

# 폐광의 냉기 및 냉수를 활용한 야냉육묘가 딸기의 화아분화 촉진에 미치는 영향

김일섭<sup>1\*</sup> · 유근창<sup>1</sup> · 강화석<sup>2</sup> · 정천순<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>강원대학교 식물응용과학부 · <sup>2</sup>농업기계학과 · <sup>3</sup>부속농장

## Application of Cool Air and Water from an Abandoned Coal Mine on the Induction of Flower Bud Differentiation of Strawberry Plants

Kim, Il Seop<sup>1\*</sup> · Yoo, Keun Chang<sup>1</sup> · Kang, Hwa Seok<sup>2</sup> · Jeong, Cheon Soon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Division of Applied Plant Science, <sup>2</sup>Dept. of Agricultural Machinery Engineering, <sup>3</sup>University Farm, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea  
 \*corresponding author

**ABSTRACT** In order to provide cool night to strawberry plant with cool air and water, an abandoned cool mine was utilized. It's effects on flower induction and fruit yield in 4 different cultivars were examined. After 70 days of transplanting, flowering frequency was below 65% and 100% in control and treatment of night cooling, respectively and regardless of cultivars. Number of flower buds and flower clusters were higher in treated plants compared with the control. Average time until flowering was much less in treated plants. In terms of yield weight and total yield, 'Suhong' was found to be the best cultivar, averaging 24.2g fruit. Cooling contributed to the 6-7 times of increase in total yield within the frame of harvesting times. The fruit were harvested at 80-97 days after transplanting.

*Additional key words:* cool night forcing and short day treatment, flower cluster, yield

### 서 언

딸기는 시기별로 출하할 수 있는 작형이 개발되고 품종이 육성되어 주년생산이 가능하고, 특히 11월부터 12월에 수확되는 딸기는 노지작형에 비해 고가로 출하되고 있어서 이때 생산할 수 있는 연구가 많이 이루어졌다. 딸기의 화아분화는 저온·단일조건에서 촉진되는데 온도에 의한 영향이 더 크고, 화아분화후에는 고온·장일하에서 화아발육이 촉진된다(伊東 1963, 上野 1965, 羅 등 1992). 伊東(1963)에 의하면 10℃ 이하에서는 일장에 관계없이 화아가 형성되고, 30℃에서는 형성되지 않으며, 17℃와 24℃에서는 8시간의 단일하에서는 화아가 형성되지만 16시간의 장일하에서는 형성되지 않는다고 하였다.

화아분화의 촉진을 위해서는 고냉지 육묘가 안정된 기술로 보급되어 왔으나(崔 등 1992, 鹽野 1963, 二宮 1954, 遠藤 1962, 肉戸와 熊倉 1993, 張과 朴 1971), 재배자의 고령화, 작업효율의 감소, 교통사정 등으로 고냉지 육묘는 점차 감소하는 추세이고, 새로운 조생종의 이용(森下와 山川 1991, 森下 등 1993), 포트육묘, 차광단일처리 육묘(Darrow 1934, Dawns와 Piringer 1966, 江口 1934a, Hartman 1947, Ito와 Saito 1963), 단근 및 질소중단(松本 등 1983), 주냉장 시설을 활용한 저온처리 육묘(香川 1971, 松本 1987)등 여러 가지 방법이 시도되고 있다. 현재 일부 농가에서 이용하고 있는 야냉육묘 시설은 시설비나 냉방에 필요한

본 연구는 1994년도 농림부 과제로 수행된 연구결과의 일부임.

전기료 등 시설 운용비의 과다로 농가 보급이 부진한 실정이므로 농가 현실에 맞는 에너지 절약형 야냉육묘 시설의 개발이 필요하다. 석탄산업의 합리화 조치 이후 강원도내에는 다수의 폐광이 산재해 있는데, 이러한 시설은 일부 양송이 재배에 이용하는 이외에는 거의 방치되어 있다.

