

암기간과 야간조파에 따른 벼와 콩의 출수·개화 반응

김충국¹ · 서종호¹ · 최성호¹ · 최경진¹ · 이진모¹ · 변종영²

¹농촌진흥청 작물시험장, ²충남대학교

(2003년 6월 11일 접수; 2003년 9월 9일 수락)

Flowering Responses of Rice and Soybean to Nyctoperiod and Night Break

Chung-Guk Kim¹, Jong-Ho Seo¹, Seong-Ho Choi¹, Kyeong-Jin Chol¹,
Jin-Mo Lee¹, and Jong-Yeong Pyon²

¹National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-857, Korea

²Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received June 11, 2003; Accepted September 9, 2003)

ABSTRACT

Extended light illumination by street lamp and automobile light has provoked problem in farmland. Night break was imposed by incandescent lamp (50~60 lux) for 10 minutes every three hours during 12 hours dark period increased culm length compared to continuous dark of 12 hours, and decreased the number of grains per spike in rice. However, these characters were increased by 12 hours dark period with and without night break as compared to 9 hours continuous dark condition. Compared to 12 hours continuous dark condition, night break delayed heading by 9 and 26 days and 9 hours continuous dark condition delayed it by 47 and 41 days in Ilpumbyeo and Hwaseongbyeo, respectively. Night break increased stem length and node number, while decreased pods of soybean cultivar Hwanggeumkong. The stem length and node number were increased by 9 hours continuous dark condition compared to 12 hours dark condition with and without night break. Compared to 12 hours continuous dark condition, night break delayed flowering by 4 days and to 9 hours continuous dark condition by 19 days.

Key words : photoperiod, nyctoperiod, night break, irradiation, flowering, rice, soybean

I. 서 론

식물체가 일장에 따라 개화하는 현상을 광주기성 또는 광주율(photoperiodism)이라 하며, 암기의 중간에 광을 조사하면 암기의 전체 시간이 아무리 길다 해도 단일효과가 발생하지 않는데, 이것을 夜間照破(night break)라 한다. 일장이 개화에 미치는 영향은 1920년도에 Garner과 Allard가 담배와 콩에서 광주기성을 발견한 이후 많은 학자들에 의해서 벼(허와 김,

1976; 조와 김, 1996), 콩(Major and Johnson, 1974; Shanmugasundaram, 1981; 이 등, 1985; 이 등, 1988)에서 일장반응에 대한 연구가 이루어졌는데, 광주기 반응은 출수기에 가장 큰 영향을 주는 요인이라고 하였다(하 등, 1977; Tew and Rasmusson, 1978; Yasuda, 1981).

일반적으로 많은 작물들에서 화아분화와 개화가 정상적으로 일어나려면 장기간의 일장처리가 필요하며, 도꼬마리는 단일조건을 한번만 주고 그 후 장일조건,

심지어 계속 조명하더라도 화아가 형성될 수 있으며, 나팔꽃은 단 1회의 암기처리에 의해서도 개화가 유도된다고 하였다(Vince-Prue and Gressel, 1985). 벼와 콩은 단일성식물로서 한계일장은 품종에 따라 차이가 있지만 벼는 8~9시간(이, 1988), 콩은 10~12시간으로(Hadely, 1984) 알려져 있으며, 이들 식물은 한계일장보다 낮의 길이가 길면 개화반응을 하지 않으며, 꽃이 정상적으로 발육하지 못해 결실이 어렵다. 야간조명을 하면 단일성 식물은 출수 개화가 지연되거나 억제되며(김 등, 1998; 김 등, 2002), 장일성 식물은 단일성 식물과는 반대로 출수 개화가 촉진된다고 하였다(Major and Johnson, 1974; Roberts et al., 1988; 김 등, 1980).

단일조건에서 개화하는 단일식물은 일장 시간을 연장하거나 암기중단 처리를 가함으로써 화아분화를 억제할 수 있는 것으로 알려져 있으며, 암기중단처리로 개화를 억제하여 출하시기를 임의로 조절하기 위해서는 장일처리보다 암기중단 처리가 경영비 절감 측면에서 효과적이며(강 등, 1995), 만생종 콩은 암기의 중간에 강한 광을 1분 이상 조사하여 연속된 암기가 8시간 이하가 되면 개화하지 못하지만 장일식물은 야간조광을 하여도 개화유도에 지장을 초래하지 않으며, 야간조광에 가장 효과적인 광은 600~680 nm의 적색광이다(이와 이, 1993).

