

夜間照明에 대한 大·小麥의 生育 및 收量反應

김영용¹ · 김충국¹ · 김시주² · 강병화³

¹농촌진흥청 작물시험장, ²농촌진흥청

³고려대학교 자연자원대학

(2001년 11월 20일 접수; 2002년 2월 8일 수락)

Effect of Night Illumination on Growth and Grain Yield of Wheat and Barley

Y. Y. Kim¹, C. K. Kim¹, S. J. Kim² and B. W. Kang³

¹National Crop Experiment Station, ²RDA, Suwon,

³Korea University, Seoul, Korea

(Received November 20, 2001; Accepted February 8, 2002)

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the effect of night illumination on the growth and yield of wheat and barley. Three varieties of barley and four cultivars of wheat were tested under the different night illuminance which was controlled in the range of 1.2~20 Lux during whole growth season at night. As night illumination was stronger, the culm length of all varieties tended to be shorter. The shortening was greater in barley than wheat. Node number, awn length and culm diameter tended to decrease as the light intensity was stronger. Internode length above the 4th and 5th node was remarkably decreased by the stronger illuminance. The degree of decrease in spike length affected by the night illuminance was much larger in the late-maturing variety among wheat cultivars. As night illumination was stronger, days to heading was shortened in general. The range of decrease was 2 to 10 days under 10~20 Lux condition similarly in both barley and wheat. Effect of night illumination on heading date and days from initial heading to full heading was not considerably different between the crops and among varieties except Kangbori. Night illumination decreased the grain yield by 12.5% in barley, and 11.0% in wheat at 2.1~5.0 Lux condition, and 34.6% in barley, and 29.3% in wheat at 10~20 Lux condition compared to control. Yield reduction was significantly different among varieties, being greatest in Kangbori among barley varieties, and in Chokwang (late-maturing variety) and Changkwang (late-maturing variety) among wheat varieties. It was interpreted that the decrease of grain yield was resulted from the decrease in the number of spikes and the number of grains per spike under the stronger night illumination. The decrease of grain yield was more directly attributed to the decrease in the number of grains per spike.

Key words : night illumination, illuminance, lux, barley, wheat

I. 緒 論

환경조건은 작물의 수량을 결정하는 주 요인이며, 이중 일장은 작물의 생육시기나 수량에 절대적인 영향을 끼친다. 맥류가 장일식물임이 밝혀진 이후, 일장에

대한 유전검정(조, 1974)과 일장이 생육 및 수량에 미치는 영향(김 등, 1980a), 맥종간 또는 품종간 차이에 관한 연구(김 등, 1980a; Major, 1980)들이 꾸준히 수행되어 왔으며, 최근들어 광주기에 민감한 생육시기를 찾으려는 노력(Slafer and Rawson, 1994)과 광질

에 의한 변이에 대해서도 연구가 진행되었다(하, 1989).

한편, 산업화 이후 공업단지의 증가와 농촌 생활 환경의 개선에 따른 가로등, 방범등, 각종 조명등의 증가에 의해 주변 포장의 작황이 고르지 못하고 수확량이 감소하는 문제가 대두되고 있고, 특히 최근의 조사에서 농촌주거환경 개선을 위한 추가적인 생활편익시설로 가로등의 확충을 꼽고 있어(김, 1995) 야간조명에 의한 피해는 점차 증대될 전망이다. 이러한 야간조명에 의한 피해는 온도가 높아질수록 장일효과가 증대되는 맥류의 특성으로 볼 때(조와 정, 1979; Masanori and Masuda, 1984; Saini and Nanda, 1987) 겨울철 온난화가 진행될수록 그 피해정도가 점차 커질 것으로 우려된다. 또한 최근에 육성된 품종일수록 작부체계상 경합회피를 위한 조숙품종들이 대부분인데 이들은 춘파성이 높고 단일 조건에 대한 광주반응성은 둔감하나 장일 조건에 대해서는 상반된 경향을 보여 상대적으로 더 많은 감수피해를 볼 수 있다. 그러나, 타 작물을 대상으로 한 야간조명이나 광강도에 의한 생육 및 수량의 변이정도에 관한 연구는 소수 이루어졌으나(김 등, 2000; 김 등, 1999; 김 등, 1998), 맥류를 대상으로 한 실험은 거의 이루어지지 않고 있다. 이에 야간조명에 의한 맥류의 생육 및 수량의 피해정도를 구명하고자 실험하였던 바 몇가지 결과를 얻어보고자 하는 바이다.

