

ウォーターカーテンを利用した本圃短日夜冷処理によるイチゴの新作型開発

家中達広・稲葉幸雄¹⁾

摘要：夜冷処理により10月上旬からイチゴを収穫することは可能だが、高温長日条件下で腋花房が分化せず、極めて大きな収穫の中休みが生じる。そこで、本圃短日ウォーター夜冷処理により第1次腋花房を連続的に分化させる技術を検討し、10月上旬から中休みなく収穫できる夜冷超早出し作型（以下、超早出し）を開発した。

本圃短日ウォーター夜冷処理期間中の日長時間は、8、12、16時間日長の中では8時間日長が処理効果が安定し適切と考えられた。超早出しにおける年内収量は、従来の早出し作型である夜冷早出し作型に比べ最大95%向上した。

超早出しでは頂花房の花房形成と腋花房の短日処理が併行することから、頂花房の着花数が減少する。そこで、育苗中のポット当たりの窒素を210mg施用することにより慣行の70mgと比較したところ、頂花房の花芽分化及び開花結実が早まるとともに着花数はやや増加し、頂花房の収量が2割増加した。しかし、その効果は腋花房には及ばず、腋花房の収量性等は本圃における施肥条件が大きいと推察された。また、ベッド冷却により頂花房の収量は向上したが、開花および収穫の遅れがみられたことから冷却方法についてはさらに検討する必要がある。

超早出しの栽培体系は、6月上旬に採苗仮植、7月上旬から約1か月間夜冷処理で頂花房の花芽分化促進処理を行い、8月上旬に本圃に定植、活着後に本圃短日ウォーター夜冷処理を8時間日長で9月中旬まで行い、1次腋花房の花芽分化を十分に確認した後に処理を終了する、保温のためのビニルに張り替える、というものである。また、ウォーター短日夜冷処理の処理終了は十分に第1次腋花房を分化させた後に行うことが収量増のポイントになると考えられる。

キ-ワ-ド：イチゴ、短日夜冷、ウォーターカーテン、腋花房、ベッド冷却

Development of a New Cropping Type of Strawberry Using Water Curtain under Short-day and Night-cooling Conditions

Tatsuhiko IENAKA and Yukio INABA

Summary : The purpose of this study was to prevent the none-differentiation in the axillary flower bud of strawberry under the high-temperature and long-day conditions, leading to long-term intermission of harvest. The new cropping type developed allowed the first axillary flower bud to differentiate using water curtain under the short-day and night-cooling conditions, resulting in the harvest from early October without long-term intermission. The photoperiod of eight hours was the most effective in the production of fruit of three plots; the other two periods were 12 and 16 hours. The yields of eight-hours plot were at most 95% greater than a conventional early cropping type. For the new type, the short-day treatment of axillary bud had been carried out simultaneously with the flower organ formation of terminal flower truss, leading to a decrease in the number of flowers, and 70mg/pot of nitrogen had been normally applied. However, the nitrogen application of 210mg/pot enhanced the differentiation of flower bud. Additionally, the bloom fruition of terminal flower bud became slightly earlier with a slightly increase in the number of flower, resulting in the yield from terminal flower truss greater by 20% than before. Indeed, the yield from terminal flower bud was increased by bed refrigeration technique. However, the review of the technique is required because of the delay of the bloom and harvest.

Key words : strawberry, short-day and night-cooling conditions, water curtain, axillary flower bud, bed refrigeration technique

1)現 栃木県芳賀農業振興事務所

(2006.7.25受理)

緒言

これまで、栃木県内における促成栽培イチゴの早出し限界は、7月下旬～8月上旬に夜冷により頂花房の花芽分化促進処理を行い11月上旬から収穫を開始する「夜冷早出し作型」とされてきた¹⁾。小林ら⁷⁾は、短日夜冷処理により収穫期を9月下旬まで前進化することができたが、果実肥大や品質は定植後の自然の高温に影響を受けて不良になるため、一季成り性品種を用いた平坦地における収穫期の前進限界は10月中旬頃としている。また、植木ら¹⁸⁾も果実肥大、果実品質の点から実用上10月下旬が早出しの限界としている。しかし、促成イチゴは早出しするほど高値で取り引きされることから(第1図)、県内の一部地域では、10月の3,000円/kg以上という高単価販売をねらった、夜冷早出し作型よりさらに1か月程度早い10月上旬から収穫できる早出しの新作型に取り組む生産者がここ数年出てきている。

この10月上旬から収穫する新作型は、6月上旬に採苗、7月上中旬に夜冷による花芽分化促進処理を開始し、定植時期はお盆前後の8月中旬となるため、従来の夜冷早出し作型とは異なった栽培技術対応が必要である。そこで、栃木県では、夜冷早出し作型(8月下旬～9月上旬定植)とは区別し、「夜冷超早出し作型」という名称で統一している。

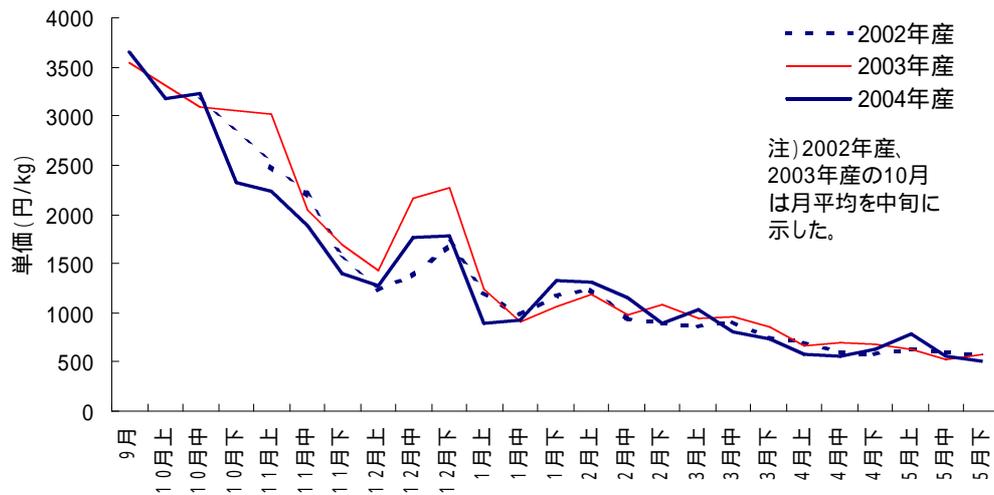
両者の違いは夜冷処理および定植の時期であるが、イチゴの生理生態に基づく最も大きな差異は、腋花房の分化までに要する時間に差があることである。すなわち、夜冷早出し作型の場合、「とちおとめ」では、1次腋花房は頂花房との花房間葉数が8～9枚で10月上旬頃に分化する。これに対し、夜冷超早出し作型では定植が高温長日期にあたるため、1次腋花房は花房間葉数が10枚以上にならないと分化しない。これは頂花房の生育を促進する条件が腋花房の分化に抑制的に働くため¹⁰⁾、また鈴木ら¹⁷⁾が、頂花房の分化後、高温や長日、多窒素条件におくと腋花房の分化は抑制されると報告しているとおり、1次腋花房の花芽分化促進処理を行わないと極めて大きな中休みが生じてしまい生産力が向上しない。

