

온도와 일장의 자동조절에 의한 딸기의 화아분화와 생육특성

김운섭* · 김태일 · 최재현 · 서관석 · 원승호¹ · 윤화모²
충남농업기술원 논산딸기시험장, ¹건양대학교, ²배재대학교

Flower Bud Differentiation and Growth Characteristics of Strawberry through Automatic Control of Temperature and Day Length

Kim, Woon-Seop* · Kim, Tae-Il · Choi, Jae-Hyeon · Seo, Kwan-Seok · Won, Seung-Ho¹ · Yoon, Wha-Mo²

Chungnam Agricultural Research and Extension Service, Nonsan Strawberry Experiment Station, Nonsan 320-860, Korea

¹Dept. of Mechanical Engineering, Keonyeang University, Nonsan 320-711, Korea

²Dept. of Horticultural Science, Paichai University, Taejeon 302-735, Korea

*corresponding author

ABSTRACT This experiment was conducted to investigate the effect of the automatic control of night temperature and day length on the flower bud initiation growth responses and yield of strawberries. Flower bud initiation was observed only 14 days after treatment in plants forced with automatic system but not in plants forced with traditional methods, and flower bud development was further progressed by an automatic system. In general, the crown diameter of runner plants derived from strawberries grown with the automatic system was smaller than those from the plants grown under hand-operated system and this tendency was clear in plants placed at middle and low position during forcing. The rate of transpiration was higher in plants treated with hand operated method but the content of chlorophyll was lower than those treated with the automatic system. Results indicated that automatic system has an advantage in stimulation of flower bud initiation and improving the quality of runner plants.

Additional key words: automatic control system, chlorophyll, transpiration

서 언

딸기의 화아분화는 저온, 단일조건 및 질소농도 등의 복합적인 영향을 받으며, 분화가 이루어진 후에는 장일에서 발육이 촉진된다(安, 1988; Darrow와 Waldo 1937; 羅 등, 1992). 특히 온도는 일장보다 중요하게 작용하며 일장은 보조적으로 작용하는 특징을 지닌다(古谷, 1992; 藤本와 木村, 1969). 따라서 예냉고를 이용한 암흑냉장법이 많이 이용되어 왔으나 묘소질이 심하게 나빠지는 문제점이 있다. 최근에는 온도와 일장을 인위적으로 조절하여 화아분화를 촉진시키는 방법으로 야냉육묘법(本多, 1965; 金, 1995)이 이미 보급되었으며 화아분화에 필요한 기간은 20일 정도라고 보고되어 있다(鄭 등, 1994). 그러나 야냉육묘 과정에서 육묘대차를 입·출고하는 작업이 수작업으로 진행되기 때문에 많은 노력이 소요되며 또한 육묘대차의 입·출고 시간이 다른 작업과 겹치기 때문에 번거로움이 많다.

특히 농촌의 노동력이 고령화 되어가고 있어 노동력을 절감시키면서 화아분화를 효율적으로 시킬 수 있는 자동화 장치의 개발이 요구되어 왔다. 본 연구는 온도와 일장이 자동 조절되는 자동화 육묘장을 개발하여, 화아분화 진행 정도와 생육 및 수량성에 미치는 영향을 구명하고자

본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

공시품종 및 육묘

본 연구는 '97년 4월 1일부터 '98년 5월 31

일까지 논산딸기시험장 포장에서 실시하였다. 축성용 품종인 여봉을 공시하여 노지포장에서 6월 초순부터 15공 연결포트에 피트모스와 펄라이트를 1:1로 혼합한 상토를 넣은 후 런너를 유인하여 포트에 자묘를 발근시켰다. 화아분화 처리를 위해 8월 1일 런너를 절단하여 관부직경이 0.5mm 이상 되는 묘를 선발했다.