II. 材料 및 方法

본 실험은 1998~2000년에 농촌진흥청 작물시험장 작물환경과 포장에서 수행되었으며, 광원의 높이는 4 m, 간격은 3 m, 전압 및 전력은 220 V 및 200 W, 광원은 나트륨등을 조명하였다. 자동 타이머를 이용하여 전 생육기간 동안 일몰 후 부터 일출전까지 매일 점등을 실시하였고, 2 Lux 이하, 2.1~5.0 Lux, 5.1~10 Lux, 10~20 Lux로 구분하여 조사하였다. 시험재료는 대맥은 강보리, 서둔찰보리, 울보리 3품종을, 소맥은 금강밀, 그루밀, 조광, 장광 4품종을 사용하였고, 재식 거리 25×5 cm, 파종량 13~14 kg/10a로 10월 19일에 파종하여 자연상태에서 파성을 소거시킨 후 포장상태에서 실험하였다.

감광성 정도는 10~20 Lux 처리구와 대조구(2.0 Lux 이하) 간의 출수일수 차이를 대조구의 출수일수로 나누어 야간조도에 의한 출수축진율로 평가하였고, 출

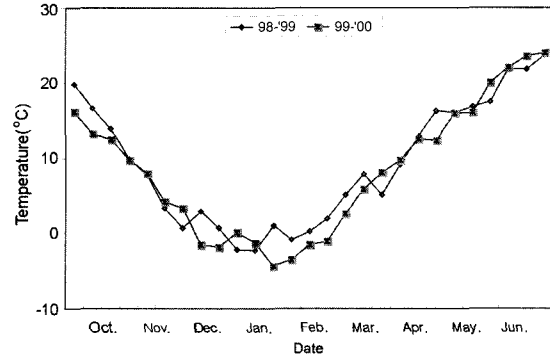


Fig. 1. Change in air temperature during the experiment in 1998-2000.

수 및 성숙일수는 파종일인 10월 19일을 기준으로 하여 누적일수로 계산하였다. 기타 재배법은 작물시험장 맥류 표준재배법에 준하였다.

시험기간 동안의 기온은 전체적으로 평년에 비해 1~2°C 가량 높았으며, 특히 월동기간인 12~2월의 온도가 평년에 비해 높았고 출수기~등숙기의 기온도 다소 높았으나, '99~'00년에는 생육재생기인 2월중의 기온이 전년에 비하여 상당히 낮았다(Fig. 1).

III. 結果 및 考察

3.1. 야간조명에 의한 생육특성의 변화

대·소맥의 품종별 야간조도에 따른 간장의 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 전반적으로 야간조도가 높아질수록 단간화되는 경향을 보였다.

대맥의 간장 변화는 파성 I인 강보리는 대조구(야간조도 2 Lux 이하 처리구)와 10~20 Lux 처리구 간의 간장 차이가 32.4 cm 였으나, 파성 III인 서둔찰보리

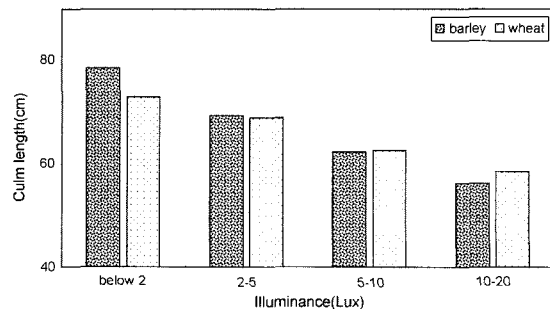


Fig. 2. Effect of night illuminance on culm length in barley and wheat.