この対策として、松本¹⁰⁾は、頂花房の分化後しばらくの間は、花成誘導条件下で栽培する必要があるとしている。羽賀ら³⁾は、周年どり作型開発として短日処理と

10の冷却水を畝内に循環することにより連続した出蕾が可能としている。花成誘導条件である短日低温とするためには、東北地方では夏期冷涼な気象を利用して短日のみで1次腋花房の花芽分化促進が可能であるが、関東地方では短日処理によってハウス内の温度が上昇してしまう。また、循環水の冷却コストも無視できない。

一方、ハウス内の気温を低下させる技術として、小林ら⁸⁾が考案したウォーターカーテンを利用し、カーテン上に井水を散水して生じた気化潜熱による冷房法がある。これまで、地下水が確保できる場合には、本法は初期投資額の大きい冷房機を利用した夜冷施設に替わる簡便な方法としてパイプハウスを用いて栃木県内でも普及してきている(ウォーター夜冷)。しかしながら、10月上旬収穫開始の夜冷超早出し作型において1次腋花房の花芽分化促進を図る手法としては知見がない。

そこで、定植後の本圃における短日とウォーターカーテンを利用した夜冷処理(以下、本圃短日ウォーター夜冷処理)が、1次腋花房の分化に及ぼす影響について検討し、10月上旬から中休みなく安定して収穫できる新作型「夜冷超早出し作型」を開発した。また、高温期では羽賀ら³⁾の報告にあるように、頂花房の着花数が減少することから、育苗中の施肥が頂花房の着花数に及ぼす影響についても検討したので併せて報告する。



第1図 旬別イチゴ単価の推移 (JA全農とちぎ扱い)

試験方法

1. 本圃短日夜冷処理中の日長時間が1次腋花房の花芽分化に及ぼす影響 (2003年)

1) 試験実施場所

農業試験場栃木分場内にある多年張りのポリオレフェン (PO) フィルムを展張した間口5.4mのパイプハウスで試験を実施した。

2) 供試品種

品種は「とちおとめ」を供試した。

3) 装置および処理

本圃短日夜ウォーター夜冷の日長時間を8, 12, 16時間とし、ベッド冷却の有無を組み合わせた。

本圃短日夜ウォーター夜冷の装置については、ハウス妻面およびそれにつながる側面1mほどに遮光率100%の遮光資材 (シルバービニル) を張った。また、短日処理のため、同資材をハウスの梁から降ろし下端部にパイプを巻いて巻き上げ具をつけた (写真1)。ハウス内部にはウォーターカーテンを設置するとともにカーテンと外張りの間に50cm幅に30mm のパイプを2本設置した (写真2)。ハウスの端部には、カーテン上に気化潜熱により生じた冷気を効率よくハウス内部に循環させるた

めのファンを設置した。本圃短日ウォーター夜冷およびベッド冷却処理は定植後、根が活着した2003年8月18日から1次腋花房の分化を確認した9月13日まで行った。処理は午後4時30分から翌朝8時30分まで遮光率100%の遮光資材でハウス全体を覆いハウス内を暗黒状態にした (8時間日長)。同時に内張カーテンを展張するとともにカーテン上に設置した散水ノズルで井水 (17) を散水した (写真2)。ハウス妻際には循環扇を設置しハウス内の冷気を循環させた。また、12時間および16時間の日長は同一ハウス内を各日長時間区毎にシルバーポリフィルムで仕切り、遮光開始時より60W白熱電球をa当たり18個設置し電照処理で調節した (写真3)。なお、電照による照度は株直上でおおよそ60~140luxであった。

ベッド冷却については、ベッドの土中深さ4~5cmの位置に直径16mm のポリエチレン (PE) パイプを1ベッド当たり2本埋設し、17の井水を本圃短日夜ウォーター夜冷処理の期間中終日通水した。なお、ベッド長は20mであり、通水した井水は端部でハウス外に排水した。



写真1 ハウス外観



写真2 散水装置

4) 栽培概要および調査

2003年6月5日に空中採苗の苗を直径10.5cmの黒ポリポットに挿し苗で仮植した。7月9日～8月11日まで、日長時間は8時間で庫内温度は10一定で処理した。定植は頂花房の花芽分化を確認した後の8月11日に畝間100cm、株間24cmの2条植えで定植した。

育苗中の施肥は錠剤型肥料により1株当たり窒素成分で70mgを施用した。本圃の施肥は肥効調節型肥料を用い慣行の半分程度であるa当たり成分で窒素1.0kg、リン酸1.3kg、カリ1.4kgを施用し、12月下旬から液肥(19-19-19)でかん水毎に混合し、窒素、リン酸、カリ各1.0kgを追肥した。

1次腋花房の出蕾は10月31日まで連続し、以降見られなくなったことから、この時期までに出蕾した株を本圃ウォーター短日夜冷処理による処理有効株率とし供試個体中の割合を求めた。収量は7g以上を可販果として2004年4月末日まで調査した。

2. 育苗中の窒素施肥量が頂花房の着花数に及ぼす影響 (2004年度)

1) 試験実施場所

農業試験場栃木分場内にある多年張りのポリオレフィン(PO)フィルムを展張した間口5.4mのパイプハウスで試験を実施した。



写真3 本圃短日ウォーター夜冷処理中のハウス内部

2) 処理

育苗中の1株当たり窒素施肥量について、慣行の70mgを対照に210mg施用区を設定した。また、それぞれの区についてベッド冷却の有無を設定し、夜間を除いた午前8時30分から午後4時30分の間のみ行った。本圃短日ウォーター夜冷処理は8時間日長で行った。

3) 栽培概要および調査

2004年6月5日に空中採苗の苗を直径10.5cm黒ポリポットに挿し苗で仮植した。頂花房の花芽分化促進処理は夜冷庫を利用して7月9日～8月9日まで行った(8時間日長、庫内温度は10一定)。頂花房の花芽分化を確認した後の8月9日に畝間100cm、株間24cmの2条植えで定植した。育苗中の施肥は錠剤肥料(窒素成分70mg/錠)を1株につき1回当たり1錠施用し、窒素70mg区は1錠、窒素210mg区は3錠を3回に分け施用した。

本圃の施肥は、基肥としてa当たり成分で窒素1.0kg、リン酸1.3kg、カリ1.4kgを施用し、12月上旬から液肥(19-19-19)でかん水毎に混合し窒素、リン酸、カリ各1.0kgを追肥した。

本圃短日ウォーター夜冷処理およびベッド冷却は、定植後、根が活着した8月16日から1次腋花房の分化を確認した9月14日まで行った。収量は7g以上を可販果として2005年4月末日まで調査した。

