

## イチゴ‘愛ベリー’の花器発育に対する日長と窒素栄養の影響

吉田裕一・鈴木 恵・時実充洋・藤目幸擴・中條利明

## Effects of Day Length and Nitrogen Nutrition on the Flower Development in ‘Ai-Berry’ Strawberry

Yuichi YOSHIDA, Megumi SUZUTA, Michihiro TOKIZANE,  
Yukihiro FUJIME and Toshiaki CHUJO

The effects of photoperiod (8hr : SD, natural : ND and 16hr : LD) with different nitrogen (N) nutrition (21 and 84mg-N/week/plant as  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) and the timing of the LD treatment (Oct. 1, 11, 21, 31, Nov. 10 and 20) on the development of floral organs which affect fruit malformation in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Ai-Berry) were investigated.

Photoperiod and N nutrition did not affect flowering and the rate of flower bud development. Fruit weight decreased with SD, but there were no significant differences in fruit malformation among the photoperiodic treatments. However, LD and low rate of N nutrition decreased the number of rows of pistils on the receptacle and so with the difference in developmental stages between the pistils on the terminal and the basal part of receptacle. The timing of LD treatment also affected these characteristics.

As these two characteristics were previously shown to have great influence on fruit malformation, LD treatment may be effective in reducing fruit malformation in ‘Ai-Berry’.

イチゴ‘愛ベリー’(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)の奇形果発生に関与する雌ずいの分化発育に対する日長(短日: 8時間, 自然日長, 長日: 16時間)と長日処理開始時期(10月1, 11, 21, 31日, 11月10, 20日)の影響ならびに日長と窒素栄養(21, 84 mg-N/週/株)の相互作用について調査した。

開花期に対する花芽分化後の日長と窒素施与量の影響はわずかであった。正常果率は長日処理区および低窒素栄養区が高かったが、平均の奇形程度には日長処理区間に有意差が認められなかった。ただし、果実重は短日処理区が小さかった。

花托上の雌ずい列数と花托頂部と基部の雌ずいの発育差は、長日処理区と低窒素栄養区で小さくなり、長日処理開始時期が早いほど小さかった。これらの雌ずいの形質が奇形果発生に深く関与していることは既に示されていることから、長日処理によって‘愛ベリー’の奇形果発生を抑制し得る可能性が示された。

## 緒 言

大果系のイチゴ‘愛ベリー’(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)は優れた果実肥大特性を持ち、多収性であるため注目されている品種である。しかし、花托先端部に不稔種子を有する奇形果が多発し、栽培上の隘路となっている<sup>(12,17)</sup>。

‘愛ベリー’の奇形果発生が、開花時における花托頂部と基部の雌ずいとの間の発育差に起因し<sup>(12,13,14)</sup>、他の品種と比較

すると‘愛ベリー’では花托基部の雌ざいが分化してから頂部の雌ざいが分化するまでの時間が長いことは既報<sup>(16)</sup>のとおりである。また、‘愛ベリー’の花芽発育に対する温度と窒素栄養の影響について調査した結果、花芽の発育は低温条件下で抑制されるが、窒素栄養の影響は比較的小さく、窒素欠乏状態でない限り、花芽の発育はあまり抑制されなかった<sup>(15)</sup>。ただし、花芽発育期の低温と高窒素栄養によって、花托上で分化する雌ざい数が増加し、花托頂部と基部の雌ざいの発育差が大きくなり奇形果発生が助長される<sup>(13,15)</sup>。

イチゴの促成栽培においては、矮化にともなう草勢の低下を回避するために電照が行われることが多く、‘愛ベリー’の奇形果発生とそれに関与する花芽特に雌ざいの分化発育に対する日長の影響について明らかにすることが必要であろう。イチゴの花芽分化に対しては短日が促進的に作用する<sup>(6,8,10)</sup>。分化後の花芽の発育について、江口<sup>(3)</sup>は、長日条件下では花芽の高さが大きくなることから、長日が促進的であると述べている。また、‘宝交早生’についても長日条件下で開花が促進されることから<sup>(4,7)</sup>、長日はイチゴの花芽発育を促進するとされている。

今回は、‘愛ベリー’の奇形果発生に対する日長条件の影響について明らかにするため、異なる窒素栄養条件下で、花器および果実の発育に対する日長の影響と長日処理開始時期の影響について調査した。

