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94 : 534-537.
- Dennis, F. G. Jr., J. Lipecki and C. L. Kiang. 1970. Effects of photoperiod and other factors upon flowering and runner development of three strawberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95 : 750-754.
- Downs, R. J. and A. A. Piringier. 1955. Differences in photoperiodic responses of everbearing and June-bearing strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 66 : 234-236.
- 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.
- 江口庸雄・大塚耕二. 1930. 桃, 梨及苺の花芽分化期及其成生経過に就て(第2報). *農学会報.* 323 : 63-87.
- 江口庸雄. 1934. 苺の花芽分化前及分化後に於ける日照時間の長短に就て. *園学雑.* 5 : 42-62.
- 江間三郎・中神喜郎・西岡幹弘・宮川壽之. 1985. 山間地におけるイチゴ栽培技術の改善.(第1報) 短日処理育苗の適応性. *愛知農総試研報.* 17 : 173-178.
- Forney, C. F. and P. J. Breen. 1985a. Dry matter partitioning and assimilation in fruiting and deblossomed strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110 : 181-185.
- Forney, C. F. and P. J. Breen. 1985b. Growth of strawberry fruit and sugar uptake of fruit discs at different inflorescence positions. *Scientia Hort.* 27 : 55-62.
- 藤本幸平・木村雅行. 1969. イチゴの花成に関する研究.(第2報) 低温処理前のN・断根・摘葉・植物調節物質および苗齡の影響について. *園学要旨.* 昭44秋 : 162-163.
- 藤本幸平・木村雅行. 1970. イチゴの花成に関する研究.(第3報) 花芽分化・発達に及ぼす窒素の影響について. *園学要旨.* 昭45春 : 174-175.

- 藤野雅文・高田勝也. 1987. 四季成りイチゴの収量に及ぼす定植期と花房摘除の影響. 東北農業研究 40 : 301-302.
- 伏原 肇・高尾宗明. 1987. イチゴの夏期低温処理栽培に関する研究. 苗の栄養条件が低温処理効果に及ぼす影響. 園学要旨. 昭62秋 : 430-431.
- 伏原 肇・高尾宗明. 1988a. イチゴの夏期低温処理栽培に関する研究. (第2報) 低温処理時期が収量, 品質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭63春 : 356-357.
- 伏原 肇・高尾宗明. 1988b. イチゴの夏期低温処理栽培に関する研究. (第3報) 早期収量と苗の大きさ・低温処理法. 園学要旨. 昭63秋 : 420-421.
- 伏原 肇・高尾宗明・竹富雅人. 1989. イチゴの夏期低温処理栽培に関する研究. (第4報) 成熟日数と品質. 園学雑. 58 (別1) : 629.
- Guttridge, C. G. 1959a. Evidence for flower inhibitor and vegetative growth promoter in the strawberry. *Ann. Bot.* 23 : 351-360.
- Guttridge, C. G. 1959b. Further evidence for a growth-promoting and flower-inhibiting hormone in strawberry. *Ann. Bot.* 23 : 612-621.
- 羽生寿郎・内島立郎. 1962. 作物の生育と気象との関連に関する研究. (第1報) 水稻の出穂期と気温との関係. 農業気象 18 : 109-117.
- Hartman, H. T. 1947. The influence of temperature on the photoperiodic response of several strawberry varieties grown under controlled environment conditions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 50 : 243-245.
- 本多藤雄. 1977. 生理・生態からみたイチゴの栽培技術. p. 140-143. 誠文堂新光社. 東京.
- Hori, H. and Y. Shishido. 1977. Studies on translocation and distribution of photosynthetic assimilates in tomato plants. I. Effects of feeding time and night temperature on the translocation and distribution. *Tohoku J. Agr. Res.* 28 : 26-40.
- 稲葉昭次・中村怜之輔. 1978. 作型別ならびに追熟中のイチゴ果実の成熟様相. 岡山大農学報. 52 : 25-36.
- 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 Jour. Agr. Res.* 13 : 191-203.
- Janick, J. and D. A. Eggert. 1968. Factors affecting fruit size in the strawberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93 : 311-316.
- John, O. L. and M. N. Dana. 1966. Fruiting and growth of the strawberry plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 88 : 352-359.