본 연구는 폐광의 갱도내 온도가 년중 13℃ 전후로 딸기의 야냉육묘에 친체적인 환경을 유지하고 있음을 착안하여, 갱도내의 냉기와 냉수를 이용한 야냉단일 처리기간 및 시기가 화아분화, 수량 및 품질에 미치는 영향에 대하여 검토하여 폐광을 활용한 딸기의 야냉육묘 시스템의 실용 가능성을 제시하고자 수행되었다.

### 재료 및 방법

공시품종은 '보교조생', '수홍', '여홍', '향미' 및 '도요노까' 5품종을 강원도 농촌진흥원에서 분양받아 1994년 5월 20일 포장에 정식하였다. 포복경 발생초기에 직경 12cm 비닐포트에 묘를 받아 육묘하여 야냉단일 처리는 7월 30일부터 09:00~17:00의 8시간 단일처리후 야냉시설내에 넣었다가 다음날 09:00에 꺼내는 방식으로 9월 11일까지 처리였다.

야냉처리시설은 강원도 평창군 미탄면 창리에 소재한 폐광구를 이용하였다. 야냉육묘의 냉방장치는 폐광의 지리적 조건을 고려하여 폐광구에 인접한 곳에 비닐하우스(63m<sup>2</sup>)를 설치하였다. 폐광에서 유출되는 냉기와 냉수를 송풍용량 50m<sup>3</sup>. min<sup>-1</sup>. 팬을 부착해서 냉각 pad 및 냉기를 유입하여 radiator (105 x 50cm)에 통과시켜 강제대류하였다. 온도측정은

data acquisition system (DBK 19, IOtech & TS 16, RTD Co.)을 적용하였고, 시설내 온도는 지상 0.3m와 2.3m의 5곳에 센서를 설치하여 측정하였다. Fig. 1에서 보는데와 같이 야간의 외기온도가 23℃ 범위인데 비해 야냉처리기간 동안 시설내의 온도는 13-15℃로 냉각·유지되어 딸기의 화아분화 촉진을 위한 야냉육묘 시설로 이용하였다(강 등 1996).

야냉처리기간 및 시기에 따른 각 품종별 화아분화율을 보기 위하여 각 처리구당 20개체를 공시하여 야냉처리시기는 7월 30일, 8월, 11일, 8월 21일, 9월 2일에 처리하였고, 처리기간은 10일, 15일 또는 20일로 하였다. 야냉단일 처리기간이 개화율에 미치는 영향을 보기 위하여 각 처리구당 20개체를 공시하여 대조구는 평안지와 야냉단일처리 장소의 비가림 비닐하우스 시설내에 두었고, 처리기간은 3주, 4주 또는 5주간 처리하여 개화율을 조사하였다.

화아분화는 외엽과 뿌리를 제거후 알콜과 초산(70:30 v/v)에 고정하여 해부현미경으로 검경하였다(江口b, 1934). 화아분화율, 수량 및 품질을 보기 위하여 야냉단일처리 종료후 강원대학교 비닐하우스내에 120 x 25cm(2조식)로 9월 12일 정식하여 조사하였다. 수량은 11월 및 12월에 수확하여 상품성으로 인정되는 정상과를 연내 총수량으로 하였고, 가용성 고형물함량은 처리당 20개의 과실에 대하여 당도계(ATAGO N1, Model Brix 0-32%, Japan)로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