Table 1. Effect of night illuminance on internode length in a barley variety, Kangbori

| Illuminance (Lux) | Internode length(cm) | | | | | Clum length | |
|----------------------|----------------------|------|------|------|------|-------------|----------|
| | no.1 | no.2 | no.3 | no.4 | no.5 | Total(cm) | Ratio(%) |
| control | 30.7 | 17.6 | 13.7 | 13.0 | 8.5 | 83.5 | 100 |
| 2.1-5.0 | 27.2 | 16.2 | 12.9 | 11.3 | 6.3 | 73.7 | 88.3 |
| 5.1-10 | 27.9 | 15.4 | 11.3 | 7.6 | 2.1 | 64.3 | 77.0 |
| 10-20 | 27.6 | 15.2 | 10.5 | 5.2 | 1.0 | 59.4 | 71.1 |
| LSD _{0.05} | 1.64 | 0.91 | 1.24 | 1.78 | 3.08 | | |

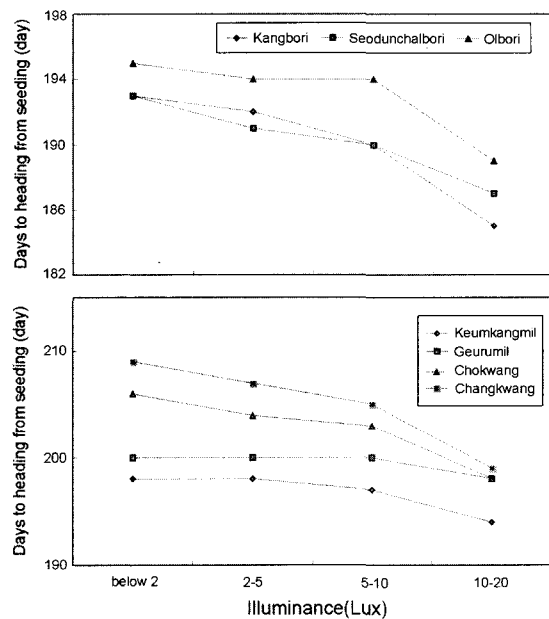
는 18.6 cm, 파성 III 또는 IV인 올보리는 16.2 cm의 차이를 보여 파성이 낮을수록 야간조도의 변화에 심한 변이를 보였다. 소맥에 있어서는 숙기가 빠른 금강밀, 그루밀은 10~20 Lux 처리구에서 각각 11.8 cm, 7.1 cm의 차이를 보였으나 숙기가 상대적으로 늦은 조광, 장광은 22.6 cm, 15.7 cm의 차이를 보였다. 또한, 소맥의 일장실험결과 단일에 의해 장간화되는 정도가 단간종인 Yecora보다 장간종인 Bezostaya가 심하였다(조와 정, 1979)는 보고와 비슷한 경향을 보여, 10-20 Lux 처리구에서 장광 23.7%, 조광 21.2%, 금강밀 18.2%, 그루밀 12.4%의 단축율을 나타내 장간일수록 야간조도에 의한 간장변이가 심하였다.

절간장은 야간조도가 증가됨에 따라 모든 절간에서 단축되는 경향을 보였으며 조도가 높아질수록, 또 상위절로 갈수록(특히 4, 5절) 변이가 심하였다(Table 1).

야간조도에 의한 수장의 변이는 대조구(2 Lux 이하 처리구)에 비해 10~20 Lux에서 대맥은 강보리 21.6%, 서둔찰보리 15.4%, 올보리 13.2%의 감소를 보였고, 소맥은 금강밀 10.7%, 그루밀 5.6%, 조광 21.9%, 장광 23.5%의 감소를 보여, 대맥은 평균 15.8%, 소맥은 평균 16.9%의 감소를 보였다. 이와 같이 대맥보다는 소맥이 다소 감소 폭이 컸으며, 품종간에는 대맥은 비슷한 정도의 감소를 보였으나, 소맥은 금강밀과 그루밀은 변이 폭이 적은 반면 조광과 장광은 수장의 감소가 심하여 숙기가 늦을수록 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 또한 대·소맥 공히 조도가 높아질수록 수장이 짧아지는 경향을 보여, 고온장 일하의 조건에서 수장이 짧아지며 온도보다는 일장에 의한 효과가 컸다(조와 정, 1979)는 보고와 비슷한 경향을 보였다.