### 材料および方法

‘愛ベリー’の本葉4～5枚の苗を1989年7月19日に9 cm ポリポットに鉢上げし、9月4日まで液肥(OK-F-1, 大塚化学, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:8:17)1000倍液を週2回、50 ml ずつ施与し、以後は無施肥で育苗した。10月1日に15 cm ポリポットに定植し、雨よけハウス内で実験を開始した。

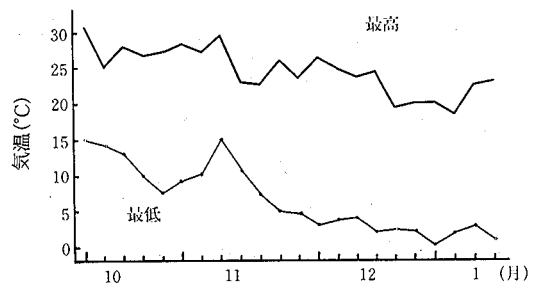
用土はマサ土2:ピートモス1 (V:V)として、苦土石灰と過磷酸石灰を用土1ℓあたり0.5 g ずつ混和した。最低気温が10°Cを下回り始めた10月21日から夜間の温度保持のために保温を開始し、日中は気温28°Cを最高限界として、換気扇による強制換気を行った。実験期間中のビニールハウス内の最高、最低気温の推移は第1図に示した。

日長処理区は短日、自然日長、長日の3処理区とした。短日処理区は17:00から9:00まで0.7 mm シルバーポリ被覆による8時間日長とし、被覆中は換気扇による強制換気を行い、他の処理区との温度差が極力小さくなるように管理した。長日処理区は100 W 白熱灯を1.5×1.5 m 間隔で1.8 mの高さに設置し、日長延長によって16時間日長とした。

窒素施与量は、それぞれの日長処理区について、多窒素施与区(H-N)と少窒素施与区(L-N)を設けた。H-N区はNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 10 mM 液を週2回、150 ml ずつ施与し、L-N区はNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 5 mM 液を週1回、150 ml ずつ施与した。すなわち、1週間当りの全窒素施与量はそれぞれ84, 21 mgであった。また、1週間に1回KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>を10 mM となるようにNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>溶液に混和し、同時に施与した。

他方、長日処理開始時期の影響を調査するため、10月1日から前述のH-N区と同様に窒素を施与し、自然日長条件下においた個体を10月1日から11月20日まで10日毎に長日条件下に移した。

10月11日から5日毎に各処理区3個体ずつ採取し、生長点近傍組織または頂花房原基を2%グルタルアルデヒドで固定した。実体顕微鏡下で花芽発育段階を調査し、走査型電子顕微鏡(日立, S-800)によって観察した。花芽発育段



第1図 実験期間中の半旬毎の最高および最低気温

第1表 ‘愛ベリー’の花芽分化発育段階の分別判定基準

発育段階	生長点または1番花原基の形態
0：未分化	生長点は平らで、比較的小さい。
1：分化期	生長点が盛り上がり、肥大する。
2：花房分化期	盛り上がった生長点に割れ目ができ、2～3分割される。
3：かく片形成期	1番花原基の周囲にかく片の初生突起が形成され、発達する。
4：雄ずい分化期	花弁および雄ずいの初生突起が形成され、発達する。
5：雌ずい分化初期	花托基部すなわち、周辺部から雌ずいの初生突起が形成され、その数が5列未満。
6：雌ずい分化中期	雌ずいの初生突起が15列未満。
7：雌ずい分化後期	雌ずいの初生突起が15列以上で、花托頂部で引続き雌ずいの初生突起が形成される。
8：雌ずい分化終了期	花托先端部まで雌ずいの初生突起が形成されている。

階の判定基準は第1表に示した。

花器形質は頂花房1, 3, 5番果を開花時にそれぞれ5花ずつ採取固定し、実体顕微鏡下で調査した。雌ずいの子房幅および花柱長は、花托頂部および基部の雌ずいそれぞれ2個についてマイクロメーターで測定し、その平均値を用いた。

果実形質は、頂花房1, 3, 5番果を成熟した段階で採取し、調査した。奇形果の発生程度は、既報<sup>(12)</sup>の基準に従って、0：正常～4：極度の先端不稔の5段階で評価した。

