育苗期間中の短日と低温処理がイチゴ‘女峰’の 体内生理に及ぼす影響

塚 越 覚・伊 東 正・篠 原 温

千葉大学園芸学部

Physiological Studies of Strawberry Plant ‘Nyoho’ as Affected by Short Day and Low Temperature during the Propagation Period

Satoru TSUKAGOSHI, Tadashi ITO and Yutaka SHINOHARA

Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo 271, Japan

The effects of short day and low temperature on sink activity and mineral absorption of strawberry plant ‘Nyoho’ during raising period were investigated. The propagated young plants were exposed to the short day (8 hr) and the low temperature (DT/NT=25/10°C) for 2 weeks with or without following 2 weeks night chilling (DT/NT=greenhouse ambient/10°C) treatment.

The root dry weight increased by night chilling treatment. In the leaf, the total carbon contents decreased, and phosphorus and potassium contents increased by either short day or low temperature treatment. The translocation of ^{14}C -assimilates to the root decreased by either short day or low temperature treatment, but increased by following night chilling treatment. The sink strength in the root also increased with night chilling. The similar tendency was observed in sink activity in the crown.

It is concluded that night chilling treatment increased sink activity in the crown and the root to enhance translocation of photosynthetic products from the leaf to the root. The accumulation of photosynthates might stimulate the crown and root development and contribute to the flower formation.

(Received July 5, 1993)

1993年7月5日受付

緒 言

現在の日本のイチゴ生産は、施設栽培下で休眠の浅い品種を用いて11月から収穫を開始する促成栽培が中心の作型になっている。いっぽう、イチゴは周年的な需要があるため、可能な限り収穫期間を延長することが望まれている。したがって、促成栽培では花芽分化と開花をできるだけ促進し、かつ頂果房に続く果房の分化と発達安定が要求され、さらには、株疲れなどの防止のために、果実発育と栄養生長との調和が求められる。このため、数多くの花芽分化促進ならびに休眠制御を含めた、早出し栽培技術が研究され、実用化されてきた¹⁻⁶⁾。なかでも夜冷短日育苗は、省力的で安定的効果が期待で

き、また、昼間は屋外で生育させるため株の消耗が少ないなどの理由から、現在では全国的に広く普及している⁷⁾。しかしながら、現行の夜冷短日処理施設は、施設設置に対する初期投資額が大きい、施設の使用が夜間に限定されるため、施設利用効率が悪いといった問題点がある。近年、イチゴに短日条件を与えると、その後の低温に対する感応性が高まることが実験的に示された²⁾。この性質を利用して、夜冷処理に先立ってイチゴに短日処理をすることで、夜冷処理の効果が高まるという報告がなされ^{4,5)}、処理施設をより有効に利用できる可能性が示唆された。いっぽう、定植時の苗質が定植後の生育に大きく影響し、その影響は栽培がかなり進んだ時期になってもみられることが報告されている⁷⁾。そこで、本実験では、短日、低温および夜冷処理が、苗質に大きく

影響するイチゴの無機成分の吸収と分配，光合成産物の分配などの体内生理に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

1990年4月13日にイチゴ品種‘女峰’の親株を本学内の圃場に定植し，7月24日に本葉3～4枚の子株を採苗した。子株はロックウール粒状綿を詰めた12cmポットに移植し，ハウス内で，圃試処方1/4単位培養液を与え育苗した。

処理区の設定および処理方法をFig. 1に示した。処理区は無処理，夜冷，短日，短日後夜冷，低温，低温後夜冷の6区とした。処理期間は9月5日から10月3日までの4週間とし，処理2週間目を境として前半と後半

Fig. 1 The diagram of flower forcing treatment methods and period for strawberry plants.