結 果

1. 本圃短日夜冷処理中の日長時間が1次腋花房の花芽分化に及ぼす影響

1) 本圃短日ウォーター夜冷処理中の気温の変化

夜冷処理を開始すると約1時間でハウス内気温は20前後まで急激に低下し、その後は外気温の低下とともに日の出までの間に17~18まで緩慢に低下した(第2図)。また、ハウス内外の気温差は外気温が高いほど大きかったが、外気温が18では差がなくなった(第3図)。

2) ベッド冷却中の地温

地温の分布は、ベッド冷却無区では地中12~16cmまでの範囲では23~27であり、深さ8cmでも27~30であった。これに対し、ベッド冷却有区では深さ8cmでは22~27と3~5地温が低下した。また、深さ16cmでも2~3地温の低下が見られた(第4図)。

3) 日長およびベッド冷却が生育に及ぼす影響

9月8日調査では日長が長くなるほど葉柄長も長かったが、その他に差は認められなかった。9月29日では葉柄長、葉身長、葉幅、果梗長は、日長時間が長くなるほど大きく生育は旺盛となった。また、ベッド冷却有は無に比べ生育が旺盛であった(第1表)。

4) 日長およびベッド冷却が1次腋花房の分化に及ぼす影響

日長時間の影響をベッド冷却有でみると、9月10日の調査では8時間日長は概ね分化が進んでいたが、12時間および16時間日長では未分化であった。9月13日調査では12時間日長は分化が始まっていたが、16時間日長は全く分化していなかった。

ベッド冷却の影響は、その有無に関わらず16時間日長ではすべての株が未分化であった。12時間日長では9月10日の時点では有がすべて未分化であったのに対し、無は検鏡した5株中2株が肥厚で花芽分化がやや進んでいたが、9月13日では有がやや進んでいた。8時間日長では9月10日時点で無はすべて分化しており有と比べ進んでいた(第2表)。

5) 日長およびベッド冷却が開花および収穫に及ぼす影響

頂花房の収穫始期は10月6~8日で10月上旬出荷開始となった。処理別では、日長時間およびベッド冷却の有無に関わらず差は認められなかった。頂花房の着花数は10.9~12.0個で夜冷早出しに比べ少なかった。

処理有効株率は8時間日長区は55~60%、12時間では31.6~35.0%、16時間日長区はいずれも0%であった。1次腋花房の開花始期は8時間および12時間日長は10月下旬~11月上旬であったが、12時間日長は8時間日長に比べ2~4日遅かった。16時間日長は12月12日と開花が大幅に遅れた。開花日は8時間および12時間日長でばらついたが、その程度は12時間日長がより大きかった。16時間日長はばらつきが小さくほぼ齊一に開花した。

ベッド冷却の有無による1次腋花房の開花日への影響は、16時間日長を除いてはベッド冷却無はベッド冷却有に比べ開花が早まった。

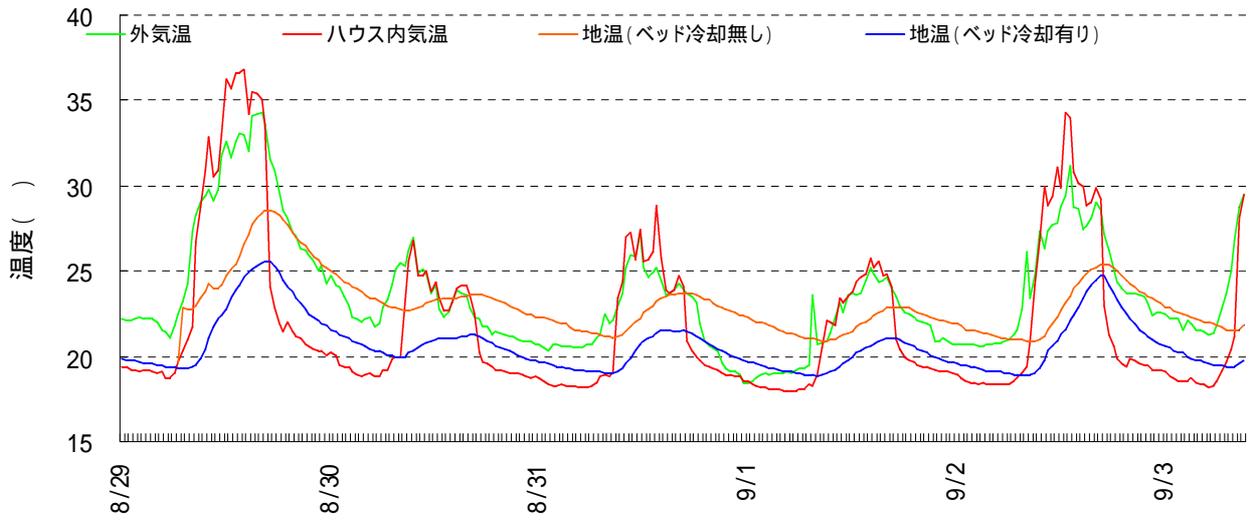
頂花房と1次腋花房の花房間葉数は日長が長くなるほど枚数は多く、また花房間葉数のばらつきは16時間日長は8および12時間日長に比べ小さかった。2次腋花房の開花始期は、日長が長くなるほど遅れたが、それは1次腋花房ほどではなかった(第3表、第5図)。

6) 日長およびベッド冷却が生育障害に及ぼす影響

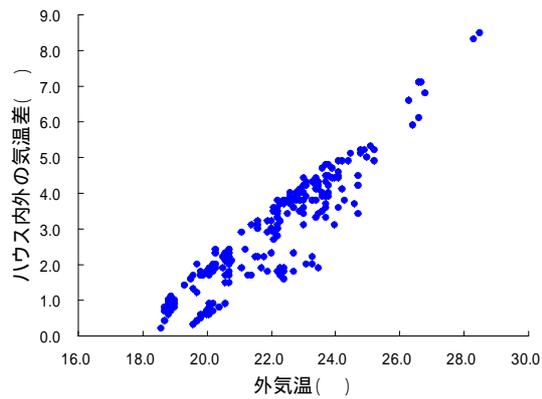
チップバーンの発生については、いずれの区でも発生株率は高かったが、処理間では16時間日長で発生株率、発生度ともに被害が大きかった(第4表)。

7) 日長およびベッド冷却が収量に及ぼす影響

年内収量は、ベッド冷却の影響は少なく、1次腋花房の早晩の影響が大きかった。参考の夜冷早出しの年内収量と比較すると8時間日長区が増収となり、8時間日長・冷却有が株当たり257gと最も優れた。総収量は、ベッド冷却無に比べて冷却有で多い傾向で、8時間日長・冷却有および無、12時間日長・冷却有で夜冷早出しに比べて多収となった。1果重は8時間および12時間日長では差がみられなかったが、16時間日長ではやや小さかった。また、ベッド冷却の有無では、10月は有が14.8gと無の13.6gより大きかった(第5表)。