## 結 果

### 1. 花芽の発育と開花に対する影響

第2図に花芽の発育に対する日長と窒素施与量の影響を示した。10月1日の処理開始時の花芽発育段階は、5個体の内3個体が花芽分化期、2個体が花房分化期であった。10月21日にはほとんどの個体が雌ずい分化初期に達しており、処理区間に差は認められなかった。しかし、雌ずい分化終了はH-N区でやや遅くなる傾向が認められた。ただし、日長処理区間には差が認められなかった。

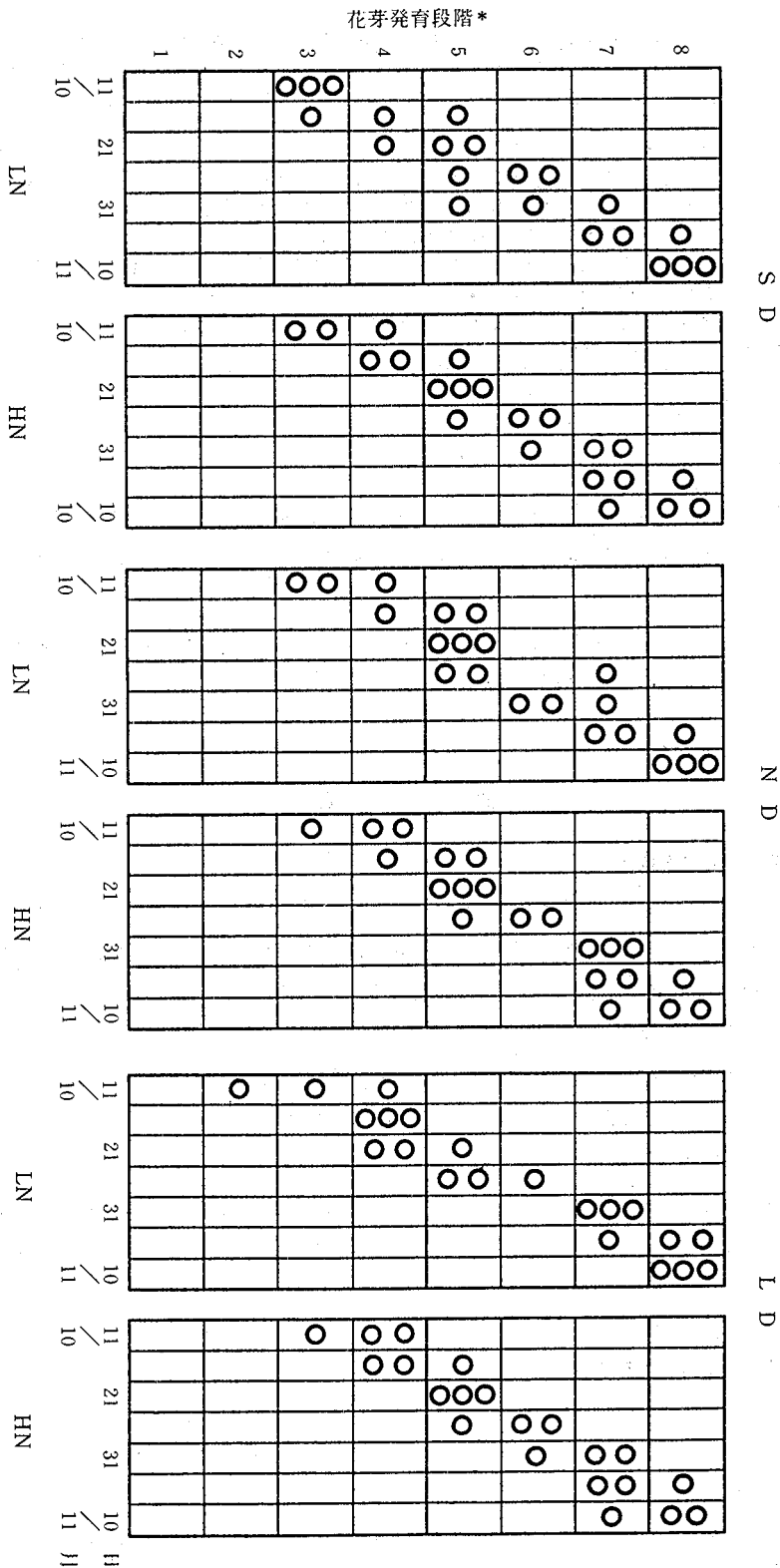
第3図に開花に対する日長と窒素施与量の影響を示した。頂花房の開花はH-N区がやや早かったが、日長処理区間には窒素処理区間に見られたような顕著な差は認められなかった。第2花房の開花は短日区が最もよく揃い、長日区では約2/3の株が1月中には出蕾開花しなかった。