바위솔과 같은 파에 속하는 꿩의비름속(*Sedum*) 및 *Kalanchoe* 속, *Kalanchoe blossfeldiana* 등은 암기중단 처리로 개화를 억제할 수 있으며(Schwabe, 1985; Zimmer, 1985), 백열등의 광강도 $45 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 에서 2시간 동안 암기중단 처리시 바위솔은 개화되지 않는다고 보고하였다(강 등, 1996).

일몰 또는 일출 전후에 가해지는 일장연장에 비하여 암기중단의 효과는 가해지는 일중시간에 따라 차이가 있는 것으로 보고되어 있는데, 암기중단의 처리는 밤 길이를 2등분한 시간대 전후로 주어지는 것이 효과적이며, 처리기간은 종에 따라 다른 것으로 알려져 있다(Papenfuss and Salisbury, 1967; Salisbury, 1963; Vince-Prue, 1983).

최근 산업의 발달과 함께 야간조명이 증가되고 야간의 이동차량 증가로 전조등에 의한 농경지 주변에 간헐적으로 조명이 이루어지고 있어서 벼와 콩의 출수 및 개화에 미치는 영향을 분석하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 2000년부터 2001년까지 작물시험장 인공기상연구동의 인공조명실(Growth cabinet)에서 1/5,000a 풋트에 중생종인 화성벼와 중단생종인 일품벼 및 황금콩을 공시하여 명기 12시간 후 암기를 12시간 유지하는 처리와 명기 15시간 후 암기를 9시간 유지하는 처리 및 명기 12시간 후 암기에 3시간 간격으로 10분간씩 조명하는 야간조광처리(22:00~22:10, 01:00~01:10, 04:00~04:10)를 하였다. 명기에는 양광램프와 BOC 램프가 50:50씩 혼합된 광을 이용하여 최고 50,000 lux(140 W m^{-2}) 정도로 조명하였으며, 암기에는 소등을 하여 광을 완전히 차단하였고, 야간조광시 광원은 백열등을 이용하여 식물체의 선단부위를 기준으로 50~60 lux($0.20\text{--}0.24 \text{ W m}^{-2}$, $1.0\text{--}1.2 \mu\text{mol photon m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)가 되도록 조절하여 암기에 야간조광을 위한 조명처리를 하였다.

야간조광의 처리는 벼는 이앙 후 7일부터, 콩은 파종 후 19일부터 출수 및 개화가 종료된 날까지 실시하였으며, 그 이후는 자연일장 조건에서 실험을 수행하였다. 인공조명실의 온도와 습도는 자동적으로 조절 되도록 하였으며, 이 때의 최고온도는 25°C, 최저온도 17°C, 일평균 온도 21°C, 습도는 75~80%가 유지되도록 하였다.

벼의 재배방법은 12일간 육묘한 어린모를 1/5,000a 풋트에 1본을 이앙하였으며, 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 1.0-0.5-0.5 g/풋트 사용하였다. 분시방법은 질소는 기비-분얼비-수비를 40-30-30%의 비율로 분시하였으며, 인산질 비료는 전량 기비로 사용하였고, 칼리질 비료는 기비-수비를 70-30%로 분시하였다. 기비는 이앙 전에 질소와 칼리를 액비상태로, 인산은 고형상태로 사용 후 토양과 혼합되도록 하였으며, 분얼비는 이앙 후 10일에, 수비는 출수 전 25일경에 액상으로 풋트에 관주하였다.

콩(*Glycine max.* (L.) Mer.)은 중단생종인 황금콩을 풋트당 3~4립씩 점파하여 파종 후 15일에 1본을 남기고 솎아 주었으며, 시비, 병해충 방제, 제초 및 물관리 등 기타 관리는 관행에 준하였다.

출수관련 조사 및 기타 생육조사는 생육이 중간정도인 주를 처리별로 15주(풋트)씩 선정하여 농촌진흥청 시험연구조사기준(1995)에 준하여 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 야간조파에 의한 벼의 생육 반응

벼 성숙기의 생육은 Table 1과 같이 야간조파시 12시간의 암기처리에 비하여 간장은 두 품종 모두 증가되었으며, 주당수수는 야간조파시 일품벼 8.4개, 화성벼 7.7개로써 12시간의 암기처리에 비하여 각각 0.8개, 2.3개가 감소되었는데, 10~20 lux(0.1~0.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)로 밤새 야간조파시 수수가 감소되었다는 보고(김 등, 2002)와 같은 경향이였다. 유효경율은 야간조파시 12시간의 암기처리에 비하여 두 품종 모두 감소되었으며, 수장은 처리간에 차이가 없었고, 수당립수는 야간조파시 일품벼는 57.9개, 화성벼는 47.1개로 두 품종 모두 12시간 암기처리에 비하여 현저하게 감소되었다. 이와 같이 야간조파시 두 품종 모두 주당수수, 유효경율 및 수당립수가 감소된 것으로 보아 일장 연장의 효과가 인정되어 수량에 영향을 미칠 것으로 사료되었다.