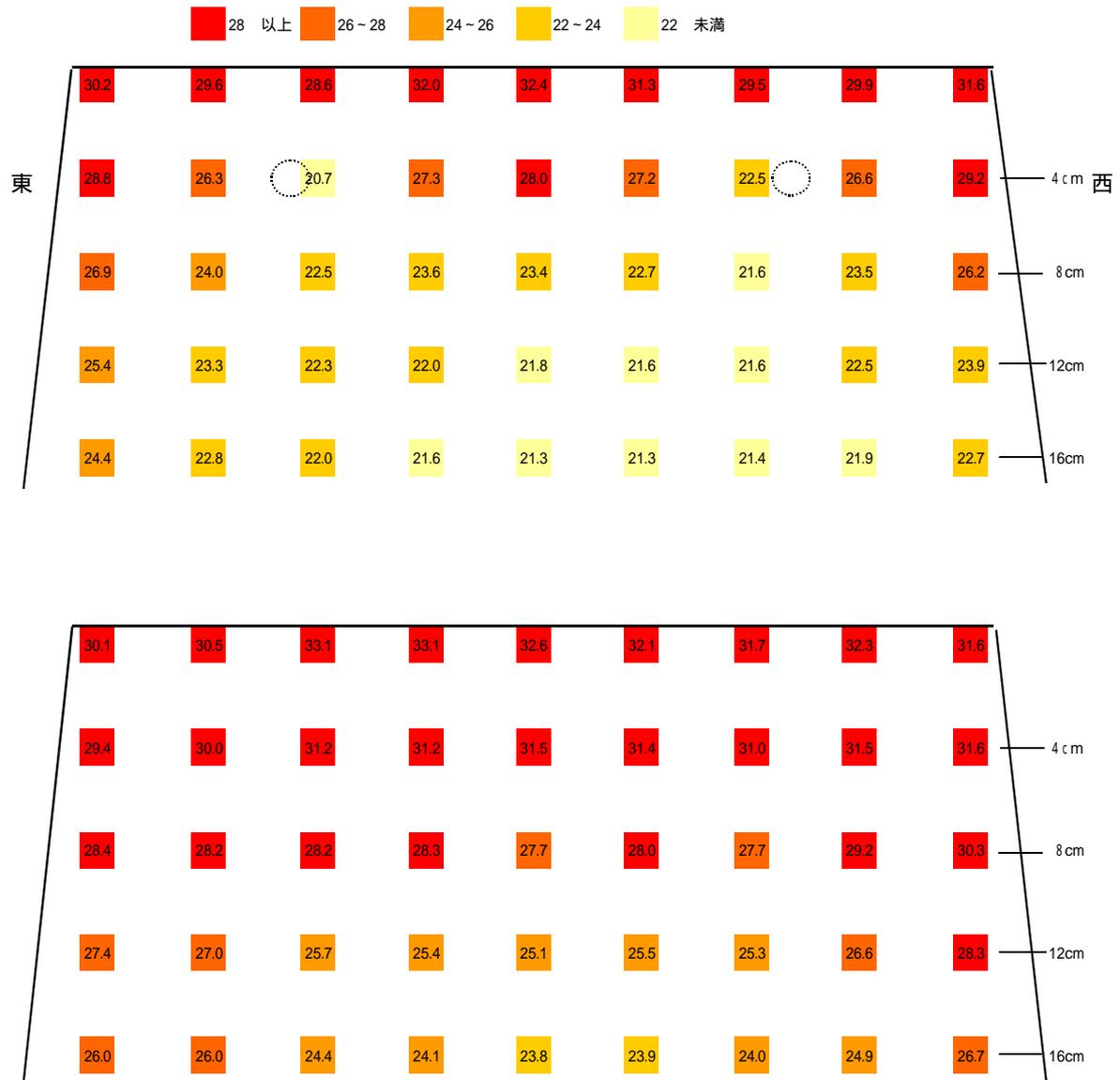


第2図 本圃短日ウォーター夜冷処理中の気地温の推移(2003年度 抜粋)



第3図 ハウス内外の気温差

注) 8/19 ~ 9/12 の午前0時~4時において30分毎に記録



第4図 ベッド冷却による地温の分布（上：冷却有 下：冷却無）

注）図中の数値は地温で上段は培地冷却有区、下段は冷却無区。

平成15年8月28日PM13:30測定、測定時の気象は快晴、外気温32~33、ハウス内気温35

○は冷却パイプの位置。

第1表 本圃短日ウォーター夜冷処理中の日長時間およびベッド冷却の有無が生育に及ぼす影響

処理 日長-ベッド冷却	9月8日				9月29日				
	葉枚数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅 (cm)	腋葉枚数 (枚)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅 (cm)	果梗長 (cm)
8 hr 有	8.4	12.0	11.4	8.6	3.6	14.2	13.4	9.3	20.3
	8.2	11.3	11.4	8.5	3.4	11.9	12.1	8.6	18.2
12hr 有	8.4	13.9	12.0	8.8	3.3	15.4	14.4	9.9	21.0
	8.3	12.9	11.6	8.7	3.3	13.4	13.7	9.2	19.5
16hr 有	8.3	15.0	11.8	8.7	2.8	17.8	15.5	10.8	29.1
	8.3	14.5	11.2	8.5	2.8	16.9	14.9	10.1	27.8

第2表 第1次腋花房の花芽分化状況

処理	第1次腋花房の花芽分化 ^{*1}		内葉数 ^{*2} (枚)
	9月10日	9月13日	
8hr 有			5.0
			4.6
12hr 有			5.6
			6.0
16hr 有			5.6
			6.2

注1) 花芽分化ステージ :未分化 :肥厚 :分化 :花房形成 :がく片
1記号は1個体を意味する。

注2) 内葉数: 日長8時間は9月10日、16・12時間は9月13日調査時点の結果

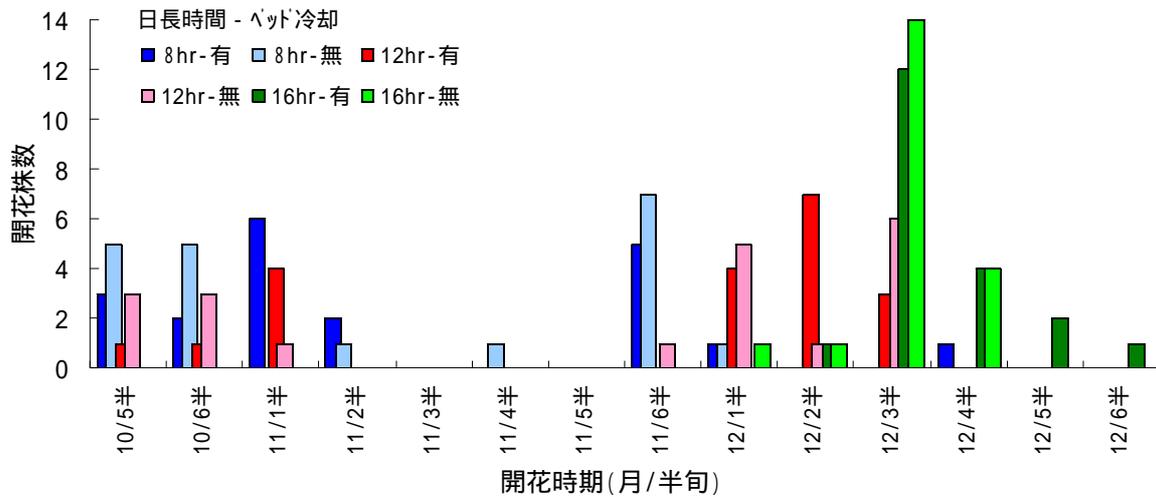
第3表 本圃短日ウォーター夜冷処理中の日長時間およびベッド冷却の有無が開花・収穫等に及ぼす影響