야냉육묘 시설

자동화 야냉육묘 시설(온도와 일장의 자동조절)은 수동식 육묘시설에서 주간에 밖으로 자묘를 내놓는 노력을 경감시키고자 육묘실내에 보관하면서 일장을 자동조절하게 설계되었다. 즉 밀폐된 육묘실의 천창을 자연광이 투과되도록 투명 아크릴로 설치하고 그 위에 자동으로 개폐가 가능한 차광 스크린을 설치하여 주간에는 스크린을 열어 자연광이 육묘실내로 투과되고, 야간에는 스크린을 닫아 암흑상태로 유지시켰다. 일장과 온도는 타이머에 의해 자동 조절하였다. 육묘실 내부는 육묘용 선반을 앵글로 5단으로 벤취(가로 300cm×세로 70cm×높이 180cm)를 설치하고 광반사를 좋게하기 위해 벽면의 상·하·좌·우 전면은 반사필름을 부착하였다.

처리 및 조사방법

딸기 화아분화촉진 처리는 전술한 바와 같이 육묘한 딸기묘를 8월 11일 시설내에 입고하여 8월 31일까지 20일간 실시하였다(Fig. 1).

단일처리방법은 오전 9시 30분부터 오후 5시 30분까지 8시간동안 천창이 자동 개폐되어 자연광이 투과되도록 하였다. 주간온도는 자동으로 25°C±1로 고정시켰고 야간인 오후 5시 30분부터 익일 9시30분까지 16시간 동안은 온도는 13°C±1로 유지시켰다. 대조구인 수동식 야냉육묘의 일장과 온도처리는 자동화 육묘방법과 같은 시간에 실시하였으며 관수는 2일 간격



Fig. 1. Photograph of an automatic control system of temperature and day length.

* This study was financially supported by the Ministry of Agriculture and Forestry.

으로 1회씩 전 처리기간 동안 실시하였다. 자동화 야냉시설 내부에 투과되는 빛의 양을 알아보고자 처리 10일 후인 8월 10일 오후 1시에 조도계로 광량을 측정하였다.

일장 및 저온처리가 끝난 묘는 재식거리 55×20cm 간격으로 2줄로 정식하고 무휴면 축성 재배를 하였다. 온도관리는 11월 1일부터 주간 24℃, 야간 10℃가 유지되도록 하였다. 화아분화 조사는 단일 야냉처리 14일째부터 3일 간격으로 5주씩 자료의 생장점을 채취하여 실제현미경을 통하여 4단계로 구분하여 검정하였고, 자동화 육묘시설내 선반위치에 따른 차이점을 알아보기 위해 5단의 벤치 중 1, 3, 5단의 위치를 상, 중, 하단으로 구분하여 조사하였다. 또한 처리기간 동안에 자료의 생육과 엽록소 함량, 증산량의 변화를 관찰하였다. 정식 후 포장에서 생육과 수량성 등은 농촌진흥청 조사기준에 준하여 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 단일야냉 처리에 의한 묘 생육

단일야냉 처리에 의한 묘의 생육을 비교한 결과, 묘가 입고된 상태에서 천장의 차광 스크린만 개폐하는 자동화 야냉육묘 시설은 낮에 밖으로 묘를 노출시키는 수동식 야냉육묘 처리묘보다 엽병장이 도장하는 경향을 나타냈으며, 특히 중·하단으로 갈수록 엽병의 길이가 길었다. 육묘용 선반의 위치별 엽병장 크기를 보면 상단은 수동식과 같이 6.2cm를 보인 반면 중단과 하단은 각각 9.4cm, 9.5cm였다. 이때의 각각의 조도는 상단 69,400 lux, 중단 10,600 lux, 하단이 6,100 lux, 수동식이 26,400 lux였다(Table 1, 2).尹과 柳(1992)는 딸기 생육기에 25℃ 조건에서는 광포화점이 28,000 lux라고 보고하였고, Guttridge와 Anderson(1976)의 연구에서도 딸기 엽병의 세포신장이 강광보다 약광하에서 증가되었다고 보고한 결과로 미루어 볼 때 자동화 야냉시설은 천창 개폐에 의해 상단은 충분한 광을 확보할 수 있었으나 중단이나 하단은 그들이 형성되어 충분한 광을 확보할 수 없어 차광효과에 의해 엽병장이 신장한 것으로 사료된다. 또한 자료는 제시하지 않았지만 하단부분에서는 엽수출현이 다소 빠른 경향이 있었다. 관부 직경도 대조구인 수동식 단일야냉처리가 6.5mm인 데 반해 자동화 단일야냉 처리에서는 4.8~5.3mm 정도로 약간 적게 나타났다. 그러나 엽장과 엽폭은 큰 차이가 없었다. 단일 야냉 처리 동안의 생육은 자동화 시설에 의한 처리에서 약간 도장하는 경향을 보였고 관부 굵기가 가늘어지는 현상을 보였다.

