

콩의 생육단계별 야간조명에 따른 생육 및 수량 반응

김충국* · 서종호* · 조현숙* · 김시주** · 허일봉*

*농촌진흥청 작물시험장, **농촌진흥청

Growth and Yield Responses of Soybean under Night Illumination at Different Growth Stages

Chung-Guk Kim*, Jong-Ho Seo*, Hyeoun-Suk Cho*, Si-Ju Kim** and Il-Bong Hur*

*National Crop Experiment Station, RDA Suwon, 441-100, Korea

**Rural Development Administration, Suwon, 441-100, Korea

ABSTRACT : This experiment conducted to know physiological characteristics and stress effect on different growth stage of soybean by night illumination. Soybean variety, Shinpaldalkong 2, Keumjungkong 1 and Muhankong were treated by night illumination with 20~30 Lux (0.05~0.08W m⁻², 0.24~0.36 μmol S⁻¹m⁻²) for 15 days at six different growth stage, seedling, pre-floral initiation, post-floral initiation, pod filling and seed ripening stage. Night illumination delayed flowering to 2~8 days compared to control. Delay of flowering by night illumination severely effected at the pre-floral initiation stage. Stem length was increased all the night illumination treatments except the pod filling stage. Number of nodes in Shinpaldalkong 2 and Keumjungkong 1 were increased until before post-floral initiation stage but in Muhankong were increased until after post-floral initiation stage by night illumination treatments. Number of pods were decreased all the night illumination treatments except seedling stage compared with control. Yield decreased all the treatments and severe the loss rate degree showed the order of pre-floral initiation, post-floral initiation, seedling and flowering stage.

Keywords : night illumination, soybean, growth stage

콩은 전형적인 단일식물로 Garner과 Allard(1920)가 콩에서 광주율을 발견한 이후 많은 학자들에 의해서 일장반응에 대한 연구가 이루어졌으며(David & Laurie, 1997; Major & Johnson, 1974; Shanmugasundaram, 1981; 이 등, 1985; 이 등, 1988), 한계일장은 품종에 따라 차이가 있지만 10~12시간으로(Hadely *et al.*, 1984) 알려져 있다.

따라서 야간에 조명을 하게 되면 낮의 길이가 연장되므로 단일성 식물은 개화가 지연되거나 억제된다고 하였으며(김

등, 1998), 야간조명에 대한 식물의 반응은 광질, 광의 강도, 조명 시간, 조명의 방향, 명암의 주기, 식물의 종류와 품종, 조직, 기관, 생육단계에 따라 반응이 다르게 나타난다. 일반적으로 단일성 식물은 출수·개화가 촉진되어 영양생장기간이 단축되며, 장일성 식물은 그와 반대로 출수·개화가 지연되거나 출수·개화 자체가 안되고 영양생장만 계속되는 경우가 많다.

광의 강도는 약광이라도 일장효과가 나타나나 대체로 광도가 증가할수록 효과가 큰 경우가 많다. 콩에 단일처리를 하는 경우 100f·c의 광을 조명할 때 10시간이 필요하지만 150f·c로 조명할 때는 8시간만 조명하면 된다. 콩은 백열등을 처리하면 절간이 신장하고, 형광등을 처리하면 생장속도가 늦어지지만 식물형태가 자연조건과 비교적 유사하며, 동일한 조도의 조건에서 백열등에 수은등을 혼합시 수은등의 비율이 높아지면 생육이 불량해 진다(稻田, 1984).

일중주기(diurnal cycle)를 보이는 주 요인은 광(King *et al.*, 1982; Peeler & Naylor, 1988)이라 하여 광조건하에서는 Potter & Breen(1980)와 Nafziger & Collier(1976)은 전분의 축적으로 인하여 광합성율의 저하가 유기된다고 한 반면, Purcell 등(1987)은 콩에서, Crookston 등(1974)은 강남콩에서 24시간 연속조명을 통해 전분을 축적시켰을 경우 광합성율에는 변함이 없다고 하였다.