야냉처리 시기 및 기간에 따른 화아분화의 특성은 저온을 10일간 8월 11일 이전에 처리할 경우에는 모든 품종이 미분화되었으나, 8월 21일 이후 처리시기는 20-40% 정도 분화되었다. '수홍'은 15일 처리에서 60-100%의 높은 분화율을 보여 야냉단일 처리에 민감한 반응을 나타냈고, '도요노까'를 제외한 전품종은 20일 처리에서 80-100%의 높은 분화율을 보였다(Table 1). 이러한 결과는 처리할 때 본업수에 의해 영향을 받았다고 사료되지만, 처리이전의 자연일장과 온도가 더 많은 영향을 주었다고 생각된다. 森下 등(1993)이 7월 20일 보다는 8월 10일 및 8월 20일에 야냉단일처리에서 화성유도율이 높았다고 하는 내용과 일치한다. 개화율은 정식 40일 후에 모든 처리구에

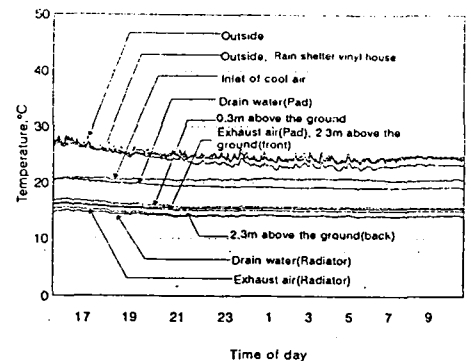


Fig. 1. Temperature distributions in the experimental greenhouse as affected by circulation of cool air and water from the coal mine.

**Table 1.** Effects of night cooling and duration and timing of short-day treatment on the flower bud differentiation in strawberry.

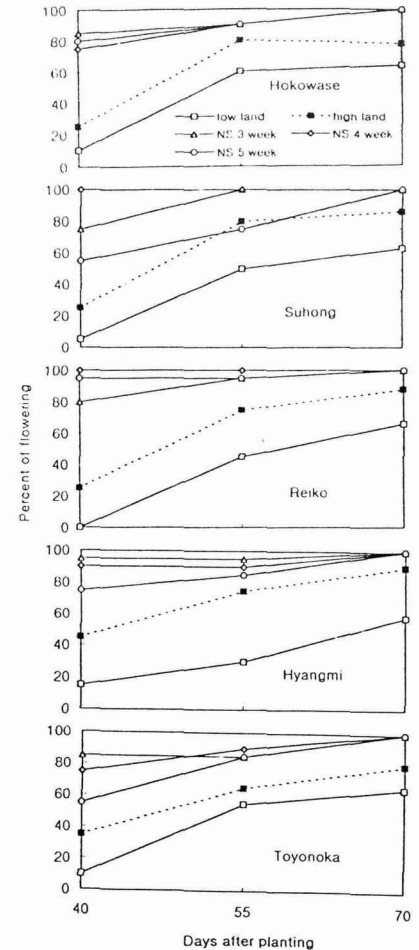
Cultivar	Time of treatment (Date)	% Flower bud differentiation		
		NS <sup>2</sup> for 10days	NS <sup>2</sup> for 15days	NS <sup>2</sup> for 20days
Hokowase	July 30	0	60	100
	Aug. 11	0	40	80
	Aug. 21	0	40	80
	Sept. 2	40	60	100
Suhong	July 30	0	60	100
	Aug. 11	0	80	100
	Aug. 21	20	100	100
	Sept. 2	20	100	100
Reiko	July 30	0	40	100
	Aug. 11	0	40	80
	Aug. 21	0	20	80
	Sept. 2	40	60	100
Hyangmi	July 30	0	60	80
	Aug. 11	0	20	80
	Aug. 21	20	40	100
	Sept. 2	40	40	100
Toyonoka	July 30	0	20	60
	Aug. 11	0	40	80
	Aug. 21	0	20	60
	Sept. 2	0	20	80

<sup>2</sup>Night cooling and short-day treatment.