2. 화아분화의 진행

자동화 야냉시설을 이용한 화아분화의 진행 정도를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 야냉처리를 시작한 14일째 약 20% 정도가 화아분화 초기에 돌입하였으며 자동화 야냉시설과 수동식 모두 비슷한 경향을 보였다. 처리 17일째는 20% 이상 화아분화가 이루어졌고 80% 이상이

화아분화 초기단계에 돌입된 양상을 나타내었다. 자동화 야냉시설내 육묘용 선반의 위치별 화아분화 차이는 분화초기는 중, 하단에서 약간 빨리 시작되었으나 처리 20일 후에는 상단에서 먼저 화방분화기에 돌입하였다. 이것은 Shino-hara와 Kawasaki(1990)의 실험에서 야간 13℃온도와 8시간의 단일처리로 여봉 품종이 17일 후에 화아가 형성한다고 보고한 것보다 화아분화 시기가 조금 빠른 경향을 보였다.

처리 20일째는 모든 처리구에서 화아가 분화되었고 50% 이상 화방분화초기 단계로 진행되었다.鄭 등(1994)은 야냉처리 20일 뒤에 70% 이상이 화방분화기 단계에 돌입하였다고 보고하였는데 본 실험에서도 거의 같은 결과를 보였다. 이상의 결과로 볼 때 자동화 야냉시설도 기존의 수동식 야냉시설과 다름없이 거의 비슷한 처리기간에 화아를 분화시키는 데 매우 효과적인

인 것으로 나타났다.

3. 단일야냉 처리중 엽록소 함량과 증산량의 변화
단일야냉 처리중 잎의 엽록소함량의 변화를 처리 후 10일과 20일째에 조사한 결과는 Table 4와 같다. 처리후 10일째 자동화 야냉시설에서는 수동식 시설보다 전체적으로 엽록소 함량이 높은 경향을 보였고, 상단에서는 수동식과 비슷하게 나타났지만 중단과 하단에서는 엽록소 함량이 증가되었다. 특히 중단에서는 총 엽록소 함량이 31.4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 수동식의 26.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 보다 현저히 높았다. 이러한 경향은 처리 20일 후에 더 뚜렷하게 나타났는데 자동화 야냉시설에서는 처리 20일에도 엽록소 함량의 감소없이 높은 상태를 유지한 반면 관행 수동식 야냉처리에서는 급격히 감소하였다.

또한 처리 20일 후에 처리구별로 시간별 증

Table 1. Comparison of light intensity at different shelf positions inside the automatic control system.

Treatment	Position ^z	Light intensity (Lux) ^y
Autosystem	Upper	69,400
	Middle	10,600
	Lower	6,100
Control*	-	26,400

^zThe level represents shelf position of autosystem.

^yLight intensity was investigated at 1:00 P.M. 10 days after treatment.

*Control indicates the light intensity of outdoor shading condition.

Table 2. Effect of forcing methods on the growth of strawberry 20 days after treatment.