処理	頂花房			1次腋花房			花房間葉数		2次腋花房
	日長 - ベッド冷却	開花始期 ¹⁾	収穫始期	着花数	開花始期	処理有効株率 ³⁾	収穫始期	(頂・1次腋間)	開花始期
8hr 有		9/15	10/7	11.2	11/1 (16.9)	60.0	12/9	7.6 (3.0)	12/24
	無	9/15	10/6	10.9	10/27 (16.1)	55.0	12/2	7.2 (2.8)	12/22
12hr 有		9/15	10/8	11.8	11/5 (17.8)	31.6	12/16	10.4 (3.2)	1/7
	無	9/14	10/6	11.4	10/29 (21.7)	35.0	12/5	9.3 (4.2)	12/28
16hr 有		9/15	10/6	12.0	12/12 (5.3)	0.0	1/28	12.6 (0.9)	1/17
	無	9/13	10/6	11.4	12/12 (3.0)	0.0	1/31	12.5 (0.8)	1/16
夜冷早出し ⁴⁾		10/7	11/8	20.0	12/13		1/21	7.9	1/25

注1) 始期は供試株中3割が開花または収穫となった日 注2) ()内は標準偏差

注3) 10月31日までに収穫した株率

注4) 8月1日から夜冷処理を開始し8月30日に定植した作型(参考)



第5図 1次腋花房の開花時期別株数

第4表 チップバーン発生状況

処理	発生株率 (%)	発生度 (%)
8 hr 有	55.0	6.7
	無	45.0
12hr 有	50.0	6.0
	無	65.0
16hr 有	75.0	11.3
	無	100.0

調査日は11月23日、程度：1（軽）～3（甚）。

$$\text{発生度} = \frac{(\text{発生程度} \times \text{程度別葉数})}{\text{調査葉数}} \times 100$$

第5表 収量調査結果

処理	月別収量 (g/株)								階級別果数 (果/株)				可販果率 ²⁾ (g)	可販果1果重 ³⁾ (g)
	日長 - ベッド冷却	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	計 ¹⁾	25g以上	15-25	11-15		
8 hr - 有	117	47	93	91	178	229	127	883(257)	5.5	20.7	14.7	15.7	81.1	15.6 (15.5)
8 hr - 無	97	50	100	117	182	206	106	857(247)	5.2	18.7	16.6	15.2	85.5	15.4 (14.0)
12hr - 有	125	44	54	54	194	254	139	863(223)	5.0	20.9	15.9	13.2	84.8	15.7 (15.3)
12hr - 無	100	53	71	63	192	237	111	827(224)	4.0	19.3	15.2	16.0	79.4	15.2 (13.9)
16hr - 有	105	44	4	8	184	299	73	717(153)	2.2	17.3	15.4	15.7	76.6	14.2 (13.6)
16hr - 無	95	41	3	12	186	281	70	688(139)	2.3	16.6	13.6	15.8	77.1	14.3 (12.9)
要 8 hr日長	107	48	97	104	180	217	116	870(252)	5.3	19.7	15.6	15.4	83.3	15.5 (14.8)
12hr日長	112	49	63	58	193	245	125	845(224)	4.5	20.1	15.6	14.6	82.1	15.4 (14.6)
因 16hr日長	100	42	3	10	185	290	71	702(145)	2.2	16.9	14.5	15.7	76.9	14.2 (13.3)
別 ベッド冷却有	116	45	50	51	185	261	113	821(211)	4.2	19.6	15.3	14.8	80.8	15.2 (14.8)
別 ベッド冷却無	97	48	58	64	187	241	96	790(203)	3.8	18.2	15.1	15.6	80.7	15.0 (13.6)
夜冷早出し (参考)	131	87	122	161	238	99	838(218)						16.6	

注1) カッコ内は12月未までの収量。 2) 可販果率は7g以上で果数比。 3) カッコ内は10月の1果重。

2. 育苗中の窒素施肥量が頂花房の着花数に及ぼす影響

1) 育苗中の施肥量が苗質および花芽分化に及ぼす影響

定植時において、根重には差がなかったものの、210mg区は70mg区に比べ、葉面積やクラウン径が大きく、葉色は濃く、花芽分化は進んでいた。また、葉柄中の硝酸態窒素は210mg区では28.7ppmであったが、70mg区では5ppm未満であった(第6表、写真4)。

2) 育苗中の施肥量が1次腋花房の分化に及ぼす影響

1次腋花房の分化時期については各処理間における差は判然としなかった(第7表)。

3) 育苗中の施肥量が生育に及ぼす影響

9月15日の地上部の生育は210mg区は70mg区に比べ旺盛であったが、ベッド冷却の有無で差は認められなかった。12月8日では逆に70mg区は210mg区に比べ葉

面積⁴⁾が大きく、ベッド冷却有は無に比べ大きかった。特に70mg・冷却有の葉面積は42.9cm²と最も大きかった(第8表)。

株重および根重は、9月10日調査では根重は210mg区が70mg区より、またベッド冷却無は有より大きかった。10月14日調査では株重、根重ともに処理間差は判然としなかったが、地下20cmより深い部分の根重については冷却有区でやや大きい傾向であった(第9表、写真5)。

4) 育苗中の施肥量が花房の分化に及ぼす影響

210mg区は70mg区より頂花房の開花および収穫がやや早まった。また、頂花房の着花数は210mg区は70mg区より株当たり1～2個増加した。本圃短日夜冷処理有効株率は90～100%と全体に高かったが、1～2次腋花房の開花および頂花房と腋花房の花房間葉数については

処理間に大差は認められなかった(第10表)。

5) 育苗中の施肥量が収量に及ぼす影響

210mg区は70mg区に比べ乱形果が若干多くなったが、頂花房の収量は15.4~22.3%増加した。1次腋花房以降では収量に及ぼす影響は判然としなかったが、頂花房とは逆に70mg区は210mg区に比べ、1次腋花房で1果重がやや大きくなり、2次腋花房では収穫果数がやや多かった。そして、全体収量では70mg区の方が2.6~3.4%向上した。規格別収量では、頂花房では1果重25g以上の割合が210mg区で高かったのに対し、1次腋花房では逆に70mg区の方が高くなった。