서 개화되었지만, 야냉처리 기간에 따라 커다란 차이를 보였다(Fig. 2). 평지의 대조구에서는 각 품종 공히 15% 이하의 개화율을 보인 반면, 야냉처리구에서는 80% 이상의 개화율을 보였다. 정식후 55일에는 무처리구에서 50%가 개화했고, 야냉처리구에서는 100% 개화되었다. 특히, 정식후 70일에는 평지의 대조구가 65% 이하의 개화율을 보인 반면, 야냉처리구는 품종 및 처리기간에 관계없이 100% 개화하였다. 품종간 개화율은 '수홍', '여홍', '향미' 순으로 높았고, '도요노가'가 타 품종에 비해 개화가 다소 지연된 것은 품

종의 조만성의 차이라고 생각되므로 차후에 야냉처리기간을 더 연장하여 개화율에 대한 연구가 이루어져야 하겠다.

야냉단일처리에 따른 품종간 화방, 화뢰수 및 정식후 개화일은 Fig. 3과 같다. 품종간 차이는 다소 있었지만, 모든 품종에서 대조구에 비해 야냉처리시 화방수 및 화방당 화뢰수가 증가하였다. 품종간 처리효과는 '보교조생'은 야냉 3주 처리에서 화방 3.8개, 화뢰 12.3개, 그리고 '여홍'은 야냉 4주 처리에서 화방 3.8개, 화뢰 14.9개로 가장 많았다. '수홍'의 화방수는 야냉 3주 처리에서 3.0개, 화뢰는 5주 처



**Fig. 2.** Effects of night cooling and short-day treatment on the flowering in strawberry plants.

리에서 12.8개, '향미' 및 '도요노가'의 경우 화방수는 4주 처리에서 각각 3.7 및 3.0개로 나타났고, 화뢰수는 3주 처리에서 야냉단일 처리는 평균 개화일수에도 영향을 주었는데, '보교조생'은 대조구에 비해 18.0개와 12.4개로 가장 높았다. 그리고

**Table 2.** Effects of night cooling and short-day treatment on the fruit yield by 20 strawberry plants.

Cultivar	Duration of NS <sup>2</sup> treatment	November		December		Nov. + Dec.	
		No. of fruits	Fresh weight(g)	No. of fruits	Fresh weight(g)	No. of fruits	Fresh weight(g)
Hokowase	Cont. 1	5	4.1	11	8.3	16	12.3
	Cont. 2	13	10.3	22	15.6	35	26.0
	3	38	33.4	68	56.8	106	90.2
	4	42	39.6	71	67.6	113	107.1
	5	37	30.2	59	49.6	96	79.7
Suhong	Cont. 1	3	3.2	11	13.0	14	16.6
	Cont. 2	9	11.0	15	15.3	24	29.1
	3	27	36.5	48	61.9	75	98.4
	4	31	37.3	56	72.6	87	109.8
	5	42	54.0	59	71.4	101	125.4
Reiko	Cont. 1	10	7.9	17	14.7	27	22.6
	Cont. 2	17	12.7	21	15.8	38	28.4
	3	48	41.0	59	49.5	107	90.5
	4	47	43.2	81	77.4	128	120.6
	5	42	37.3	49	43.5	91	80.8
Hyangmi	Cont. 1	15	11.9	11	8.5	26	20.4
	Cont. 2	21	16.9	24	15.5	45	32.4
	3	56	51.0	61	53.4	117	104.4
	4	45	43.2	78	72.0	123	114.3
	5	59	56.6	57	48.6	116	105.3

<sup>2</sup>Night cooling and short day treatment.

Cont. 1, and Cont.2 are low land and high land, respectively.

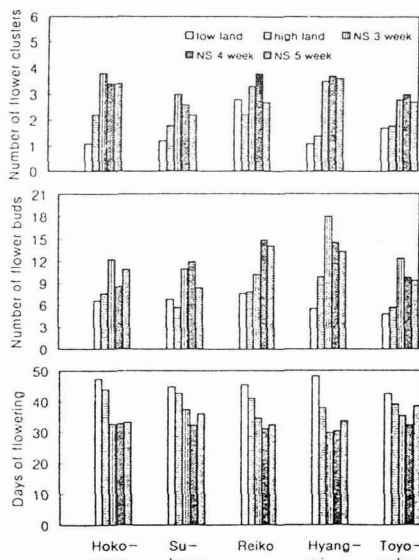


Fig. 3. Effects of night cooling and short-day treatment on the number of flower clusters, flower buds and flowering in strawberry.