Treatment	Position	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Crown diameter (mm)
Autosystem	Upper	6.2 a ^z	4.1 a	3.3 a	5.1 b
	Middle	9.4 b	4.3 a	2.9 a	5.3 b
	Lower	9.5 b	4.5 a	3.2 a	4.8 b
Control	-	6.2 a	4.2 a	3.1 a	6.5 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 3. Effect of forcing methods on the flower bud differentiation of strawberry runner plant for 20 days.

Treatment	Position	Degree of flower bud differentiation		
		14 days	17 days	20 days
Autosystem	Upper	××××△ ^z	△△△△▲	▲○○○○
	Middle	×××△△	××▲▲▲	△△▲○○
	Lower	×××△△	×△△△▲	▲▲○○○
Control	-	××××△	×△△△▲	△△▲○○

^z×: Non-flower bud initiation.

△: Flower bud initiation.

▲: Flower bud differentiation.

○: Flower cluster differentiation.

Five plants were investigated for flower bud differentiation.

Table 4. Effect of forcing methods on the chlorophyll content of strawberry runner plant for 20 days.

Treatment	Position	Chlorophyll content($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)					
		10 days			20 days		
		Chl. a	Chl. b	Chl. a+b	Chl. a	Chl. b	Chl. a+b
Autosystem	Upper	18.5 b ^z	5.6 c	24.1 b	20.5 ab	6.5 ab	27.0 ab
	Middle	24.6 a	6.8 a	31.4 a	25.0 a	9.1 a	34.1 a
	Lower	21.9 ab	6.0 b	27.9 ab	25.4 a	8.7 a	26.9 ab
Control	-	19.4 ab	6.7 a	26.1 ab	14.3 b	4.8 b	19.1 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 5. Effect of forcing methods on the transpiration rate of strawberry runner plant.

Treatment	Position	Transpiration rate (g/plant)					
		2hr ^z	4hr	6hr	8hr	24hr	48hr
Autosystem	Upper	0.7 ab ^y	2.1 b	3.6 b	4.6 b	5.7 b	11.2 b
	Middle	0.1 b	1.3 b	2.1 b	2.5 b	4.1 b	8.9 b
	Lower	0.1 b	1.5 b	2.3 b	3.2 b	4.1 b	9.2 b
Control	-	1.9 a	5.7 a	8.4 a	10.7 a	12.0 a	24.5 a

^zStarting time was nine o'clock in the morning.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 6. Effect of forcing methods on the growth after planting of strawberry runner plant.

Treatment	Position	Petiole length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of flower ^z	Flowering rate(%)	
						Oct. 20	Oct. 28
Autosystem	Upper	12.5 a ^y	9.6 a	6.7 a	11.9 a	31.6	81.3
	Middle	11.8 a	8.8 a	6.4 a	12.3 a	43.3	85.0
	Lower	11.2 a	8.6 a	6.5 a	12.3 a	49.8	93.8
Control	-	12.3 a	9.2 a	6.8 a	12.7 a	20.8	80.0

^zInvestigation date : Feb. 16, 1998.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

Table 7. Effect of forcing methods on the early yield, fruit number and weight of strawberry runner plant.

Treatment	Position	No. of fruit per plant		Wt. of fruit per plant(g)		Average marketing fruit wt.(g)	Early yield ^z (g/plant)
		Marketable ^y	Unmarketable	Marketable	Unmarketable		
Autosystem	Upper	12.2 a ^x	4.8 a	156.4 a	23.7 a	12.8 a	180.1 a
	Middle	12.6 a	4.5 a	162.0 a	23.9 a	12.9 a	185.9 a
	Lower	13.1 a	4.4 a	172.4 a	24.2 a	13.2 a	196.6 a
Control	-	11.7 a	4.5 a	152.1 a	27.6 a	13.0 a	179.7 a

^zEarly yield was investigated from Nov. 1997 to Feb. 1998.