ベッド冷却の有無による収量への影響は認められなかった(第11表)。



写真4 施肥量による生育差(左70mg、右210mg)

第6表 定植時の苗質

処理 N施用量	株重	根重 (g)	葉柄長 (g)	葉身長 (cm)	葉幅 (cm)	葉面積 ¹⁾ (cm ²)	クワン径 (m ²)	花芽分化 ²⁾ (cm)	内葉数 (枚)	NO ₃ ⁻ ³⁾ (ppm)	葉色 ⁴⁾
70mg	20.9	12.0	11.6	8.1	5.6	28.0	9.9	3.1	4.1	5未満	38.1
210mg	24.2	11.7	14.0	9.6	6.3	37.1	10.5	3.9	3.8	28.7	43.3

注1) 小葉面積(y)は展開第3葉の中心葉について調査し、葉身長と葉幅の積(x)により次式から算出⁴⁾

$$y = 0.746 + 0.601x \quad r = 0.995^{**}$$

2) 花芽分化指数 未分化:0 肥厚:1 分化:2 花房分化:3 ガク初生:4

3) NO₃⁻はRQレックスで測定。

4) ミノルタ葉色計(SPAD-501)で測定。

第7表 腋花房花芽分化

処理 N施用量-ベッド冷却	9月7日		9月10日		9月14日	
	花芽分化	内葉数(枚)	花芽分化	内葉数(枚)	花芽分化	内葉数(枚)
70mg - 有		5.3		5.3		4.2
70mg - 無		5.5		4.4		5.6
210mg - 有		5.6		5.7		5.2
210mg - 無		6.8		6.2		5.0

注1) 花芽分化ステージ :未分化 :肥厚 :分化 :花房形成
:がく片以降(未分化には肥厚初期を含む)

第8表 窒素施用量およびベッド冷却が生育に及ぼす影響

処理 N施用量-ベッド冷却	9月15日				12月8日			
	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅 (cm)	葉面積 ¹⁾ (cm ²)	葉柄長 (cm)	葉身長 (cm)	葉幅 (cm)	葉面積 (cm ²)
70mg - 有	10.7	11.9	8.6	62.3	8.7	9.1	7.7	42.9
70mg - 無	10.5	11.9	8.7	63.0	9.2	8.0	6.1	30.1
210mg - 有	12.3	13.4	9.7	78.9	9.0	8.1	6.1	30.4
210mg - 無	13.0	13.5	9.8	80.3	9.3	7.7	5.9	28.0

注1) 小葉面積(y)は展開第3葉の中心葉について調査し、葉身長と葉幅の積(x)により次式から算出⁴⁾ $y = 0.746 + 0.601x \quad r = 0.995^{**}$

第9表 窒素施用量およびベッド冷却が株重・根重に及ぼす影響

N施用量 - ベッド冷却	9月10日		10月14日	
	株重 (g)	根重 (g)	株重 (g)	根重 ¹⁾ (g)
70mg - 有	31.6	15.6	52.6	30.5 (4.0)
70mg - 無	38.0	19.7	48.7	25.8 (2.6)
210mg - 有	43.6	20.4	50.5	27.8 (4.2)
210mg - 無	48.4	23.1	52.4	30.0 (3.5)

注1) ()内は地下20cmより深い部分の根重。



70mg・ベッド冷却有



70mg・ベッド冷却無



210mg・ベッド冷却有



210mg・ベッド冷却無

写真5 ベッド冷却が地下部の生育に及ぼす影響

第10表 開花等調査結果

処理 N ^レ ヲット ^レ 施用量-冷却	頂花房			1次腋花房			2次腋花房		処理有 効株率 ²⁾ (%)	頂-1次腋 花房間 葉 数 (枚)
	開花日 (月/日)	着花数 (個)	収穫日 (月/日)	開花日 (月/日)	着果数 (個)	収穫日 (月/日)	開花日 (月/日)	収穫日 (月/日)		
70mg - 有	9/16	15.0	10/5	10/28	22.3	11/26	12/14	1 /25	90	6.1
70mg - 無	9/17	15.0	10/7	10/30	22.5	12/ 1	12/14	1 /26	100	6.3
210mg - 有	9/14	16.3	10/1	10/29	23.5	11/30	12/13	1 /25	100	6.0
210mg - 無	9/14	17.6	10/2	10/30	21.4	11/28	12/14	1 /26	100	6.2
夜冷早出し ³⁾	10/ 2	16.2	11/2	12/ 4	21.8	1 /11	1 /12	2 /25		8.5

注1) 開花日は平均で、収穫日は供試株中3割の株が収穫となった日。

2) 11/5までに1次腋花房が出蕾した株を本圃短日夜冷処理有効株とした。

第11表 窒素施用量およびベッド冷却が収量に及ぼす影響

処 理	月別収量(g/株)								収穫果数 (個/株)	1果重 (g/果)	可販 果率 (%)	乱形 果率 (%)	
	N施用量 - ヲット ^レ 冷却	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月					計
頂 花 房	70mg - 有	114	30	0					143	11.6	12.4	88.6	19.5
	70mg - 無	105	43	1					149	12.5	11.9	90.0	16.4
	210mg - 有	126	47	2					175	14.1	12.4	91.7	21.0
	210mg - 無	126	45	0					172	13.9	12.3	89.3	25.2
一 次 腋	70mg - 有		42	142	52	9			246	16.4	15.0	92.1	13.9
	70mg - 無		21	165	84	12			282	18.3	15.4	94.2	16.4
	210mg - 有		18	167	77	3			265	17.9	14.9	92.6	17.3
	210mg - 無		17	161	65	3			245	17.3	14.2	92.5	16.9
二 次 腋	70mg - 有				32	144	173	136	485	29.2	16.6	92.6	6.4
	70mg - 無				23	152	137	106	418	26.4	15.8	92.3	6.0
	210mg - 有				20	138	143	103	405	25.5	15.9	91.8	7.8
	210mg - 無				28	158	136	88	410	24.9	16.5	92.3	6.2
全 体	70mg - 有	114	72	142	84	153	173	136	874	57.1	15.3	91.8	11.2
	70mg - 無	105	64	165	107	165	137	106	849	57.2	14.8	92.5	11.8
	210mg - 有	126	66	169	97	142	143	103	845	57.4	14.7	92.0	14.1
	210mg - 無	126	62	161	93	160	136	88	827	56.1	14.7	91.7	14.3
夜冷早出し(参考)		132	53	84	183	193	77	722	48.2	15.0			