第4図に開花に対する長日処理開始時期の影響を示した。11月20日長日処理開始区は50%以上の株が既に開花していたため図中には示さなかった。頂花房の開花については、処理区間の差はわずかであった。1月20日までの第2花房の開花株率は10月1, 11日長日処理開始区では低かったが、10月21日以降の処理開始区では1月20日までに100%開花し、特に、10月21, 31日区は開花がよく揃った。

### 2. 葉の生長と花梗の伸長に対する影響

第5図に新生第3葉の葉面積（中心小葉の葉身長×葉身幅）の変化を示した。葉面積は長日処理によって大きくなり、短日処理区は自然日長区よりやや小さかった。また、頂花房開花期の11月下旬以降葉面積は小さくなる傾向にあった。葉柄長についてもほぼ同様の傾向が認められた（データ省略）。

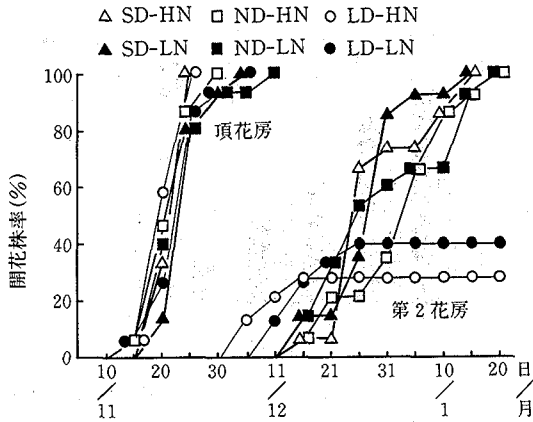
長日処理開始時期の影響については第6図に示した。10月1, 11日区では11月下旬以降葉面積の低下が認められたが、10月21, 31日長日処理開始区では葉面積の低下は認められず、12月には10月1, 11日長日処理開始区との間にはほとんど差が認められなかった。葉柄長についてもほぼ同様の傾向が認められた（データ省略）。



第2図 イチゴ‘愛ベリー’の花芽発育に対する日長と窒素施与量の影響

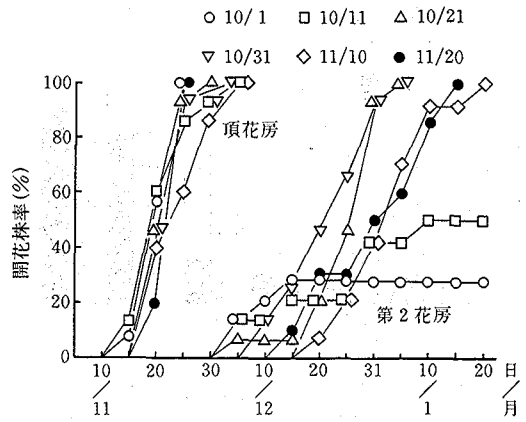
\* 1 : 花芽分化期, 2 : 花房分化期, 3 : がく片形成期, 4 : 雄ずい分化期, 5 : 雌ずい分化初期, 6 : 同中期, 7 : 同後期, 8 : 同終了期