The treatment periods were 4 weeks and divided into the first 2 weeks and the second 2 weeks. , Untreated. Grown in greenhouse under natural day length and temperature. , Short Day. Grown in greenhouse under 8 hr day length and natural temperature. Plants were covered with silver PVC film from 5:00 p.m. to 9:00 a.m., and inside air was able to exchange with greenhouse atmosphere so as to control the inside air temperature $\pm 2^{\circ}\text{C}$ of greenhouse temp. , Low Temp. Grown in growth chamber under 14 hr day length and low temperature during day and night. The temperature in the light period was set at 25°C and in the dark period 10°C . , Night Chill. Grown in greenhouse during day time (8 hr day length; 9:00 a.m.-5:00 p.m.) and in growth chamber during the night. The day time temperature is natural and the night temperature was 10°C .

に分け，植物体を図に示した処理条件下においた。短日処理は，シルバービニルフィルムを朝夕トンネル被覆し，日長を8時間とした。気温は，遮光トンネルの両端を黒寒紗2枚で覆い，空気の交換を可能とし，内部気温は，ハウス内気温に比べて $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲に制御した。低温処理はグロースチャンパー内で行い，日長は14時間，気温はハウス内気温より約 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 低い，明期 25°C /暗期 10°C とした。また，夜冷処理は，午後5時から翌日午前9時まで，暗黒のチャンパー内に搬入して日長を8時間とし，昼間はハウス内に移動した。温度は，明期は放任，暗期は 10°C とした。各区50株を供試した。

栽培期間中に次の調査を行った。

1. 生育

処理開始から，1週間ごとに各区5株について，それぞれ葉数，最新展開葉から数えて3枚目の葉の葉身長・葉柄長，クラウン径を測定した。また，器官別に分解し生体重，乾物重を測定した。

2. 植物体中全炭素および無機成分含有率

処理開始後2週目，4週目に，各区から3株を採取し，その乾物試料から，全炭素および無機成分含有率を分析した。全炭素含有率はC-Nコーダ（柳本，MT-500型）により定量した。また，試料を硫酸-過酸化水素法⁹⁾により分解し，全窒素はケルダール法で，リンはバナドモリブデン酸による比色法で，カリウム，カルシウム，マグネシウムは原子吸光光度法で，それぞれ定量した。

3. ^{13}C 光合成産物の転流・分配

処理開始後2週目ならびに4週目に， ^{13}C 光合成産物の転流・分配を調査した。 $^{13}\text{CO}_2$ のfeedingはPPFD $160\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ ，温度 20°C に設定したグロースチャンパー内で，各区3株を株全体に処理した。 ^{13}C 標識植物は，各処理区に戻し，48時間後に植物体を採取した。それぞれの植物体を器官別に分解し，乾燥，粉碎

Table 1 Effect of short day and low temperature treatments on the growth of strawberry plant 2 weeks after treatment.

Treatment	No. of leaves	Leaf length (cm)	Petiole length (cm)	Crown diameter (mm)
Untreated	5.8 ^z	13.0	14.5	11.4
Short Day	5.5	11.2	13.6	10.1
Low Temp.	5.2	10.9	12.8	10.2
LSD (5%)	NS	NS	NS	1.0

^z The values represent the mean of 5 plants.

Table 2 Effect of short day and low temperature treatments on fresh and dry weights in each organ of strawberry plant 2 weeks after treatment.

Treatment	Fresh weight (g)				Dry weight (g)			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	16.7 ^z	7.7	3.2	9.9	3.81	1.18	0.59	1.07
Short Day	9.6	5.1	2.4	4.9	2.08	0.67	0.43	0.66
Low Temp.	10.0	5.5	2.3	6.5	2.07	0.39	0.69	0.83
LSD (5%)	4.3	1.6	0.7	2.5	1.74	0.36	NS	NS

^z The values represent the mean of 5 plants.

Table 3 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on the growth of strawberry plant 4 weeks after treatment.