処 理	階級別収量割合(%)						計
	N施用量 - ヲット ^レ 冷却	25g以上	15~25g	11~15g	11~7g	7g未満	
頂 花 房	70mg - 有	2.3	28.5	27.7	30.0	11.4	100.0
	70mg - 無	0.8	28.8	23.6	36.8	10.0	100.0
	210mg - 有	8.2	20.3	32.2	31.0	8.3	100.0
	210mg - 無	7.6	19.9	28.2	22.5	10.7	100.0
一 次 腋	70mg - 有	12.8	39.9	22.6	16.9	7.9	100.0
	70mg - 無	14.0	40.7	22.3	17.2	5.8	100.0
	210mg - 有	11.0	42.5	24.8	14.4	7.4	100.0
	210mg - 無	10.9	41.7	20.4	19.5	7.5	100.0
二 次 腋	70mg - 有	25.3	36.2	16.8	14.4	7.4	100.0
	70mg - 無	24.4	38.4	16.8	12.8	7.7	100.0
	210mg - 有	23.5	35.5	18.5	14.3	8.2	100.0
	210mg - 無	26.1	35.8	14.8	15.6	7.7	100.0
全 体	70mg - 有	17.9	35.9	20.2	17.8	8.2	100.0
	70mg - 無	16.8	37.4	19.8	18.6	7.5	100.0
	210mg - 有	16.4	34.5	23.3	17.8	8.0	100.0
	210mg - 無	17.7	34.1	19.3	20.6	8.3	100.0

注. 階級別収量割合は果重比.

考 察

夜冷^{14) 5) 11) 12) 15)} 処理開始時期を早めるほど収穫始期は早まる¹⁸⁾。しかし、高単価が期待される10月上旬から収穫するために、8月上中旬に定植した場合、高温長日条件のため、腋花房が分化せず極めて大きな中休みが発生し、実用上問題がある。そこで、本試験では、本圃においてウォーターカーテンによる気化潜熱を利用した夜冷⁸⁾と短日処理(以下、本圃短日ウォーター夜冷処理)により第1次腋花房を連続的に分化させる技術を検討し、新作型「夜冷超早出し作型」を開発した。

本圃短日ウォーター夜冷処理中の日長時間の影響については、ウォーター夜冷処理が本試験の場合17 という井水の温度以下には下がらなかったことから、温度によらず花芽分化促進効果がある8時間日長⁵⁾を基本とした。しかし、1次腋花房の花芽分化促進と併行して頂花房の花房発育と生育量を確保する必要があることから、より日長時間の長い12時間および16時間日長も検討した。

その結果、16時間日長の処理有効株率は0%で、1次腋花房の開花は夜冷早出し作型と同じ時期となった。16時間日長はこの時期の自然日長時間を超えており、やはり低温のみでは1次腋花房の花芽分化は起こらなかった。また、12時間日長は、一般に花芽分化の限界日長とされ、本試験においては腋花房の花芽分化促進と併行して頂花房の発達を促進させるため設定したが、短日夜冷の処理有効株率が低く効果が安定しなかった。このことから、10月上旬どりのための本圃短日ウォーター夜冷処理における日長時間は8時間日長が適当と判断された。しかし、2003年度試験においては、最も処理効果が高かった8時間日長でも1次腋花房に対する処理有効株率は60%程度であった。このことは、本圃短日ウォーター夜冷処理を終了した9月13日は定植前においては自然日長で花芽分化する時期であるが、本試験では定植後で株が旺盛に生育しており、基肥を慣行の半分程度に抑えたものの、1次腋花房の分化が不十分な個体では栄養生長に傾き、花芽の抑制を起こしたことが原因と考えられた。

本試験のように高温期の花芽分化および花房発育では、頂花房の着花数が減少することが報告されており³⁾、2003年度の試験においても着花数は11個前後と夜冷早出し作型の20個の約半数となった。これは、宍戸ら¹³⁾が報告しているように、頂花房の着花数減少の原因として生

長点部の栄養条件が不良になるためと考えられた。イチゴ苗の体内窒素レベルは花芽分化や発育に関与し、それが高いと花成誘導や花芽分化に関しては抑制的に、花芽の発育に関しては促進的に働くことが報告されていることから^{1) 2) 6) 9)}、本試験においては、育苗期間60日としては70mg区ではやや窒素施用量が不足したものと考えられる。そこで、2004年度試験においては、育苗中の窒素施用量を株当たり210mgにしたところ、70mg区に比べ着果数がやや増加し開花も早まるとともに、頂花房の果実肥大が優れた。このことから、育苗中2回目の追肥が効き始めた7月中旬までには花成が誘導され、その後の多窒素条件により花芽の生育が促進されたと考えられる。しかし、210mg区で乱形果率も高くなったことから、規格等級を考慮した場合、育苗中の最適な窒素施用量はその間にあると考えられた。210mg区では頂花房の果実肥大が優れたが、腋花房では逆に70mg区の方が果実の肥大は優れ、全体として同区の方が収量性に優れたことから、育苗中の施肥の影響は頂花房のみに及ぶものと推察された。前川ら⁹⁾の報告でも育苗中の窒素施用量の多少は収穫開始2か月目までは及ばないとしている。腋花房も含めた収量性の向上を図るためには、本圃の施肥条件等を検討する必要があると考えられた。いずれにしても、前川ら⁹⁾が、開花数決定時期は花房形成・発達過程の比較的後期にあるとしているように本圃の施肥条件の影響が大きいと推察された。

ベッド冷却の効果については、2003年度試験では特に10月の収量が向上した。高温期の果実肥大は同化産物が蓄積される前に着色して収穫期を迎えるため、果実肥大が劣るが^{7) 13) 16) 19)}、羽賀ら³⁾が畝冷却により夏期の果実肥大が良好となったことを報告しているのとおり、本試験においても、ベッド冷却により植物体の生育が健全となり、頂花房の果実肥大が促進されたと考えられた。しかし、2004年度試験では、その効果は判然としなかった。2003年度は終日ベッド冷却を行ったのに対し、2004年度では夜間に冷却を行わなかったことが一要因と推察されるが、冷却方法についてはさらに検討する必要がある。

本作型における4月末までの総収量は2003年度試験では最も高かった8時間日長・ベッド冷却有で株当たり883gとなったが、参考とした夜冷早出し処理に比べ3.8%の増加にとどまった。これは前述のとおり、最もウォーター短日夜冷処理が有効であった8時間日長でも処理有効株率が60%で、全体として1次腋花房の収穫が遅れ