SD : 8時間, ND : 自然日長, LD : 16時間, LN : 21 mg-N/週, HN : 84 mg-N/週

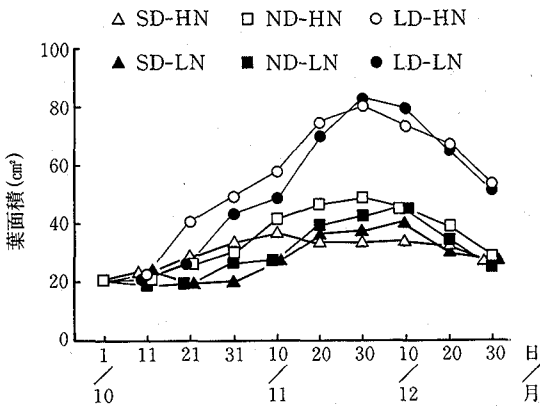


第3図 イチゴ‘愛ベリー’の開花に対する日長と窒素施与量の影響

SD：8時間，ND：自然日長，LD：16時間  
LN：21 mg-N/週，HN：84 mg-N/週

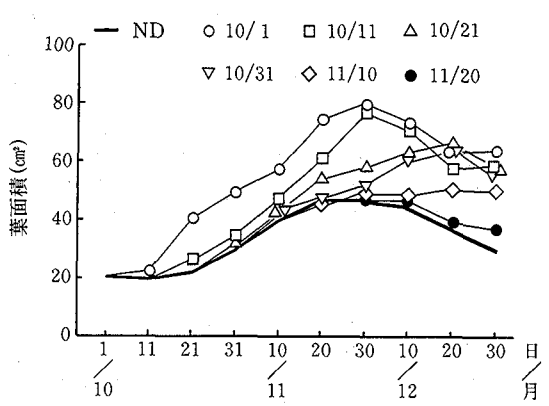


第4図 イチゴ‘愛ベリー’の開花に対する長日処理開始時期の影響



第5図 イチゴ‘愛ベリー’の新生第3葉葉面積(中心小葉葉身長×葉幅)に対する日長と窒素施与量の影響

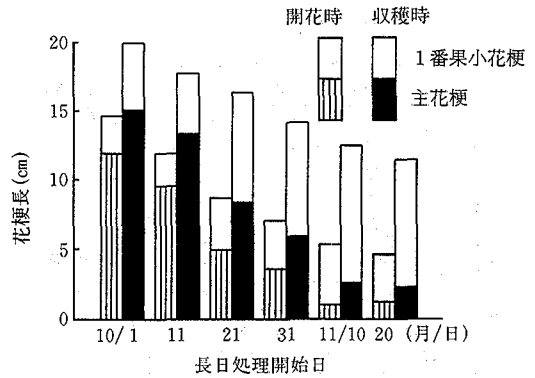
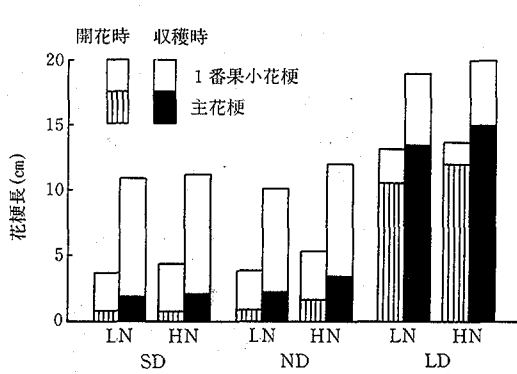
SD：8時間，ND：自然日長，LD：16時間  
LN：21 mg-N/週，HN：84 mg-N/週



第6図 イチゴ‘愛ベリー’の新生第3葉葉面積(中心小葉葉身長×葉幅)に対する長日処理開始時期の影響

第7・8図に開花時および収穫時の花梗長を示した。

長日処理区では主花梗の伸長が著しく促進され、自然日長区、短日区では短かった。1番花の小花梗は長日処理区が短く、自然日長区、短日区が長かった。開花後の1番花小花梗の伸長量についても自然日長区、短日区が大きかった。長日処理開始時期の影響について見れば、処理開始時期が早いほど、主花梗は長く、1番花の小花梗は短くなったが、開花後の小花梗の伸長量は処理開始時期が遅いほど大きかった。



第7図 イチゴ‘愛ベリー’の花梗長に対する日長と窒素施与量の影響

SD : 8時間, ND : 自然日長, LD : 16時間

LN : 21 mg-N/週, HN : 84 mg-N/週

第8図 イチゴ‘愛ベリー’の花梗長に対する長日処理開始時期の影響

第2表 雌ずい形質に対する日長と窒素栄養の影響

処 理	雌 ず い 列 数			頂 部 子 房 幅 / 基 部 子 房 幅			頂 部 花 柱 長 / 基 部 花 柱 長			
	1 番 花	3 番 花	5 番 花	1 番 花	3 番 花	5 番 花	1 番 花	3 番 花	5 番 花	
日 長										
8 時 間	24.0	19.3	14.6	0.537	0.664	0.768	0.699	0.784	0.868	
自 然	23.9	19.3	14.9	0.574	0.669	0.806	0.656	0.781	0.828	
16 時 間	22.0	18.3	14.0	0.579	0.689	0.788	0.727	0.804	0.871	
有 意 性	**	n s	n s	*	n s	n s	**	n s	n s	
窒 素										
H - N	24.3	19.9	14.7	0.549	0.652	0.767	0.673	0.779	0.830	
L - N	22.4	18.0	14.3	0.576	0.696	0.807	0.714	0.800	0.881	
有 意 性	**	**	n s	*	n s	n s	**	n s	*	