한편 도로 및 공업단지 등 산업시설의 증가에 의한 야간 조명 시설 증가와 농촌의 도시화에 따른 도로변의 가로등과 방범등, 주유소 및 상업지역 주변의 선전광고등을 포함한 각종 조명시설이 널리 보급되면서 조명등 주변의 농작물에 피해가 발생되고 있으나, 어느 생육단계가 광에 민감하게 반응하는 지에 대해서는 연구가 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 연구는 생육단계별 야간조명이 콩의 생리적 특성에 미치는 영향을 분석하여 생육단계별 피해정도를 알아보고자 수행하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6757 (E-mail) kimcg@rda.go.kr <Received November 19, 2001>

재료 및 방법

본 시험은 1999년부터 2000년까지 농촌진흥청 작물시험장의 포장에서 유한신육형인 신팔달콩 2호, 검정콩 1호와 무한신육형인 무한콩을 공시하여 시험을 수행하였다. 생육단계별 광의 처리는 유묘기, 화아분화 전기, 화아분화 후기, 개화기, 협 신장기 및 종실비대기의 6 시기의 야간에 각각 15일간씩 Fig. 1과 같은 형광등(AL-2211 D)을 20~30 Lux(0.05~0.08 W m⁻², 0.24~0.36 μmol S⁻¹ m⁻²)로 조절하여 조명을 실시하였다.

광의 처리방법은 주간에는 자연광(태양)을 이용하고, 야간에는 광 처리장치를 이용하여 각 처리시기에 자동 타이머를 이용하여 매일 마다 일몰후 부터 일출전 까지 점등을 실시하였고, 각각의 처리구는 야간에는 암막을 닫아 차광을 하고, 주간에는 암막을 열어 주었다. 광 처리는 넓이 6.0 m²(2×3 m), 높이 3 m의 앵글로 제작된 장치에 형광등 1개를 3 m 높이

에 부착시켜 조명을 하였다.

야간조명은 차량의 전조등이나 달빛 등 외부의 영향이 거의 없을 때 조도계(Model LI-188B 및 LI-1800, LI-COR, Inc.)로 식물체 선단부위의 높이에서 반복 측정하면서 조절하였다.

파종은 5월 중순에 하였으며, 재식거리는 신팔달콩 2호의 경우 휴폭 60 cm에 주간거리 10 cm로 하였고, 검정콩 1호와 무한콩은 휴폭 60 cm에 주간거리 15 cm로 주당 4~5알씩 점파하여 파종후 20~25일에 2분을 남기고 솟아주었다. 시비 및 병해충 방제 등 기타 관리는 관행에 준하였다.

개화기 조사는 품종별로 생육이 중간정도인 20개체를 선정하여 개체별로 개화된 개체수를 매일 조사하여 40%가 개화된 날을 개화기로 하였으며, 분지수는 분지중에서 2마디 이상으로 된 분지를 조사하였고, 기타 생육조사는 농촌진흥청 시험 연구조사기준(1995)에 준하였다.

결과 및 고찰

품종 및 생육단계별 개화 반응

생육단계별 야간조명에 의한 콩 품종별 개화반응(Table 1)은 야간조명시 대조구에 비하여 모든 처리에서 개화가 지연되었으며, 유한형 품종의 경우 유묘기 처리는 6일, 화아분화 전기 처리는 7~9일, 화아분화 후기 처리는 3~4일이 지연되었다.

무한형 품종의 경우도 유한형 품종과 유사한 경향으로 개화가 지연되어 유묘기 처리는 4일, 화아분화 전기 처리는 7일, 화아분화 후기 처리는 2일이 지연되어 콩을 생육단계별로 야간조명시 화아분화 전기가 광에 가장 민감함을 알 수 있었고, 품종별로는 검정콩 1호가 개화에 민감한 품종으로 나타나, 단

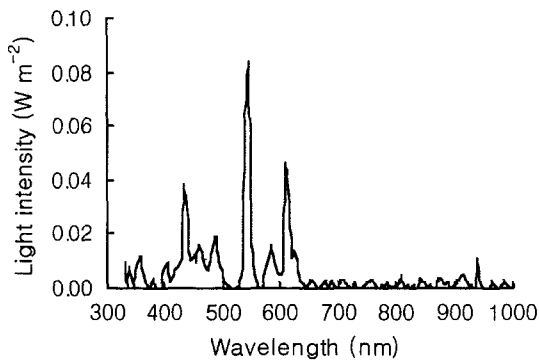


Fig. 1. Distribution of light energy by fluorescent lamp.