암기처리시 간장은 9시간 암기처리에 비하여 12시간 암기처리시 일품벼는 유사하였으나, 화성벼는 현저하

게 증가되고, 주당수수는 화성벼는 처리간에 유사하였지만, 일품벼는 9시간 암기처리시 감소되었으며, 유효경율과 수당립수는 9시간 암기처리시 두 품종 모두 뚜렷하게 감소되었는데 이는 분얼이 왕성한 시기에 충분한 일장의 확보로 최고 분얼수와 무효 분얼수가 증가되었기 때문으로 생각되며, 품종간에는 화성벼에 비해 일품벼의 수당립수 감소정도가 커서 수량에 미치는 영향도 클 것으로 판단되었다.

3.2. 야간조파에 의한 벼의 출수 반응

야간조파에 의한 벼의 출수반응(Table 2)은 야간조파시 12시간의 암기처리에 비해 두 품종 모두 출수까지 일수가 지연되었는데 일품벼는 9일, 화성벼는 26일 지연되었으며, 수전일수는 야간조파시 12시간의 암기처리에 비하여 일품벼는 5일, 화성벼는 7일이 연장되어 일품벼보다 화성벼가 야간조파에 의하여 출수까지 일수의 지연정도와 수전기간의 연장 정도가 심하였다.

암기처리 시간별 출수까지 일수는 12시간의 암기처리에 비하여 9시간의 암기처리시 일품벼는 47일, 화성벼는 41일 지연되었으며, 수전일수는 12시간의 암기처

Table 1. Yield-related characteristics at ripening stage of rice cultivars exposed to different night periods and night break from 7 days after transplanting to heading.

Cultivar	Night period (hrs)	Culm length (cm)	No. of panicles /hill	Ratio of effective tiller (%)	Panicle length (cm)	No. of grains /panicle
Ilpumbyeo	12	53.0b	9.2a	89.1a	17.2a	74.4a
	12+Night break*	61.2a	8.4b	77.6b	18.2a	57.9b
	9	53.9b	7.9c	49.4c	16.7a	50.1b
Hwaseongbyeo	12	75.9b	10.0a	94.3a	16.4ab	63.4a
	12+Night break	80.7a	7.7b	84.6b	16.8a	47.1c
	9	61.5c	8.6ab	63.2c	14.9b	55.2b

*Light intensity: 50~60 lux (0.20~0.24 W m^{-2})

Night break: 10 min. irradiation every 3 hours.

**Means followed by the same letter within a cultivar are not significantly different at 5% level by DMRT.

Table 2. Heading of rice cultivars exposed to different night periods and night break from 7 days after transplanting to heading.

Cultivar	Night period (hrs)	Days to heading	Delay of heading (days)	Initiation to full heading (days)
Ilpumbyeo	12	82c	0c	10b
	12+Night break*	91b	9b	15a
	9	129a	47a	13a
Hwaseongbyeo	12	80c	0c	12b
	12+Night break	106b	26b	19a
	9	121a	41a	9c

*Light intensity: 50~60 lux (0.20~0.24 W m^{-2})

Night break: 10 min. irradiation every 3 hours.

**Means followed by the same letter within a cultivar are not significantly different at 5% level by DMRT.

리에 비하여 9시간의 암기처리시 일품벼는 3일 연장되었지만 화성벼는 3일 단축되어 품종간에 상이한 반응을 보였다.

이와 같이 벼는 한계일장보다 낮의 길이가 길면 출수가 지연되며(이, 1988), 야간조명을 하면 일장이 연장되므로 출수가 지연된다는 보고(김 등, 2002)와 같은 경향이었으며, 꿩의비름속(*Sedum*) 및 *Kalanchoe*속, *Kalanchoe blossfeldiana* 등은 암기중단 처리로 개화를 억제할 수 있다는 보고(Schwabe, 1985; Zimmer, 1985) 등과 같이 본 시험에서도 야간조파시 일장 연장의 효과로 출수가 지연되었을 것으로 생각되었다.