15일 전후, '수홍'은 7-12일, '여홍'은 11-14일, '향미'는 8-15일, '도요노까'는 4-10일 정도 단축되었다(Fig. 3). 森下와 山川(1993)는 일제성 딸기를 저온단일 처리하면 감응도가 품종간에 차이가 있다고 하였는데, 본 연구의 결과에서도 이와 같은 품종간 저온과 단일조건에 대한 감응도가 다르게 나타났다.

야냉단일 처리구에 따른 연배(11월 및 12월) 총수량은 '보교조생'이 야냉 4주 처리에서 113개, '수홍'은 5주 처리에서 101개, '여홍'은 4주 처리에서 128개, '향미'는 4주 처리에서 123개로 가장 많았다. 전반적으로 평지의 대조구에 비해 야냉단일 처리에서 수량이 6-7배로 많았다(Table 2).

야냉단일처리 기간별 평균 수확일은 정식 후 80-97일 사이로 '보교조생' 및 '향미'가 3주 처리에서 각각 86.6일, 80.1일, '수홍'과 '여홍'은 5주 처리에서 각각 89.9일과 86.4일로 가장 짧았다. 과실의 크기는 '수홍'이 과경 및 과폭이 크고, 과중이 개당 24.2g으로 공식품종중 가장 컸으며,

가용성 고형물함량은 '보교조생'이 11.2-11.7%로 가장 높았다. 처리기간별로는 처리기간이 길수록 과경 및 과폭이 크고, 과중이 무거우나 커다란 차이는 없었고, 가용성 고형물함량은 일정한 경향을 나타내지 않았다(Table 3).

이상의 결과에서 딸기의 야냉처리를 할 때 폐광에서 유출되는 냉기 및 냉수를 이용하여 재배농가에서 실용적으로 딸기의 화아분화를 촉진시키기 위한 시설로 충분히 활용할 수 있다고 사료된다. 화아분화 촉진효과가 품종간 다소 차이는 있지만, 화아분화 유도와 생산량이 증대되어 에너지 절약형 야냉시설을 이용한다면 생산비 절감효과가 높을 것으로 사료된다.

### 초 록

폐광에서 유출되는 냉기 및 냉수를 활용하여 시설내에서 딸기를 야냉단일처리하여 개화, 화방 및 수량에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 개화율은 정식 70일후 대조구에서 65% 이하로 나타났지만, 야냉단일 처리구에서는 품종과 처리에 관계없이 100% 이었다. 화방 및 화뢰수는 전 품종에서 대조구에 비해 야냉단일처리구에서 현저히 증가하였고, 평균 개화일수도 야냉 처리에서 7-15일 정도 단축되었다. 과실 및 총수량은 '수홍'이 5주 처리에서 개당 24.2g으로 가장 많았고, 대조구에 비해 야냉단일 처리구에서 수확기간내의 총수량이 6-7배 증가하였으며, 평균 수확일은 정식 후 80-97일로 나타났다.

추가주요어 : 개화, 수량, 야냉단일처리

### 인용 문헌

崔實淳, 徐宗澤, 柳承烈, 池光鉉. 1992. 高冷地를 이용한 딸기 花芽分化促進 및 連繫栽培에 관한 研究. 農試論文集(園藝篇) 34(1):5-12.  
鹽野日夫. 1963. 高冷地育苗で石垣栽培. 農と園 18(3):61-63.  
江口庸雄 a. 1934. イチゴの花芽分化前及分化後に於ける日照時間の長短の影響に就て. 園學雜 5:42-52.  
江口庸雄 b. 1934. 低溫及土壤の乾濕と苗の花芽