Treatment	No. of leaves	Leaf length (cm)	Petiole length (cm)	Crown diameter (mm)
Untreated	7.8 ^z	11.0	15.0	11.3
Untreated—Night Chill.	6.9	10.7	16.0	11.5
Short Day	7.4	7.5	13.1	9.5
Short Day—Night Chill.	6.9	9.5	14.5	10.7
Low Temp.	7.0	11.7	15.5	11.2
Low Temp.—Night Chill.	6.8	11.2	20.3	9.5
LSD (5%)	0.6	1.6	3.1	1.1

^z The values represent the mean of 5 plants.

後, ¹³CO₂ アナライザー (日本分光工業, EX-130S 型) を用いて, 乾物中の ¹³C 濃度を測定した. その値を基に ¹³C 光合成産物の器官別分配率ならびに, 村上・稲山の方法⁹⁾ に準じて, 植物体全体の平均 ¹³C 含有率に対する各器官の ¹³C 含有率の比を計算した.

結果および考察

1. 生育に及ぼす影響

処理開始 2 週間後の 9 月 19 日には, 無処理区に比べ短日, 低温のいずれの処理によってもクラウン径は減少したが, 葉数, 葉身長, 葉柄長には有意差はなかった (Table 1). 各器官の生体重および葉身, 葉柄の乾物重は, 短日, 低温処理により無処理区に比べ小さくなり, とくに短日区における根の生体重は無処理区の約 50%, 低温区の葉柄の乾物重は無処理区の約 30% にまで減少した (Table 2). 処理終了時の 10 月 3 日では, 葉数は, 短日区を除くすべての処理区で無処理区に比べ減少し

Table 4 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on fresh and dry weights of strawberry plant 4 weeks after treatment.

Treatment	Fresh weight (g)				Dry weight (g)			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	18.6 ^z	8.9	3.2	11.7	3.50	1.00	0.30	0.79
Untreated—Night Chill.	14.9	7.8	3.0	9.0	2.90	1.00	0.56	0.95
Short Day	10.2	5.7	2.1	4.3	1.55	0.57	0.32	0.35
Short Day—Night Chill.	11.4	6.2	2.4	6.9	2.19	0.83	0.39	0.72
Low Temp.	14.2	7.7	3.3	8.2	3.14	1.20	0.60	0.87
Low Temp.—Night Chill.	11.8	8.6	1.8	6.7	2.05	0.93	0.25	0.51
LSD (5%)	4.0	2.1	0.9	2.7	1.24	NS	0.17	0.36

^z The values represent the mean of 5 plants.

Table 5 Effect of short day and low temperature treatments on total carbon, total nitrogen, and C-N ratio of strawberry plant 2 weeks after treatment.

Treatment	Total carbon (% DW)				Total nitrogen (% DW)				C-N ratio ^a			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	46.2 ^y	40.7	42.9	39.0	3.45	1.60	1.94	2.45	13.4	25.5	22.3	16.0
Short Day	42.7	38.6	42.9	41.1	3.79	2.03	2.48	2.61	11.3	19.3	17.5	15.8
Low Temp.	43.8	37.1	39.8	39.3	4.13	1.85	2.15	2.31	10.6	20.1	18.6	17.0
LSD (5%)	NS	2.8	NS	NS	0.36	NS	0.42	NS	2.1	4.8	NS	NS

^a Total carbon content/total nitrogen content

^y The values represent the mean of 3 plants.

Table 6 Effect of short day and low temperature treatments on mineral contents (mg/g DW) of strawberry plant 2 weeks after treatment.

Treatment	P				K				Ca			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	3.9 ^y	3.7	2.9	3.9	38.5	46.2	17.5	22.4	18.6	9.7	10.3	12.7
Short Day	5.7	5.3	3.4	3.9	27.5	57.4	18.9	22.2	14.1	9.2	19.0	20.2
Low Temp.	5.6	4.2	2.8	2.7	32.8	51.2	20.6	17.4	18.7	16.1	17.6	5.4
LSD (5%)	1.3	1.3	NS	1.1	4.3	NS	NS	NS	NS	5.1	8.7	2.7

^y The values represent the mean of 3 plants.