- 加賀屋博行・上村隆策・渡辺剛. 1991. イチゴの花芽分化促進による秋田県における夏秋どり技術. (第1報) 夜冷短日処理の開始時期. 東北農業研究 44 : 271-272.
- 川上敬志. 1988. 東日本における花成制御技術の現状と問題点. 昭和63年度課題別検討会議資料. p. 41-52. 野菜・茶業試験場.

- 川島信彦. 1991. 施設内におけるCO₂施用に関する研究. (第3報) イチゴの生育に対する効果. 奈良農試研報. 22: 65-72.
- 今野 寛. 1984a. 寒地におけるイチゴの夏秋・春二期どり栽培技術. 昭和58年度実用化技術レポート. p. 1-21. 農林水産技術会議事務局.
- 今野 寛. 1984b. 短日育苗によるイチゴの夏秋どり. 北農. 46: 2-5.
- 高野 浩・常松定信. 1992. 四季成り性イチゴの作型に関する研究. 第3報. 長日条件下における花成反応. 園学雑. 61(別1): 358-359.
- 熊倉裕史・穴戸良洋・内海敏子. 1991. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第4報) 暗黒低温処理効果に及ぼす葉齢, 処理時期及び処理温度の影響. 園学要旨. 平3東北支部: 39-40.
- 熊倉裕史・穴戸良洋・佐藤孝夫. 1992a. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第5報) 育苗期の遮光・短日処理が花芽分化に及ぼす影響. 東北農業研究 45: 229-230.
- 熊倉裕史・穴戸良洋・内海敏子. 1992b. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第6報) 温度条件が果実発育及び光合成産物の転流分配に及ぼす影響. 園学要旨. 平4東北支部: 71-72.
- 熊倉裕史・穴戸良洋・内海敏子. 1992c. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第7報) 昼夜温較差が果実発育及び光合成産物の転流分配に及ぼす影響. 園学雑. 61(別2): 436-437.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1993. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第2報) 花芽分化に及ぼす温度及び光環境の影響. 野菜茶試研報. A6: 13-27.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1994a. イチゴの果実肥大に及ぼす温度の影響. 園学雑. 62: 827-832.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1994b. イチゴの果実発育期における光合成産物の転流・分配に及ぼす温度及び葉位の影響. 園学雑. 62: 833-838.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1994c. 四季成り性イチゴの寒冷地夏秋どり栽培における収量・果実形質の品種間差及び花房摘除処理の影響. 野菜茶試研報. A9: 27-39.
- 熊倉裕史・穴戸良洋. 1995. 園学雑. 64: 85-94.
- Lenz, F. and G. Bünemann. 1967. Beziehungen zwischen dem vegetativen und reproduktiven Wachstum in Erdbeeren (Var. Senga Sengana). Gartenbauwiss. 32: 227-236.
- 松尾良満・井本一仁・井上萬次. 1987. 促成イチゴの収穫前進に関する研究. (第4報) 低温処理による作型の設定と苗の生育. 園学要旨. 昭62秋: 432-433.
- 松尾良満・井上萬次. 1988. 促成イチゴの収穫前進に関する研究. (第5報) 低温処理促成における基肥窒素施肥法の影響. 園学要旨. 昭63春: 358-359.
- 松尾良満. 1988. 西日本における花成制御技術の現状と問題点. 昭和63年度課題別検討会議資料. p. 31-40. 野菜・茶業試験場.

- 松山松夫・奥田俊夫・笈田豊彦・山口 務. 1989. 人工光下の花成制御による2期どりに関する研究. 福井農試報. 26 : 13-25.
- 峰岸正好・泰松恒男・木村雅行. 1982. イチゴ宝交早生の促成栽培における根の生育と果実生産について. 奈良農試研報. 13 : 21-30.
- 門馬信二・高田勝也・興津伸二. 1984. 四季成り性イチゴ品種の収量性. (第3報) 摘花が四季成り性品種の収量に及ぼす影響. 園学要旨. 昭59東北支部 : 29-30.
- 門馬信二・興津伸二・高田勝也. 1985. 四季成りイチゴとその品種特性. 農業及び園芸 60 : 443-449.