n s, \*, \*\* それぞれ有意性なし, 5%, 1%水準で処理区間に有意差があることを示す。

第3表 花器形質に対する長日処理開始時期の影響

長 日 処 理	雌 ず い 列 数			頂 部 子 房 幅 / 基 部 子 房 幅			頂 部 花 柱 長 / 基 部 花 柱 長		
	1 番 花	3 番 花	5 番 花	1 番 花	3 番 花	5 番 花	1 番 花	3 番 花	5 番 花
開 始 日									
10 月 1 日	23.2	18.8	14.2	0.589	0.665	0.749	0.697	0.785	0.855
11 日	23.2	18.8	14.4	0.589	0.705	0.778	0.753	0.806	0.836
21 日	23.6	19.2	15.2	0.588	0.726	0.767	0.688	0.880	0.852
31 日	24.8	20.4	16.6	0.576	0.613	0.700	0.655	0.786	0.751
11 月 10 日	25.8	21.4	17.4	0.559	0.670	0.701	0.654	0.777	0.802
1 次 回 帰	***	***	***	*	n s	*	*	n s	*

n s, \*, \*\*, \*\*\* それぞれ有意性なし, 5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示す

3. 花器および果実形質に対する影響

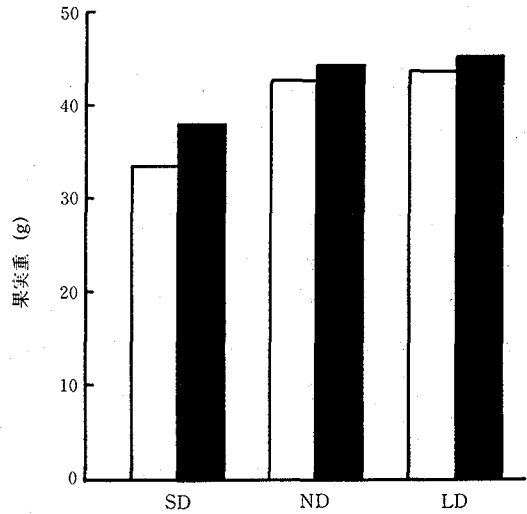
第2・3表に花器形質を示した。11月20日長日処理開始区は50%以上の株が既に開花していたため第3表のデータから除いた。

1番花の雌ずい列数は既報<sup>(13)</sup>と同様に、高窒素区が多かった。また、長日処理によって明らかに減少し、その効果は処理開始時期が早いほど大きかった。

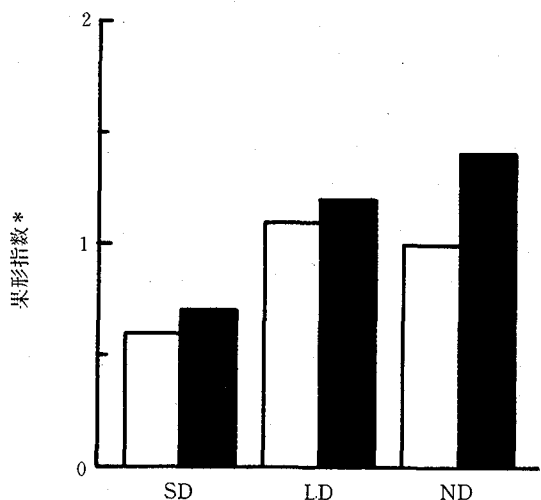
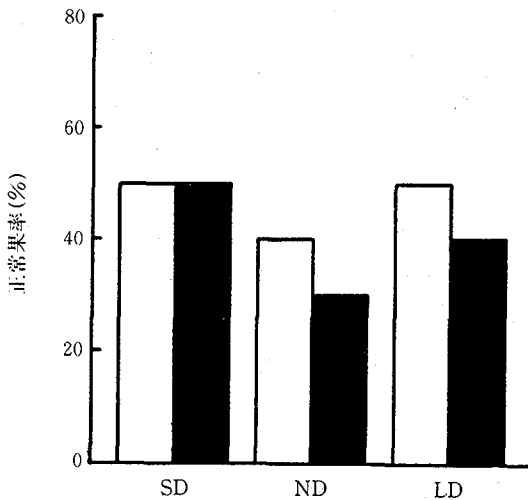
花托頂部と基部の子房幅の比あるいは花柱長の比のいずれで見ても、低窒素区、長日処理区では大きく、花托頂部と基部の雌ずいの発育差は低窒素栄養長日条件下で小さくなった。また、長日処理開始時期が早いほど、雌ずいの発育差は小さく、10月21日以前の長日処理開始区で、特にその影響が大きかった。