た。また、葉身長、クラウン径は短日区で小さくなった。低温後夜冷区では葉柄長は無処理区に比べ大きくなり、クラウン径は小さくなった (Table 3)。葉身、根の生体重は、すべての処理区で無処理区に比べて小さくなり、とくに短日区において顕著に減少した。短日区では葉身、根の乾物重も無処理区に比べて著しく減少した。しかし、短日後夜冷区の根の乾物重は無処理区と差がなかった (Table 4)。

花成促進処理に伴うイチゴの生態的な影響として、葉柄、根の伸長抑制^{2,10,11)}、乾物重の低下¹²⁾などが報告されている。本実験においても、おおむね既報と同様の結果が得られた。低温条件下では、呼吸が抑制されることが知られており^{13,14)}、夜冷処理によっても暗期の呼吸が抑制され、消耗が少なくなったと考えられる。このことが短日区に比べ短日後夜冷区で生体重、乾物重が増加した原因の一つと考えられる。さらに、イチゴが休眠に移行する際には、根のデンプン含有量が増加すると報告されており¹⁵⁾、短日処理だけよりも短日処理後に夜冷を行うことで、休眠誘導効果がより高まったと推察された。

2. 全炭素および無機成分含有率に及ぼす影響

Table 5に9月19日における各器官の全炭素、全窒素

含有率およびC-N比を示した。全炭素含有率は低温区の葉柄で低下したが他の器官では有意差は認められなかった。全窒素含有率は短日区ではクラウンで、低温区では葉身で増加した。C-N比は無処理に比べいずれの処理によっても、葉身と葉柄で低下した。

Table 6に9月19日における無機成分含有率を示した。リン含有率は短日処理により葉身と葉柄で増加した。低温処理では葉身で増加し、根で低下した。カリウム含有率は無処理区の葉身で最も高く、ついで低温処理、短日処理の順となった。カルシウム含有率は短日処理のクラウンと根で増加した。低温処理により葉柄で増加し、根で低下した。

Table 7には処理終了時における全炭素、全窒素含有率およびC-N比を示した。全炭素含有率は無処理に比べすべての処理区の葉身と葉柄で低くなり、とくに夜冷処理区で顕著であった。また、夜冷処理区ではクラウンの全炭素含有率も低下した。全窒素含有率には、処理による差はほとんど認められなかった。C-N比は無処理区に比べすべての処理区の葉身、葉柄で低下した。

処理終了時の各器官の無機成分含有率をTable 8に示した。リン含有率は、処理期間の前半に短日または低温

Table 7 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on total carbon, total nitrogen, and C-N ratio of strawberry plant 4 weeks after treatment.

Treatment	Total carbon (% DW)				Total nitrogen (% DW)				C-N ratio ^a			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	47.0 ^y	42.1	41.5	38.6	3.47	1.57	2.29	2.48	13.5	26.9	18.3	15.9
Untreated—Night Chill.	37.1	34.2	32.4	37.4	3.62	1.62	2.35	2.45	10.3	21.2	13.7	15.4
Short Day	41.6	37.8	37.9	37.7	3.99	1.76	2.02	2.43	10.4	21.4	19.1	15.7
Short Day—Night Chill.	37.9	33.8	35.9	36.4	3.81	1.60	2.13	2.54	10.0	21.2	16.9	14.4
Low Temp.	40.1	36.6	38.9	37.0	3.83	1.65	2.26	2.33	10.5	22.3	17.4	15.9
Low Temp.—Night Chill.	35.9	33.8	36.1	33.5	3.78	1.54	2.08	2.71	9.5	21.9	17.4	12.4
LSD (5%)	2.0	2.5	4.1	2.9	0.39	0.20	NS	NS	1.4	3.2	3.5	NS

^a Total carbon content/total nitrogen content

^y The values represent the mean of 2 plants.