- 門馬信二・五十嵐勇・藤野雅丈・興津伸二・高田勝也. 1991. イチゴ新品種 'エバーベリー' の育成. 園学雑. 60 (別1) : 362-363.
- 森下昌三・本多藤雄. 1985. 促成イチゴの成熟に関する研究. 野菜試報. C8 : 59-69.
- 森下昌三・山川 理. 1989. イチゴの夜冷短日処理による花成誘導期間の品種間差異. 園学雑. 58 (別1) : 338-339.
- 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.
- 二宮敬治. 1969. イチゴの品質と栽培管理. 農及園. 44 : 1103-1109.
- 西村仁一・吉岡 宏・中川 泉・河田 貢. 1990a. イチゴの収量・品質に及ぼす光の強さ・夜温・土壌の影響. 園学雑. 59 (別1) : 450-451.
- 西村仁一・吉岡 宏・河田 貢・中川 泉. 1990b. イチゴ果実の糖及び有機酸含量に及ぼす夜温・光の強さ・土壌の影響. 園学雑. 59 (別2) : 508-509.
- 西沢 隆・堀 裕. 1988. イチゴにおける¹⁴C光合成産物の転流・分配に及ぼす花房の発育段階の影響. 園学雑. 57 : 433-439.
- Nitsch, J. P. 1950. Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. Amer. J. Bot. 37 : 211-215.
- Oda, Y. and T. Yanagi. 1990. Studies on propagation by using runner apex tissue culture in everbearing strawberry. Abstr. Inter. Hort. Congress Oral : 143 (No.1304).
- Olsen, J. L., L. W. Martin, P. J. Pelofske, P. J. Breen and C. F. Forney. 1985. Functional growth analysis of field grown strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 : 89-93.
- Pritts, M. P. and K. A. Worden. 1988. Effects of duration of flower and runner removal on productivity of three photoperiodic types of strawberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 : 185-189.
- Robertson, M. 1955. Studies in the development of the strawberry. III. Flower bud initiation and development in large fruited perpetual ("Remontant") strawberries. J. Hort. Sci. 30 : 62-68.
- 斎藤 隆. 1982a. 蔬菜園芸学 果菜編. p.145-166. 農文協. 東京.
- 斎藤 隆. 1982b. 蔬菜園芸学 果菜編. p.186-195. 農文協. 東京.
- 斎藤 隆・伊東秀夫. 1963. イチゴの花芽形成に関する研究. (第2報) 花芽分化・発育における第1花房と第2花房との関係. 園学要旨. 昭38春 : 22-23.

- 斎藤 隆・伊東秀夫. 1970. イチゴ果実の発育に関する研究. (第1報) 果実の発育過程ならびに花の発育と果実の発育との関係. 園学要旨. 昭45春 : 176-177.
- Schaffer, B., J. A. Barden and J. M. Williams. 1985. Partitioning of [¹⁴C]-photosynthate in fruiting and deblossomed day-neutral strawberry plants. HortScience 20 : 911-913.
- Schaffer, B., J. A. Barden and J. M. Williams. 1986a. Net photosynthesis, dark respiration, stomatal conductance, specific leaf weight, and chlorophyll content of strawberry plants as influenced by fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 82-86.
- Schaffer, B., J. A. Barden and J. M. Williams. 1986b. Whole plant photosynthesis and dry matter partitioning in fruiting and deblossomed day-neutral strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 430-433.
- 施山紀男. 1989. 花成を中心とした品種生態. 園芸学会平成元年度シンポジウム講演要旨 : 66-76.
- 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. 四季成型とday-neutral型の成長・開花に対する日長・気温の影響の差異. 園学雑. 58 (別1) : 342-343.
- 施山紀男・今田成雄. 1990. イチゴ品種の生態特に関する研究. (第5報) 低温遭遇前歴が四季成性品種の生育と開花に及ぼす影響. 園学雑. 59 (別2) : 478-479.
- Sherman, W. B. and J. Janick. 1966. Greenhouse evaluation of fruit size and maturity in strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 303-308.
- 清水達夫・高橋和彦. 1977. 四季成イチゴの花成に及ぼす環境条件の影響. 第1報. 日長と温度の影響. 園学要旨. 昭52秋 : 160-161.