Table 1. Flowering delay of soybean under night illumination at different growth stages.

Soybean cultivars		Treatment stage [†]	Days to flowering	Flowering delay (day)
Determinant type	Shinpaldalkong 2	Seedling	58	6
		FIP	59	7
		FIA	55	3
		Control	52	0
	Keumjungkong 1	Seedling	64	6
		FIP	67	9
		FIA	62	4
		Control	58	0
Mean	Seedling	61	6	
	FIP	63	8	
	FIA	59	4	
	Control	55	0	
Indeterminant type	Muhankong	Seedling	64	4
		FIP	67	7
		FIA	62	2
		Control	60	0

[†]FIP : Floral initiation prophase, FIA : Floral initiation anaphase.

Table 2. Growth of soybean under night illumination at different growth stages.

Soybean cultivars		Treatment stage [†]	Stem length (cm)	No. of node	No. of branch	No. of pod/plant
Shinpal-dalkong 2		Seedling	77	20.1	4.2	56
		FIP	83	20.5	2.7	53
		FIA	60	16.5	2.0	42
		Flowering	54	15.7	2.3	43
		Pod elongation	55	16.6	2.8	43
		Seed enargement	55	16.4	3.5	52
		Control	55	16.9	3.8	54
Deter-minant type Keumjung-kong 1		Seedling	92	20.1	2.6	34
		FIP	92	20.0	2.8	30
		FIA	85	18.3	2.8	37
		Flowering	86	17.9	1.6	40
		Pod elongation	84	18.1	1.9	32
		Seed enargement	77	18.0	2.5	31
		Control	81	18.0	1.9	31
Mean		Seedling	85	20.1	3.4	45
		FIP	88	20.2	2.8	42
		FIA	73	17.4	2.4	40
		Flowering	70	16.8	1.9	42
		Pod elongation	70	17.3	2.3	38
		Seed enargement	66	17.2	3.0	42
		Control	68	17.4	2.9	43
Indeter-minant type Muhankong		Seedling	119	23.4	3.8	54
		FIP	126	23.3	3.0	54
		FIA	126	23.0	3.3	51
		Flowering	136	25.3	2.6	48
		Pod elongation	131	26.0	2.6	57
		Seed enargement	113	24.5	2.9	49
		Control	116	23.8	2.8	54

[†]FIP : Floral initiation prophase, FIA : Floral initiation anaphase.

일성 작물은 조생종의 생태형보다 만생종의 생태형에서 단일의 효과가 크고, 일장에 민감하다는 보고(趙와 金, 1996; 윤, 1986; 김 등, 1999)와 같은 경향이었으며, 야간조명시 검정콩은 단엽콩 및 명주나물콩보다 개화가 지연된다는 보고(김 등, 1998)와도 같은 경향이였다.

품종 및 생육단계별 생육 반응

생육단계별 야간조명에 의한 콩의 생육(Table 2)은 경장의 경우 유한형 품종은 대조구(68 cm)에 비하여 화아분화 전기(88 cm) 및 유묘기(85 cm)에 야간조명시 증가 정도가 컸으며, 다음은 화아분화 후기(73 cm)에 증가되었다. 품종간에는 검정콩 1호보다 신탄달콩 2호가 경장의 증가 정도가 커서 광에 민감한 것으로 나타났다.

무한형 품종은 대조구(116 cm)에 비하여 화아분화 전기 및 후기에 야간조명시에도 126 cm로 증가되었지만, 개화기 및 협신장기에 야간조명시는 각각 136, 131 cm로 현저하게 경장이 증가되었다. 이는 콩을 파종한 후 수확까지의 전 생육기 동안에 야간조명을 계속할 경우 경장이 증가되었다는 보고(김 등,

1998)와 유사한 경향이였으며, 이는 야간조명에 의하여 영양생장이 연장되므로써 경장이 증가된 것으로 사료되었다.