Table 8 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on mineral contents (mg/g DW) of strawberry plant 4 weeks after treatment.

Treatment	P				K				Ca			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	3.5 ^z	2.7	3.0	2.6	20.3	32.4	15.4	10.9	14.0	10.5	9.7	9.1
Untreated—Night Chill.	3.9	2.8	3.0	2.4	25.0	41.9	13.7	19.3	14.0	12.4	12.9	11.4
Short Day	5.6	5.2	2.9	3.5	28.0	48.9	14.7	15.2	15.4	14.4	20.9	19.0
Short Day—Night Chill.	4.9	4.1	2.9	3.4	28.6	47.5	20.1	14.4	11.9	10.5	16.8	19.2
Low Temp.	3.9	3.6	2.7	3.0	27.5	40.7	14.0	12.5	18.8	7.4	8.3	14.7
Low Temp.—Night Chill.	4.3	4.3	2.6	3.0	28.3	45.3	22.2	10.5	18.5	14.9	22.5	7.5
LSD (5%)	0.8	2.0	NS	1.1	4.3	8.8	5.5	6.5	2.0	3.8	6.3	4.2

^z The values represent the mean of 3 plants.

処理を行った区の葉身で、無処理区に比べて高くなった。カリウム含有率は無処理区に比べ、すべての処理区の葉身、葉柄で高くなった。また、低温後夜冷区ではクラウンにおける、夜冷区では根におけるカリウム含有率が増加した。カルシウム含有率は、短日区、短日後夜冷区のクラウンと根で顕著に増加した。また低温区の根および、低温後夜冷区のクラウンで増加した。

本実験における短日、低温条件を与えたことに伴う葉身、葉柄での C-N 比の低下 (Table 5, 7) は、全窒素含有率にほとんど差が認められなかったことから、主として全炭素含有率の低下に起因するものであった。光合成産物の転流に関して、短日条件での葉からの転流増¹⁶⁾

や、低温での転流減⁹⁾が報告されている。本実験のイチゴにおいては、短日では、転流増に起因すると思われる葉身での全炭素含有率の低下が認められたが、低温でも葉身の全炭素含有率が低下した。これは低温処理だけが、人工光下での栽培であったため、自然光下で栽培した他の処理区に比べ、明期の照度が低く、株あたりの光合成量が低下したことによると思われる。

Table 6 と 8 より短日と低温条件はリン、カリウムの葉身、葉柄への移行および、カルシウムのクラウン、根への移行を促進すると推察された。カリウムは細胞の浸透圧を調節する働きがあり^{17,18)}、本実験においても、花芽分化の進行にともないカリウムが地上部に盛んに移

Table 9 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on the percentage of ^{13}C -assimilates distribution of strawberry plant.

Treatment	Sept. 19				Oct. 3			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	64.9 ^z	18.9	6.2	10.0	67.3	15.7	6.8	10.2
Untreated —Night Chill.	—	—	—	—	61.7	12.5	9.2	16.6
Short Day	67.8	17.8	7.4	7.0	66.7	21.9	5.4	6.0
Short Day —Night Chill.	—	—	—	—	49.9	14.9	10.1	25.1
Low Temp.	71.1	11.0	8.5	9.4	66.1	24.3	5.8	3.8
Low Temp. —Night Chill.	—	—	—	—	56.9	21.7	5.8	15.6
LSD (5%)	NS	NS	NS	2.3	9.7	11.1	4.1	4.3

^z The values represent the mean of 3 plants.

Table 10 Effect of short day and low temperature with or without following night chilling treatments on the sink strength^z of strawberry plant.