- 宍戸良洋・施山紀男・堀 裕. 1988. トマトにおける光合成産物の分配パターンと維管束配列の相互関係に関する研究. 園学雑. 57 : 418-425.
- 宍戸良洋・熊倉裕史・新井和夫. 1990. イチゴの花芽分化及び果実肥大に関する研究. (第1報) 花芽分化及び果実肥大に及ぼす暗黒低温処理及び夜冷短日処理の影響. 野菜茶試報. C1 : 45-61.
- 宍戸良洋・伊 千鍾・湯橋 勤・施山紀男・今田成雄. 1991. トマトにおける葉の光合成, 転流・分配の経時的変化と果実肥大に対する葉位別寄与度. 園学雑. 59 : 771-779.
- 宍戸良洋・熊倉裕史・佐藤 俊・内海敏子. 1991. イチゴの糖・酸度の簡易測定法. 東北農業研究 44 : 277-278.
- Smeets, L. 1980. Effect of temperature and daylength on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. Scientia Hort. 12 : 19-26.
- Smeets, L. 1982. Effect of chilling on runner formation and flower initiation in the everbearing strawberry. Scientia Hort. 17 : 43-48.
- Tafazoli, E. and B. Shaybany. 1978a. Effects of short-day treatments on second crop summer-fruiting. Expl. Agric. 14 : 217-221.

- Tafazoli, E. and B. Shaybany. 1978b. Influence of nitrogen, deblossoming, and growth regulator treatment on growth, flowering, and runner production of the 'Gem' everbearing strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 372-374.
- 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.
- 泰松恒男・吉田直司. 1988. イチゴ新品種「サマーベリー」の育成経過と特性. 園学要旨. 昭63秋 : 408-409.
- 泰松恒男・吉田直司・西本登志. 1991. イチゴの四季成り性品種の花芽分化と開花の習性について. 奈良農試研報. 22 : 35-42.
- 泰松恒夫. 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. 奈良農試特別報告 : 1-206.
- 田辺賢二・佐藤一郎・田中重勝. 1972. イチゴ果実の発育生理に関する研究. 果実の発育に伴う呼吸量ならびに有機成分の変化. 園学要旨. 昭47秋 : 190-191.
- Tanaka, A. and K. Fujita. 1974. Nutrio-physiological studies on the tomato plant. IV. Source-sink relationship and structure of the source-sink unit. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 305-315.
- 田中 明・藤田耕之輔. 1975. 菜豆の栄養生理学的研究. (第1報) 光合成産物の転流よりみた Source-sink 関係. 土肥誌. 46 : 157-166.
- Thompson, P. A. 1961. Evidence for a factor which prevents the development of parthenocarpic fruits in the strawberry. J. Exp. Bot. 12 : 199-206.
- 上野善和. 1962. イチゴの花成と栄養生長に関する研究. (第3報) 補助光の強さと花芽分化. 園学雑. 31 : 223-226.
- 上野善和. 1965. イチゴの花成と栄養生長に関する研究. (第4報) 苗齢及び葉数の相違が花芽分化に及ぼす影響. 園学雑. 34 : 212-222.
- Went, F. W. 1957. The experimental control of plant growth. p.129-138. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass., U.S.A..
- 山川 理. 1989. 最近のイチゴ品種に関する諸問題. 農業及び園芸. 64 : 691-696.
- 柳 智博. 1992. 栽培イチゴ (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) の四季成り現象に関する研究, とくに温度及び日長の影響について. 大阪府立大学紀要 農学・生物学. 43 : 115-144.
- 横溝 剛・小林正義. 1953. 促成苺栽培の研究. (第1報) 準高冷地育苗に依る花芽分化期促進に就いて. 神奈川農試園芸分場研報. 1 : 21-28.
- 東北農業試験研究推進会議. 1992. 寒地・寒冷地におけるイチゴの収穫期調節と高品質安定生産技術の確立. 東北地域重要新技術研究成果 No. 15.
- 野菜・茶業試験場. 1993. 平成5年度課題別研究会資料. 寒・高冷地におけるイチゴの生産上の問題点と今後の方向.