^yMarketable yield was counted from fruits having the fresh weight of over 7g.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

산량을 측정한 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 엽록소함량의 변화와 상반되는 경향을 보였다. 즉, 엽록소 함량이 가장 낮았던 수동식 야냉 처리에서 가장 높은 증산량을 보였고, 엽록소 함량이 높았던 자동화 야냉육묘의 중단과 하단은 상대적으로 낮은 증산량을 나타냈다.

4. 야냉 처리묘의 정식 후 생육의 변화

야냉처리를 마치고 포장에 정식한 후 생육 및 수량성을 검토해 본 결과 Table 6에서와 같이 엽병장의 생육양상은 처리시기에 관계없이 11.2cm~12.5cm 범위 안에서 비슷하였고, 정화방의 화수출현은 수동식 처리구가 12.7개로 약간 많은 경향을 보이지만 자동화 야냉 처리구와 유의성은 없었다. 개화율은 수동식 처리구에 비해 자동화 야냉 처리구에서 약간 빨랐으며 그 중에서도 중단보다 중단, 하단으로 갈수록 더 빠른 경향을 보였다. 12월~2월까지의 조기수량은 처리구간에 차이가 없이 주당 180~190g 정도를 나타냈다. 또한 상품과수나 평균과중에서도 큰 차이가 없었다(Table 7). 이것은 자동화 야냉시설이 수동식 처리 시설과 효과 면에서 큰 차이를 나타내지 않아 결과적으로 노동력 절감과 편리성으로 비취볼 때 자동화 장치가 실용적 가치가 있는 것으로 평가된다.

이상의 결과를 종합해 볼때 자동화 야냉육묘 시설을 이용한 딸기의 화아분화 처리는 처리 후

14일째에 20~40% 정도 화아분화를 유지시킬 수 있었으며 20일 후에는 전체가 화아분화가 이루어 진다는 것을 확인할 수 있었다. 처리 동안에 자동화 야냉 시설의 중, 하단에서 묘의 도장 정도가 수동식에 비해 약간 심하였지만 정식 포장에서의 생육은 수동식과 비슷하였다. 특히 처리 기간중의 광 부족으로 인한 엽록소 함량의 증가와 증산작용의 저하가 관찰되었는데 화아분화나 정식후 생육에 큰 영향을 미치지 않으나 충실한 묘의 육성을 위해서는 광 보충과 환기시설의 보완이 필요할 것으로 생각된다.

자동화 야냉 시설에서 화아분화는 수동식에 비해 약간 빠른 경향을 보였고 특히 육묘용 선반의 위치별로는 중단에서 가장 먼저 화방분화에 돌입하였다. 그러나 포장 정식후의 개화율은 중단에 비해 중단, 하단에서 더 빠른 경향을 보였다. 이것은 상지와 시금치의 경우 차광에 의해 엽수가 약간 증가한다는 보고(文과 表, 1981)에서 알 수 있듯이 본 실험에서도 광 부족에 의해 약간 도장된 중, 하단에서 엽수 출현이 약간 빨랐고, 이것이 정식포장에서 개화시 일정 엽수 확보의 필수조건을 약간 앞당긴 결과로 사료된다. 딸기에서 화아분화 영향을 미치는 일차적인 요인이 온도라는 사실은 이미 알려져 있는데, 본 실험에서의 수동식 기존 육묘장은 주간에 밖에 노출된 채 30℃를 웃도는 고온상태로 관리되어 이로 인한 생육이 억제된 반면

자동화 장치는 주간기온이 25±1℃의 항온이 유지되어 화아분화가 약간 촉진된 것으로 생각된다. 노동력은 본 실험에서 조사되지는 않았지만 수동식은 1일 평균 1시간 정도가 소요되는 반면 자동화 장치는 일정시간에 확인만 하면 되기 때문에 결과적으로 새롭게 개발된 야냉육묘장의 장점은 기존 장치보다 온도조절이 주간에도 가능하여 조기에 화아분화시켜 수확기를 단축시킬 수 있고 수동식에 비해 관리비가 저렴한 효과가 있어 유리할 것으로 생각된다. 또한 딸기 수확 후 예냉고의 활용과 건조장 등으로의 활용 가능성이 있으므로 이에 대해서도 연구가 추후 진행되어야 할 것으로 생각된다.