分化との關係に就いて. 園學雜 5:233-250.  
Hartman, H. T. 1947. Influence of temperature on the photoperiodic response of several strawberry varieties grown under controlled environment condition. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 50:243-245.  
Ito, H. and T. Saito. 1963. Studies on the flower formation in the strawberry plants. I. Effects of temperature and photoperiod on the flower formation. Thhocu J. Agr. Res. 13: 191-203.  
伊東秀夫. 1963. イチゴの花芽分化促進と溫度日長關係. 農及園 38(2):291-294.  
張田益, 林庸奉. 1971. 高冷地 育苗期間과 gibberellic acid 處理가 딸기의 矮花防止에 미치는 影響. 韓園誌 18(1):29-35.  
강화석, 강위수, 이귀현, 오재현, 김일섭, 유근창. 1996. 폐광의 냉기 및 냉수를 이용한 온실의 야냉 시스템 개발. 한국환경농학회지 15(2):223-231.  
香川 彰. 1971. イチゴの株冷抑制栽培のよる周年生産. 農と園 46(1):47-49  
羅相焯, 李殷模, 禹仁植. 1992. 딸기 育苗方法이 花芽分化에 미치는 影響. 農試論文集(園藝篇) 34(1):13-19.  
松本理. 1987. イチゴの株冷抑制栽培をめぐる生態的諸問題[1]. 農と園 62(1):57-62.  
松本理, 原田泰彦, 福田昭二郎. 1983. イチゴ苗の窒素栄養の違이가花成誘導期間に及ぼす影響. 近畿中國農研. 65:40-43.  
森下昌三, 山川理. 1991. 一季成り性イチゴの短日低温處理に對する感受性の品種間差異. 園學雜 60(3):539-546.  
森下昌三, 望月龍也, 山川理. 1993. イチゴ實生の夜冷短日處理による花成誘導と早生性の選抜. 園學雜 61(4):857-864.  
二宮敬治. 1954. 高冷地育苗に依る早出し栽培法. 農及園 29(7):893-896.  
遠藤喜重. 1962. 促成イチゴの高冷地育苗について. 農と園17(9):38-40.  
上野善和. 1965. イチゴの花成と營養生長に關する研究. 園學雜 31(1):81-85.  
肉戸良洋, 熊倉裕史. 1993. 寒・高冷地におけるイチゴ秋どり栽培技術. 農業および園藝 68(6):60-66.

Table 3. Effects of night cooling and short-day treatment on the harvesting season and fruit quality in strawberry.

Cultivars	Duration of NS <sup>2</sup> (week)	Days to first harvest <sup>3</sup>	Fruit width(mm)	Fruit length(mm)	Fresh weight(g)	Brix(%)
Hokowase	3	86.6a <sup>x</sup>	32.8a	40.6ab	16.7b	11.2a
	4	87.8a	33.8a	44.5b	18.7a	11.7a
	5	88.6a	32.1a	38.8b	16.3b	11.3a
Suhong	3	97.0a	34.8b	41.5a	24.0a	10.5a
	4	97.3a	35.7b	40.2a	22.2b	10.7a
	5	89.9b	37.0a	41.5a	24.2a	10.8a
Reiko	3	93.7a	33.5a	39.2a	15.8b	11.6a
	4	89.9b	34.2a	39.4a	18.0a	10.7a
	5	86.4b	33.7a	38.4a	18.2a	11.2a
Hyangmi	3	80.1b	31.1a	40.3a	15.9b	10.9a
	4	81.3b	32.2a	41.1a	17.5ab	10.7a
	5	92.8a	33.8a	42.8a	19.2a	12.2a

<sup>2</sup>Night cooling and short day treatment

<sup>3</sup>Days to first harvest after planting

<sup>x</sup>Mean separation with columns by Duncan's multiple range test at 5% level.