3.3. 야간조파에 의한 콩의 생육 및 개화 반응

중만생종인 황금콩의 경장은 야간조파시 암기처리 12시간에 비하여 16.9 cm 증가되었으며, 절수는 2.3마디 증가되었고, 분지수는 처리간에 차이가 없었다. 협수는 야간조파시 암기처리 12시간에 비하여 9.4개가 감소되었으며, 개화까지 일수는 4일 지연되었다.

암기처리 시간별 경장은 12시간의 암기처리에 비하여 9시간 암기처리시 25.4 cm 증가되었으며, 절수는 5.6마디 증가되었고, 분지수는 유사하였다. 협수는 암기처리 12시간에 비하여 9시간 암기처리시 4.2개 감소되었으며, 개화까지 일수는 12시간의 암기처리시 50일에 비하여 9시간 암기처리시 69일로 19일 지연되었는데, 16시간의 장일하에서는 자연일장에 비해 개화가 20일 정도 지연되었다고 한 결과(이 등, 1985)와 같은 경향이었으며, 일장이 15시간으로 길 경우 협수의 감소와 개화 지연으로 등숙 장애를 받아 수량에도 큰 영향을 미칠 것으로 추정되었다.

콩의 한계일장은 품종의 早晚性에 따라 차이가 있지만, 일반적으로 10~12시간이며(Hadley, 1984), 콩은 1~2 lux의 밝기에서 감응되기 시작하고(Summerfield and Roberts, 1987), 야간조명을 하면 콩은 개화가

지연된다는 보고(김 등, 1998) 등과 같이 본 시험에서도 야간조파와 암기처리시간이 짧을 경우 개화가 지연되는 경향이였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 야간조파시 암기처리 12시간에 비하여 벼와 콩의 출수·개화가 지연되고, 벼의 수수와 수당립수, 콩의 협수가 감소되는 것으로 보아 일장 연장의 효과가 인정되어 수량에도 영향을 미칠 것으로 추정되었으며, 야간에 이동차량이 많아 작물에 특별히 많은 빛이 비추어지는 곳에서는 벼와 콩의 경우 야간조명에 대한 감응이 둔감한 조생종을 재배하거나, 중일성의 작물을 재배하는 것이 안전할 것으로 생각되었다.

IV. 적 요

가로등과 보안등의 증가로 인한 야간조명의 확대와 야간 이동차량의 증가로 전조등 등 농경지 주변에 간헐적으로 조명이 이루어지고 있어 2000년부터 2001년까지 2년 동안 암기간과 야간조파가 벼와 콩의 출수 및 개화에 미치는 영향을 구명하고자 수행한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

12시간 암기 중 3시간 마다 10분간 백열등(50~60 lux)으로 조명한 야간조파 처리에 의하여 벼 생육은 두 품종 모두 암기처리 12시간에 비해 간장은 증가되었으며, 수당립수는 감소되었다. 벼의 출수는 야간조파시 암기처리 12시간에 비하여 일품벼 9일, 화성벼는 26일 지연되었으며, 12시간의 암기처리에 비하여 9시간 암기처리시 일품벼 47일, 화성벼는 41일 지연되었다.

야간조파에 의한 황금콩의 생육은 야간조파시 암기처리 12시간에 비해 경장과 절수가 증가되었으며, 협수는 감소되었고, 12시간의 암기처리에 비하여 9시간 암기처리시 경장 및 절수는 증가되었지만 협수는 감소되었다. 콩의 개화까지 소요일수는 야간조파시 암기처

Table 3. Growth and flowering response of soybean cultivars Hwanggeumkong exposed to different night periods and night break from 19 days after seeding to flowering.

Night period (hrs)	Stem length (cm)	No. of node	No. of branch	No. of pod/plant	Days to flowering
12	48.5c	13.8c	5.5a	37.6a	50c
12+Night break*	65.4b	16.1b	4.9a	28.2b	54b
9	73.9a	19.4a	6.5a	33.4ab	69a

*Light intensity: 50~60 lux (0.20~0.24 W m⁻²)

Night break: 10 min. irradiation every 3 hours.

**Means followed by the same letter within a night period are not significantly different at 5% level by DMRT.

리 12시간에 비하여 4일 지연되었으며, 12시간의 암기처리에 비해 9시간 암기처리시 19일 지연되었다.