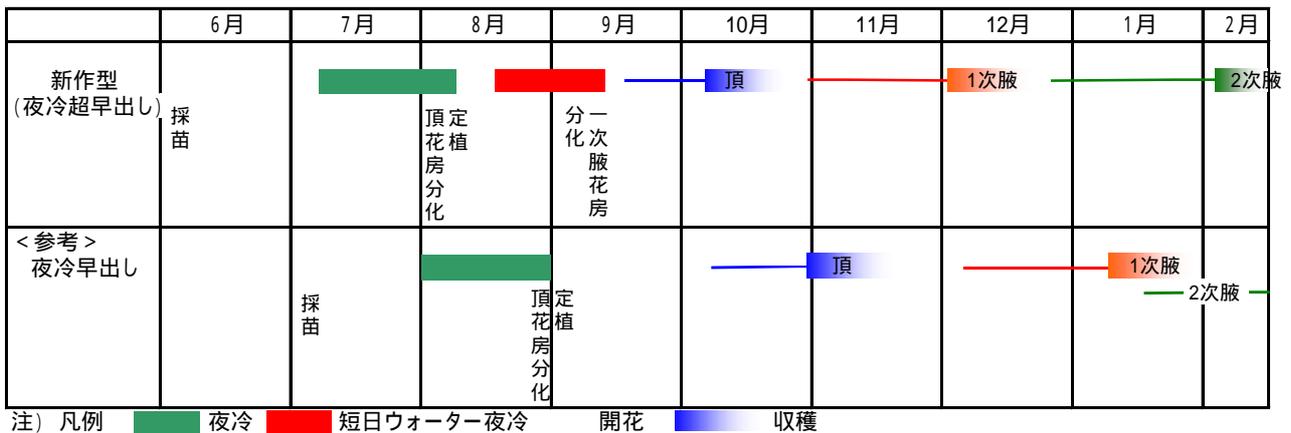
たことが原因と考えられた。また、2004年度では頂花房の収量は育苗中の窒素施用量210mg区では株当たり170gを越え、70mg区に比べ2割収量が高かった。さらに、年内収量は最も高かったベッド冷却有が361gで年内収量は同年の夜冷早出し作型に比べ最大95%向上した。2004年度の処理が8時間日長で前年の8時間日長区と同じであること、また処理有効株以外の株の1次腋花房の開花が大幅に遅れたことを考慮すると、本圃短日ウォーター夜冷処理の処理終了は腋花房が確実に分化した後にすることが収量増のポイントとなると考えられる。

以上、ウォーターカーテンを利用した本圃短日夜冷処理により、10月上旬から連続して収穫できる夜冷超早出し作型を開発した。本作型の栽培体系を第7図に示した。それは、6月上旬に採苗仮植し、育苗中窒素成分で70mgを基本とするが、210mg施用することで頂花房の肥大が良くなる。7月上旬からおよそ1か月間夜冷処理

(夜間10一定、8時間日長)を行い頂花房の花芽分化促進処理を行う。8月上旬に慣行の半分の窒素肥料を基肥とした本圃に定植する。活着後に本圃短日ウォーター夜冷処理を8時間日長で9月中旬まで行い、1次腋花房の花芽分化を十分に確認した後に処理を終了する。

保温のためのビニルに張り替える、というものである。本技術は本圃において冷房施設を必要とせず、10月上旬から安定して収穫できるため、単価が高い年内の収量は、従来の夜冷早出しに比べ2倍近くとなり経済的メリットは大きい。しかし、短日夜冷処理中の遮光資材の展張や処理終了時の保温資材への張り替え等に労力がかかる、さらには連棟ハウスでは実施が難しい、といった問題もある。この問題を解決するためには、夜冷库等を利用して1次腋花房まで分化させた後に定植するなどの技術開発が必要と考えられる。

第7図 新作業型(夜冷超早出し)の栽培体系



謝辞

本研究を遂行するに当たり、小倉東次郎技査、浅川利子主任技術員、荒川秀樹主任技術員には試験圃場の管理並びに調査等に多大なご協力をいただいた。また、本稿を執筆するに当たり、関係者の方々に貴重なご助言・ご指導をいただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

引用文献

1. 藤本幸平・木村雅幸(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・適葉・植物

調節物質および苗冷の影響について。園芸要旨。昭44(秋):162~163。

2. 藤本幸平・木村雅幸(1970)イチゴの花成に関する研究(第3報)花芽分化・発達におよぼす窒素の影響について。園芸要旨。昭45(春):174~175。

3. 羽賀 豊・越川兼行・石垣要吾(1996)イチゴの周年穫り新作業型の開発に関する研究(1)。岐阜県農業総合研究センター研報9:11-19。

4. 石原良行・高野邦治・植木正明他(1996)イチゴ新品種「とちおとめ」の育成。栃木農試研報44:109-123

5. Ito & Saito(1962)Studies on the Flower Formation in the

- Strawberry Plants . 1 . Effects of Temperrature and Photoperiod on Flower Formation. Tohoku Jour. Agr. Res . 13 : 191-203 .
- 6 . 川里 宏・中枝 健 (1977) イチゴの促成作型確立に関する研究 第1報 花芽分化期前後の葉柄中の硝酸態窒素濃度が花成並びに収量に及ぼす影響 . 栃木農試研報12 : 105 ~ 112
- 7 . 小林 保・小林尚武 (1996) 秋どりイチゴの果実重並びに内容成分等品質からみた作期前進限界 . 兵庫県農業技術センター研報〔農業編〕44 : 31-34 .
- 8 . 小林有一・志賀 徹・藤重宣昭・齋藤高弘・伊庭慶昭 (1997) 井水散水による温室の冷房法(1) , 夜間冷房の熱負荷解析 . 農業施設28巻2号 : 61-68 .
- 9 . 前川寛之・峯岸正好 (1991) イチゴの花成誘導期における施肥の影響 . 奈良農試研報22 : 43-48 .
- 10 . 松本 理 (1991) イチゴの花成と休眠の制御に関する栽培学的研究 . 山口研農試特別研報31 : 1-102 .
- 11 . 松村雅彦 (1991) 夜冷処理によるイチゴの花芽分化促進方法 . 静岡県農試研報36 : 113 ~ 120 .
- 12 . 峰岸正好・信岡 尚・前川寛之 (1988) 低温短日処理によるイチゴの花芽分化促進と収穫期の前進化 . 奈良農試研報19 : 39 ~ 46 .
- 13 . 森 利樹 (1998) 花芽形成期の温度がイチゴ果実のそう果数と果重に及ぼす影響 . 園学雑67(3) : 396-399 .
- 14 . 森下昌三・山川 理 (1991) 一季成り性イチゴの短日低温処理に対する感受性の品種間差 . 園学雑60(3) : 539 ~ 546 .
- 15 . 成川 昇 (1986) イチゴの夜間低温処理による花芽分化促進効果 . 農業及び園芸61 : 884-886 .
- 16 . 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・茶業試験場研究報告 C . 1 : 45-61 .
- 17 . 鈴木当治・二宮敬治・塚本由雄 (1962) 促成イチゴの花芽 , 花房分化発達に関する研究 第2報 , 花芽 , 花房分化発育の環境変異について . 静岡農試研報7 : 23-31 .
- 18 . 植木正明・須崎隆幸・高野邦治 (1993) イチゴ女峰の夜冷短日処理における処理開始時期の影響 . 栃木農研報40 : 75-82 .
- 19 . 三浦周行・吉田 澗・山崎 篤 (1994) イチゴ果実の大きさに及ぼす温度の影響 . 園学雑62 (4) : 769-774 .