1番果の果実重を第9図に示した。果実重は短日処理区が小さかったが、自然日長区と長日処理区の間には差が認められなかった。長日処理開始時期の影響は認められなかった(データ省略)。

1番果の正常果率と平均果形指数を第10図に示した。H-N区は、正常果率が低く、平均果形指数は高く、高窒素栄養によって奇形果発生が助長された。日長の影響についてみれば、平均果形指数は短日区が自然日長、長日区よりやや小さかったが、有意な差は認められなかった。ただし、正常果率は自然日長区がやや低かった。



第9図 イチゴ‘愛ベリー’頂花房1番果の果実重に対する日長と窒素施与量の影響  
SD：8時間，ND：自然日長，LD：16時間  
□：LN，■：HN



第10図 イチゴ‘愛ベリー’頂花房1番果の奇形果発生に対する日長と窒素施与量の影響

\* 0：正常～4：極度の奇形果の5段階評価

SD：8時間，ND：自然日長，LD：16時間

□：LN，■：HN

## 考 察

イチゴの日長反応については多くの報告があり、短日が花芽分化に促進的に作用することは広く知られている<sup>(2,3,4,5)</sup>。また、長日は葉柄長や葉面積を増加させ、ランナーの発生を促進する<sup>(6,7,8,9,11)</sup>。さらに、花芽の発育に対して長日は促進的に作用するとされている<sup>(3,4,7,8)</sup>。江口<sup>(12)</sup>は、'Victoria'を用いて花芽の発育過程を観察した結果、花芽分化後の長日処理によって花芽の発育が促進され開花が早まったことから、イチゴをSL型の植物に分類している。しかし、多くは開花期の早晩を指標として花芽の発育に対する効果を判定している。

本実験においては、長日による開花促進の効果は認められず、花芽の発育についても日長処理区間に差が認められなかった。また、長日処理開始時期の影響も認められず、'愛ベリー'の花芽発育に対する日長の影響は小さいと考えられる。ただし、日長に対するイチゴの反応は品種によって異なる<sup>(10,11)</sup>。'愛ベリー'については、短日による花芽分化促進効果も小さいことから<sup>(10)</sup>、花芽の発育に対しても日長の影響は特異的に小さいのかも知れない。

しかしながら、藤本<sup>(4)</sup>は'宝交早生'の開花が16時間の長日条件下で早まるが、開花促進については日長より温度の方が効果が大きいと述べており、開花促進に対する高温の効果は広く認められている<sup>(4,7,8,9)</sup>。江口<sup>(1)</sup>の実験においては、長日処理区の最高気温が自然日長区、短日処理区と比較して明らかに高い。このことが、花芽の発育が促進された原因であろう。本実験において16時間の長日区と8時間の短日区の間、花芽の発育速度の差が認められなかった。さらに、木村ら<sup>(9)</sup>は、'宝交早生'の葉柄長や葉面積は明らかな日長反応を示すが、開花はこれらとは関係なく起こると述べており、'ダナー'についても長日による開花促進の効果は認められていない<sup>(9)</sup>。これらのことから、イチゴ花芽の発育が日長反応としてPhytochrome系の制御を受けているとは考えにくい。長日処理によって、葉面積や地上部・地下部の生長量が増加することは広く知られており、過去の実験で認められた長日による開花促進は、葉面積の拡大による乾物生産量の増加の結果であろうと推察される。

同様に、本実験において認められた多窒素施与区における開花促進も、乾物生産量の増加によるものであろう。

一方、花托上の雌ずいの分化発育についてみれば、多窒素施与区では花托上で雌ずいの分化が終了する時期が遅く、雌ずい列数が増加した。また、花托頂部と基部の雌ずいの発育差が大きく、奇形果も多発したことから、高窒素栄養は'愛ベリー'の奇形果発生を助長するといえる。ただし、高窒素栄養による奇形果発生は前報<sup>(13)</sup>ほど著しくはなかった。高温条件下では、'愛ベリー'の奇形果発生は軽減される<sup>(15)</sup>。本実験においては、前回より花芽分化期、保温開始期が早く、開花期は約1カ月早かった。このため、花芽発育期の温度が高く、雌ずい列数が少なく、花托上の雌ずいの発育差も小さくなったと考えられる。