절수는 유한형 품종의 경우 화아분화기 이전에 야간조명시 대조구에 비하여 2.7~2.8절이 증가되었으며, 품종간에는 검정콩 1호보다 신탄달콩 2호가 증가 정도가 컸고, 화아분화 후기 이후 처리시는 대조구와 유사한 경향을 나타내었다. 무한형콩의 절수는 유한형 품종과는 달리 대조구에 비하여 개화기 이후 처리시 0.7~2.2절이 증가되었는데, 이는 유한형 품종은 개화기 이후에 영양생장이 거의 멈추고 생식생장으로 전환되지만, 무한형 품종은 생식생장과 영양생장이 겹쳐서 이루어지기 때문으로 생각되었다. 분지수는 유묘기에 야간조명시 모든 품종에서 0.4~1.0개가 증가되었으며, 유묘기 이후 야간조명시는 품종에 따라 각각 상이한 반응을 보였다.

협수는 유한형 품종의 경우 유묘기 처리를 제외한 모든 처리에서 1~5개가 감소되는 경향을 나타내었으나, 무한콩은 생육단계간에 일정한 경향 없이 대조구에 비하여 협신장기 처리시는 3개가 증가되었고, 화아분화 후기, 개화기 및 종실 비대기에는 각각 3, 6 및 5개가 감소되었다.

Table 3. Yield of soybean under night illumination at different growth stages.

Soybean cultivars	Yield (g/plant)							
	Seedling	FIP [†]	FIA	Flowering	Pod elongation	Seed enargement	Control	
Determinant type	Shinpaldalkong 2	22.6 (92)	21.8 (89)	22.6 (92)	22.5 (92)	23.4 (95)	23.8 (97)	24.6 (100)
	Keumjungkong 1	17.3 (95)	16.8 (92)	17.0 (93)	17.8 (97)	17.6 (96)	17.9 (98)	18.3 (100)
	Mean	20.0 (94)	19.3 (90)	19.8 (93)	20.1 (94)	20.5 (96)	20.9 (98)	21.4 (100)
Indeterminant type	Muhankong	20.9 (95)	20.5 (93)	20.7 (94)	20.9 (95)	21.4 (97)	21.3 (96)	22.1 (100)

FIP : Floral initiation prophase, FIA : Floral initiation anaphase.

품종 및 생육단계별 수량 반응

수량은 유한형 품종은 대조구에 비하여 화아분화 전기 및 후기에 처리시 각각 10% 및 7% 감소되었으며, 협신장기 및 종실 비대기는 각각 4% 및 2% 감소로 화아분화 전기 및 후기에 처리시 비교적 감소정도가 컸으며, 품종간에는 유사한 경향이였다. 이와 같이 화아분화 전기 및 후기 처리시 비교적 감소정도가 큰 것은 경장 및 절수의 증가 등 영양생장 과다의 영향으로 추정되었다.

무한형 품종도 대조구에 비하여 유묘기, 화아분화 전기, 화아분화 후기 및 개화기 처리시 각각 5%, 7%, 6% 및 5% 감소로 유한형 품종과 유사한 경향이였으며, 그 정도는 3품종 모두 화아분화 전기에 야간조명시 수량감소 정도가 비교적 컸으며, 다음은 화아분화 후기>유묘기>개화기의 순으로 감소되었고, 개화기 이후 처리시는 감소 정도가 적었는데, 벼에서 출수 7~40일전인 유수형성기에 야간조명시 피해가 크다는 보고稻田, 1984)와 같은 경향이였다.

적 요

콩의 생육단계별 야간조명 처리가 생리적 특성에 미치는 영향을 분석하여 생육단계별 피해정도를 알아보고자 유한신육형인 신평달콩 2호와 검정콩 1호, 무한신육형인 무한콩을 공시하여 유묘기, 화아분화 전기, 화아분화 후기, 개화기, 협 신장기 및 종실비대기의 6 시기의 야간에 각각 15일간씩 20~30 Lux(0.05~0.08 W m⁻², 0.24~0.36 μmol S⁻¹ m⁻²)의 조도에서 시험을 수행한 결과 요약하면 다음과 같다.

1. 개화기는 야간조명처리시 대조구에 비하여 2~8일 지연되었으며, 생육단계별로는 화아분화 전기에 야간조명시 7~9일이 지연되어 개화지연정도가 가장 컸다.