Treatment	Sept. 19				Oct. 3			
	Leaf	Petiole	Crown	Root	Leaf	Petiole	Crown	Root
Untreated	4.33 ^z	1.26	0.41	0.65	3.67	1.00	0.36	0.55
Untreated —Night Chill.	—	—	—	—	3.34	0.68	0.51	0.87
Short Day	2.59	0.68	0.28	0.27	1.86	0.63	0.15	0.16
Short Day —Night Chill.	—	—	—	—	2.06	0.62	0.41	1.03
Low Temp.	2.85	0.40	0.35	0.39	3.75	0.84	0.34	0.21
Low Temp. —Night Chill.	—	—	—	—	2.13	0.80	0.22	0.58
LSD (5%)	NS	0.59	NS	0.23	1.21	NS	0.21	0.28

^z Sink strength is calculated by modified Murakami and Inayama method and equation is as follows. Sink strength = (^{13}C contents in 1 g dry matter of each organ) / (^{13}C contents in 1 g dry matter of whole plant).

^z The values represent the mean of 3 plants.

行することによって、厳寒期にむけて低温耐性を高めているものと推察された。また、カリウムが光合成産物の転流を促進する作用があることも古くから知られており^{17,18)}、このことも、葉身の全炭素含有率の低下に相乗的な効果を及ぼしたと考えられた。さらに、エネルギー代謝に重要なリンと、さまざまな酵素活性に必要なカリウムが葉身で増加したことより、葉における光合成、タンパク質合成という乾物生産活動は増大したものと考えられた。

3. ^{13}C 光合成産物の転流・分配に及ぼす影響

Table 9 に ^{13}C 光合成産物の器官別分配率を示した。

9月19日には短日処理により根への分配率が低下した。しかしその他の値には有意な差がなかった。10月3日には、短日後夜冷区、低温後夜冷区で無処理区に比べ葉身への分配率が低下した。根への分配率は、短日区、低温区では無処理区に比べ低下した。この短日あるいは低温だけでの根への分配の低下は、高夜温による根の呼吸消耗¹⁶⁾、低温による転流速度の低下⁶⁾ によると考えられた。いっぽう、夜冷処理を行ったすべての区で、根への分配は増加し、無処理区の約1.5倍から2.5倍となった。トマトを用いた研究では、短日による転流増、高照度・低夜温による根のシンク活性の増大¹⁶⁾ が認められ

た、これと同様の条件と考えられるのが夜冷処理であり、イチゴにおいても同様の影響を及ぼしたものと考えた。

Table 10 には器官別シンク強度を示した。9月19日には無処理に比べ短日処理により根のシンク強度が低下した。また低温処理では葉柄、根のシンク強度が低下した。10月3日では、無処理に比べ短日処理区、低温処理区の根のシンク強度が低下した。また、処理期間の後半に夜冷処理を行った区では、低温後夜冷区を除き、無処理区に比べて、根のシンク強度が高くなった。しかし、地上部については一定の傾向が認められなかった。

以上の結果、短日あるいは低温処理だけを行うことに比べ、夜冷処理は根のシンク活性を増加させること、葉からの光合成産物の転流を促進することが明らかになった。その結果、夜冷処理では根への養分の分配が増加し、短日、低温処理だけに比べ根の生育が勝る原因になったと推察した。また、夜冷処理により、クラウンのシンク活性も増大する傾向が認められた。したがって、夜冷処理は花成促進^{5,6)}と同時に、養分の貯蔵器官であるクラウン、根の充実を促すと考えられた。また、夜冷処理に先立って短日または低温処理をすることで、体内生理的な変化により顕著に現れたことは、短日前処理によって夜冷処理の効果が大きくなるという報告^{2,4,5)}を裏付けるものと思われた。さらに養分の貯蔵器官の充実は定植後の生育にも大きく影響すると思われ、低温、短日処理よりも夜冷処理のほうが、花芽分化およびその後の花の発育が安定するという現象を、生理学的に説明することができた。

摘 要

育苗期のイチゴ‘女峰’のシンク活性、養分吸収に及ぼす短日や低温条件の影響を検討した。処理は無処理、短日(8 hr)、低温(DT/NT=25/10°C)と、その後の夜冷処理(DT/NT=放任/10°C)を組み合わせ、計6区とし、処理期間は4週間とした。