雌ずいの分化発育については、日長の影響も認められた。すなわち、長日処理区では雌ずい列数が減少し、花托頂部と基部の雌ずいの発育差は小さくなった。5日毎の調査の結果では、日長処理区間には雌ずい分化終了期の差は認められなかったが、雌ずい列数が少なかったことから、長日処理区では雌ずいの分化がやや早く終了したと考えられる。また、長日処理開始時期が早いほどその影響は大きかった。ただし、10月31日、すなわち雌ずい分化中期以後の処理区ではその効果が小さかった。雌ずいの分化発育に対する窒素栄養の影響は、雌ずい分化開始期以後は小さい<sup>(13,15)</sup>。同様に、雌ずい分化開始期頃までの日長が、花托上での雌ずいの分化発育に強い影響を及ぼすと考えられる。

花托上での雌ずいの分化に日長が影響する原因については、本実験の結果から結論は導き得ない。しかし、先にも述べたように、イチゴに対しては短日が生殖生長を、長日が栄養生長を促進する方向に作用する。このため、長日条件が生殖生長としての花托上での雌ずいの分化にnegativeに作用したとも考えられる。

ただし、本実験においては、花器形質に差が認められたにも関わらず、果形指数には日長処理区間に有意な差が認められず、むしろ長日処理区が大きかった。本実験においては、既報<sup>(12)</sup>の基準に従って果実の外観から奇形果発生程



度を比較した。そのため、花托先端部の種子不稔の程度には差がなくとも、花托基部の肥大の優れた果実ほど肥大不良の部分が目立つために、果形指数は大きくなる。第8図に示したように、短日区では果実全体の肥大が劣った。その結果、花托先端部の種子が不稔となり花托先端部の肥大が抑制されても、基部の肥大が劣るために外観上特に目立った奇形果とはならなかったものと考えられる。

正常果率で比較した場合には、長日処理区で奇形果発生が軽減される傾向が認められた。また、花器形質についてみれば、奇形果発生を抑制する方向に作用したことから、長日処理は‘愛ベリー’の奇形果発生を抑制する効果があると考えられる。ただし、雌ずい分化開始期以前からの長日処理はその効果が小さく、第2花房の分化を抑制するため、通常の促成栽培においては第2花房の分化を確認した上で10月下旬頃から電照を開始する事が望ましいと考えられる。

### 引用文献

- |  |   |
|--|---|
| <p>(1) 江口庸雄：園学雑，5 (1)，42-62 (1934)。<br/>         (2) 江口庸雄：千葉高園学報，4，3-20 (1939)。<br/>         (3) 江口庸雄，高橋文次郎：日大農獣医学報，11，1-8 (1959)。<br/>         (4) 藤本幸平：奈良農試特別研報，53-57，(1971)。<br/>         (5) ITO, H and SAITO, T.: <i>Tohoku J. Agr. Res.</i>, 13, 191-203 (1962)。<br/>         (6) 木村雅行，久富時男，藤本幸平：奈良農試研報，2，17-23 (1970)。<br/>         (7) 木村雅行，藤本幸平：奈良農試研報，3，29-36 (1971)。<br/>         (8) 木村雅行：農業技術体系野菜編3，基33-53，東京，農山漁村文化協会 (1984)。<br/>         (9) 李 炳，高橋和彦，杉山直儀：園学雑，39 (3)，26-32 (1970)。<br/>         (10) 大井美知男，高橋敏秋，川田芳子，吉田裕一：園</p> | <p>学雑，59 (別2)，502-503 (1990)。<br/>         (11) 高井高次：園試報，C6，91-101 (1968)。<br/>         (12) 吉田裕一，大井美知男，藤本幸平：農および園，62 (9)，1095-1097 (1987)。<br/>         (13) 吉田裕一，中條利明，藤目幸擴：園学雑，58 (別2)，424-425 (1989)。<br/>         (14) 吉田裕一，藤目幸擴，中條利明：園学雑，58 (別2)，703 (1989)。<br/>         (15) 吉田裕一，藤目幸擴，中條利明：園学雑，59 (別1)，458-459 (1990)。<br/>         (16) 吉田裕一，時実充洋，藤目幸擴，中條利明：園学雑，59 (別2)，811 (1990)。<br/>         (17) 吉田裕一，大井美知男，藤本幸平：園学雑，59 (4)，印刷中 (1991)。</p> |
|--|---|

(1990年10月31日受理)