2. 경장은 대조구에 비하여 협신장기 이후 처리를 제외한 모든 처리에서 증가되었으며, 절수는 신평달콩 2호 및 검정콩 1호는 화아분화 후기 이전에 야간조명 처리시 증가되었으나, 무

한콩은 화아분화 후기 이후 처리시 증가되었다.

3. 유한형 품종의 협수는 유묘기의 처리를 제외한 모든 처리에서 대조구에 비하여 감소되는 경향이였다.

4. 수량은 모든 생육단계의 야간조명 처리에서 감소되었으며, 감소 정도는 대조구에 비하여 화아분화 전기는 7~11%, 화아분화 후기에는 6~8%, 유묘기에는 5~8%, 개화기에는 3~8%이었다.

인용문헌

- 趙載英, 金洛駿. 1996. 水稻品種의 早晚性과 日長, 溫度 對한 反應과 關係에 關한 實驗. 高大論文集 3 : 35-46.
- Crookston, R. K., J. O'Toole, R. Lee, J. L. Ozbun, and D. H. Wallace. 1974. Photosynthetic depression in beans after exposure to cold for one night. *Crop Sci.* 14 : 457-464.
- David A. Laurie. 1997. Comparative genetics of flowering time. *Plant Molecular Biology.* 35 : 167-177.
- Gamer, 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. *J. Agr. Res.* 18 : 563-606.
- Hadley, P. et al. 1984. Effects of temperature and photoperiod on flowering on soybean [*glycine max* (L.) Merrill.] a quantitative model. *Ann. of Bot.* 53 : 669-681.
- 稻田勝美. 1984. 光と植物生育(光選擇利用の基礎と應用). 養賢堂. pp. 415.
- 김충국, 서종호, 김동휘. 1998. 야간조명이 주요 콩품종의 생육 및 수량에 미치는 영향. 농촌진흥청. 농업과학논문집 식작논문집 (I). 40(2) : 155-159.
- 김충국, 서종호, 조현숙, 김시주, 허일봉. 1999. 야간조명에 따른 콩의 생태형별 생육반응. 한국작물학회지 44(별1) : 410.
- King, A. I., M. S. Reid, and B. D. Patterson. 1982. Diurnal changes in the chilling sensitivity of seedlings. *Plant Physiol.* 70 : 211-214.
- 李英豪, 文倫호, 金奭東, 黃永鉉, 洪殷熹. 1985. 일장이 콩품종의 주요형질 및 수량에 미치는 영향. 農試論文集 27(1) : 173-179.
- 李英豪, 文倫호, 黃永鉉, 洪殷熹. 1988. 일장 및 온도가 콩품종의 개화에 미치는 영향. 農試論文集 30(3) : 14-18.
- Major, D. J. and D. R. Johnson. 1974. Effect of Light Intensity on the Development of Field Grown Soybeans. *Crop Sci.* 14 : 839-841.

- Nafziger, E. D. and H. R. Collier. 1976. Influence of leaf starch concentration on CO₂ assimilation in soybean. *Plant Physiol.* 57 : 560-563.
- Peeler, T. C. and A. W. Naylor. 1988. A comparison of the effects of chilling on leaf gas exchange in pea (*Pisum sativum* L.) and cucumber (*Cucumis sativas* L.). *Plant Physiol.* 86 : 143-146.
- Potter, J. R. and P. J. Breen. 1980. Maintenance of high photosynthetic rates during the accumulation of high leaf starch levels in sunflower and soybean. *Plant Physiol.* 66 : 528-531.
- Purcell, L. C., D. A. Ashley, and H. R. Boerma. 1987. Effects of chilling on photosynthetic capacity, and leaf carbohydrates and nitrogen status of soybean *Crop Sci.* 27 : 90-95.
- Shanmugasundaram, S. 1981. Varietal differences and genetic behavior for the photoperiodic responses in soybeans. *Bull. Inst. of Tropical Agriculture, Kyushu Univ.* 4 : 1-61.
- 윤성호. 1986. 온도 및 일장에 따른 벼 품종들의 출수반응에 관한 연구. 건국대학교 대학원 박사학위 청구논문. pp. 52.