인용문헌

- 강진호, 박진서, 김재석, 1995: 장일과 암기중단 처리가 바위솔의 성장과 개화에 미치는 영향. 한국작물학회지, **40**(5), 600-607.
- 강진호, 유영섭, 조부근, 1996: 암기중단 처리시간에 따른 바위솔의 성장과 개화. 한국작물학회지, **41**(2), 236-242.
- 김이열, 김홍부, 조장환, 1980: 일장조건에 따른 맥류의 숙기 및 수량구성요소의 품종간 차이. 한국작물학회지, **25**(2), 31-37.
- 김충국, 서중호, 김동휘, 1998: 야간조명이 주요 콩품종의 생육 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청. 농업과학논문집(식작논문집(I)), **40**(2), 155-159.
- 김충국, 조현숙, 서중호, 최성호, 변종영, 2002: 야간조명 광도에 따른 벼 품종별 생육 및 수량 반응. 한국작물학회지, **47**(6), 471-474.
- 농촌진흥청, 1995: 농사시험 연구조사기준, 603pp.
- 이은웅, 1988: 수도작. 향문사.
- 이은웅, 이종훈, 1993: 재배학범론, 한국방송통신대학교, 412pp.
- 이영호, 문윤호, 김석동, 황영현, 홍은희, 1985: 일장이 콩 품종의 주요형질 및 수량에 미치는 영향. 농시논문집, **27**(1), 173-179.
- 이영호, 문윤호, 황영현, 홍은희, 1988: 일장 및 온도가 콩 품종의 개화에 미치는 영향. 농시논문집, **30**(3), 14-18.
- 조계영, 김낙준, 1996: 수도품종의 조만성과 일장, 온도 대한 반응과 관계에 관한 실험. 고대논문집, **3**, 35-46.
- 하용웅, R. Takahashi, S. Yasuda, 1977: 대맥 출수기의 지역적 변동 및 출수기에 관여하는 내적요인 분석. 농촌진흥청. 시험연구보고서(작물), **20**, 115-130.
- 허문희, 김광호, 1976: 단일기간중 암기중단의 광처리 및 장일에 의한 간섭이 수도 출수에 미치는 영향. 한국작물학회지, **21**(2), 211-217.
- Garner, W. W. and H. A. Allard, 1920: Effect of the relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *Journal of Agricultural Research*, **18**, 563-605.
- Hadley, P., 1984: Effects of temperature and photoperiod on flowering on soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]: a quantitative model. *Annals of Botany*, **53**, 669-681.
- Major, D. J. and D. R. Johnson, 1974: Effect of light intensity on the development of field grown soybeans. *Crop Science*, **14**, 839-841.
- Papenfuss, H. D. and F. B. Salisbury, 1967: Aspects of clock resetting in flowering of *Xanthium*. *Plant physiology*, **42**, 1662-1668.
- Roberts, E. H., R. J. Summerfield, and R. H. Ellis, 1988: Environmental control of flowering in barley. I. Photoperiod limits to long-day responses, photoperiod-insensitive phases and effects of low-temperature and short-day vernalization. *Annals of Botany*, **62**, 127-144.
- Salisbury, F. B., 1963: Biological timing and hormone synthesis in flowering of *Xanthium*. *Planta*, **49**, 518-514.
- Schwabe, W. W., 1985: *Kalanchoe blossfeldiana*. In A. B. Halevy (ed.). CRC handbook of flowering V. 3. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA., 217-235.
- Shanmugasundaram, S., 1981: Varietal differences and genetic behavior for the photoperiodic responses in soybeans. *Bull. Inst. of Tropical Agriculture, Kyushu University*, **4**, 1-61.
- Summerfield, R. J. and E. H. Roberts, 1987: Effects of illuminance on flowering in long- and short-day grain legume: A reappraisal and unifying model. In *Manipulation of Flowering* ed. Atherton, J. G., Butterworths London, 203-223.
- Tew, T. L. and D. C. Rasmusson, 1978: Scoring photoperiod sensitivity in barley. *Crop Science*, **18**, 897-898.
- Vince-Prue, D., 1983: Photomorphogenesis and flowering. In W. Shropshire Jr. and H. Mohr (Eds.). *Photomorphogenesis*. Encyclopedia of plant physiology. New series V. 16. Springer-Verlag., Berlin, Germany, 457-490.
- Vince-Prue, D. and J. Gressel, 1985: *Pharbitis nil*, In A. H. Halevy (Eds.). CRC handbook of flowering. V. 4. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA., 47-81.
- Yasuda, S., 1981: The Physiology of earliness in barley. *Institute for agricultural and biological sciences. Okayama university*, 507-517.
- Zimmer, K., 1985: *Sedum*. In A. H. Halevy (Eds.). CRC handbook of flowering IV. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA., 305pp.