根の乾物重は夜冷処理により増加した。短日と低温のいずれの処理によっても、葉の全炭素含有率は低下し、リン、カリウム含有率は増加した。¹³C光合成産物の根への分配は、短日と低温処理により低下したが、夜冷処理により増加した。根のシンク強度も、夜冷処理により増加した。同様の傾向はクラウンのシンク活性についても認められた。

以上の結果、夜冷処理はクラウンおよび根のシンク活性を増大させ、葉からの光合成産物の転流を促進した。

このことは、クラウンならびに根の生育を促進し、花成に寄与するものと思われた。

文 献

- 1) 新美善行・岩本供子・才義弘。1984. イチゴの促成栽培に関する研究。Ⅰ 低温処理およびポット育苗が花芽分化、発育、収量に与える効果。広島農短大報 7: 273-279.
- 2) 施山紀男・高井隆次。1986. イチゴの発育とその周期性に関する研究。野菜試報 B6: 31-77.
- 3) 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 62 秋: 432-433.
- 4) 前川寛之・古川康徳。1989. イチゴの夜冷処理早取り栽培における短日前処理の効果。園学雑 58(別1): 336-337.
- 5) 前川寛之・葉師川治・峰岸正好。1989. イチゴ促成栽培における低温および短日処理法の違いが花芽分化および開花、収量に及ぼす影響。奈良農試研報 20: 41-47.
- 6) 渡辺菊男。1989. 栃木県におけるイチゴの促成栽培技術と問題点(1)。農及園 64: 53-56.
- 7) 宇田川雄二・土岐知久・青木宏史。1988. Nutrient Film Technique の日本における実用化に関する研究(第3報) イチゴ栽培における苗質と培養液濃度。千葉農試研報 29: 37-47.
- 8) 松永俊郎・塩崎尚郎。1989. 硝酸態窒素を含む作物中の全窒素定量のための硫酸-過酸化水素分解法。土肥誌 60: 458-461.
- 9) 村上 高・稲山光男。1974. キュウリの光合成産物の動態に及ぼす温度の影響。(第2報) キュウリの¹⁴C-光合成産物の動態に及ぼす夜温の影響。園学雑 43: 43-54.
- 10) PERWANT, R., H. INOUE, and I. KATAOKA. 1989. Effects of temperature on the morphology and physiology of the roots of trifoliate orange budded with satsuma mandarin. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 58: 267-274.
- 11) 西沢 隆。1990. イチゴの葉柄の細胞長・細胞数に及ぼす日長の影響。園学雑 59: 533-538.
- 12) HEIDE, O. M. 1977. Photoperiod and temperature interactions in growth and flowering of strawberry. Physiol. Plant. 40: 21-26.
- 13) 高橋英一。1969. エネルギー代謝。「作物栄養学」(高橋英一・谷田沢彦・大平幸次・原田登五郎・山田芳雄・田中明共著) 20-39, 朝倉書店, 東京.
- 14) 増田芳雄。1977. 植物の代謝。「植物生理学」215-256, 培風館, 東京.
- 15) BRINGHURST, R. S., V. VOTH, and D. V. HOOK. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of california strawberries. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 34: 360-363.
- 16) 吉岡 宏・高橋和彦。1981. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究。V トマトにおける¹⁴C同化産物の昼夜間の転流割合と、転流・分配に及ぼす光・夜温の影響。野菜試報 A9: 63-81.
- 17) 浅田浩二・田中国介・山本幸男。1980. 主要元素の生理作用。「植物栄養土壌肥料大事典」(高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編) 74-90, 養賢堂, 東京.
- 18) 茅野充男・小畑 仁。1991. 元素の生理作用。「現代植物生理学⑤物質の輸送と貯蔵」(茅野充男編) 89-124, 朝倉書店, 東京.