초 록

본 실험은 딸기의 특성재배에서 일반적으로 사용되고 있는 수동식 야냉육묘시설의 온도와 일장조절이 어려운 단점을 보완하고자 온도와 일장이 자동조절 되는 자동화 시설 내에서 육묘 하였을 때 화아분화의 진행정도와 묘소질의 변화, 정식후 수량에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 자동화 야냉처리는 수동식처리와 마찬가지로 20일간의 처리에 의해 화아분화 유기가 가능하였다. 처리 14일째에는 화아분화 초기단계로 진행되었으며 20일째에는 분화기까지 진행되었다. 자동화 야냉처리 동안 묘소질은 수동식 육묘장보다 중, 하단에서는 약간 도장하여 관부가 가늘어지는 경향을 보였으며 엽록소 함량의 증가와 증산량의 감소가 있었다. 그러나 화아분화 처리된 묘의 정식후 생육은 처리간에 큰 차이가 없었다. 조기수량이나 품질면에서도 수동식 야냉육묘 방법과 차이가 없어 온도와 일장의 자동조절 자동화 시설내에서 특성재배 딸기육묘가 가능하였다.

추가 주요어 : 자동조절장치, 엽록소, 증산량

인용문헌

安鍾吉. 1988. 딸기促成栽培時の 早期生産에 關與하는 諸 要因에 對한 研究. 慶尙大學校 大學院 博士學位論文.

Darrow, G. M. and G. F. Waldo. 1937. Interrelation of temperature and photoperiodism in the production of fruit buds and runners in the strawberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34 : 360-363.

藤本幸平, 木村雅行. 1969. イチゴの花成に關する 研究. 苗の低溫, 短日處理と花成の關係について. 園學昭44春研發要旨 p.166-167.

Guttridge, C. G. and H. M. Anderson. 1976. Promoting second cropping in strawberry by avoiding chilling or advancing spring growth. J. Hort. Sci. 5:1225-234.

本多藤雄. 1965. 促成イチゴの花芽分化と育苗. 農及園 40(8):1309-1312.

古谷茂貴. 1992. イチゴの花芽分化とその制御技術. イチゴ セミナ概要とその他:84-92.

- 鄭鍾星, 鄭在完, 姜光倫, 金會泰. 1994. 딸기 端境期生産을 위한 新作型 開發에 關한 研究. 1. 短日夜冷育苗가 花芽分化 生育 및 收量에 미치는 影響. 農科論文集 36(2):418-423.
- 金雲燮. 1995. 冷水耕, 夜冷, 廢鑛育苗가 促成 딸기의 花芽分化 및 生育 收量에 미치는 影響. 培材大學校 大學院 碩士學位論文.
- 文源, 表鉉九. 1981. 遮光處理가 몇 가지 好冷性菜蔬의 生育에 미치는 影響. 韓園誌. 22(3): 3-159.
- 羅相煜, 李殷模, 禹仁植, 盧泰弘, 李主烈, 文昌植. 1992. 딸기 育苗方法이 花芽分化에 미치는 影響. 農科論文集(園藝) 34(1):13-19.
- Shinohara, A. and Y. Kawasaki. 1990. Effects of cooling time under dark condition and potting time of nursery plant on the early yield cv. Nyoho. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 59(2):494-495
- 尹亨權, 柳根昌. 1992. 딸기의 生育段階別 光合成 特性. 韓園誌 33(1):16-20