3.2. 야간조도에 의한 출수 반응

출수소요일수는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 야간조도가 높아질수록 단축되는 경향을 보였으며 변이정도

**Fig. 3.** Change in days to heading depending on night illuminance in barley and wheat.

는 대·소맥이 비슷하였다. 대·소맥 모두 2.1 Lux 부터 10 Lux 까지는 대조구에 비해 1~4일 출수가 빨라졌으나 10~20 Lux에서는 2~10일이 단축되어, 대·소맥의 출수소요일수 변이는 10 Lux 이상의 조건에서 영향을 크게 받는 것으로 보인다.

10 Lux 이상에서 파성 III인 서둔찰보리와 파성 III 또는 IV인 올보리는 3.0%의 출수축진율을 보였고 파성 I인 강보리는 4.1%를 보여, 대맥 품종간 차이는 거의 없었으나, 소맥 품종에서는 그루밀과 금강밀은 각각 1.0%, 2.0%로 거의 영향을 받지 않은데 반해 조광은 3.9%, 장광은 4.8%의 출수축진율을 보여 장간이고 숙기가 늦은 품종일수록 상대적으로 영향을 크게 받았다. 소맥의 지엽출현일수(김 등, 1979)와 대맥

Table 2. Growth characteristics and yield as affected by night illumination

| Corp | Illuminance (Lux) | Culm length (cm) | Spike length (cm) | Granins per spike (grains) | Spikes per weight (no./m ²) | 1000 grain weight (g) | Grain yield (kg/10a) |
|--------|---------------------|------------------|-------------------|----------------------------|---|-----------------------|----------------------|
| Barley | below2 | 79 | 3.8 | 41.6 | 610 | 34.8 | 580 |
| | 2~5 | 69 | 3.6 | 37.6 | 573 | 35.5 | 507 |
| | 5~10 | 62 | 3.3 | 34.0 | 577 | 35.9 | 440 |
| | 10~20 | 56 | 3.2 | 28.9 | 509 | 35.5 | 379 |
| | LSD _{0.05} | 1.80 | 0.24 | 1.87 | 19.47 | 0.92 | 46.64 |
| Wheat | below2 | 73 | 6.5 | 36.9 | 448 | 44.9 | 558 |
| | 2~5 | 69 | 6.1 | 32.9 | 428 | 44.9 | 498 |
| | 5~10 | 63 | 5.5 | 29.4 | 409 | 44.5 | 451 |
| | 10~20 | 59 | 5.4 | 27.7 | 393 | 44.6 | 395 |
| | LSD _{0.05} | 1.38 | 0.30 | 1.18 | 18.27 | 0.78 | 28.07 |

의 출수소요일수(김 등, 1980b)는 단일조건에 의해 지연되며 장·단일(12 hr·24 hr) 처리간에 2배 정도의 차이로 대맥이 소맥보다 광반응에 더 민감하다고 하였으나, 본 실험에서는 장광이 최대 10일의 차이를 보였을 뿐 기타 품종들은 그 이하의 변이를 보였으며, 맥종간 변이정도의 차이도 크지 않았다.

3.3. 야간조명에 의한 수량구성요소의 변화

수당립수는 Table 2에서 보는 바와 같이 야간조도가 높아질수록 감소되었으며 맥종간에는 소맥이 대맥에 비해 변이 정도가 적어, 상대적으로 더 둔감하였다.

대조구에 비해 10-20 Lux에서 대맥은 29.9%, 소맥은 24.9%의 감소를 보여 단일조건에 의해 수당립수가 증가된다는 조와 정(1979), 김 등(1980b)의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다.

대맥 품종간에서는 10-20 Lux에서 서둔찰보리와 올보리는 26.2%의 수당립수 감소를 보였으나 강보리는 39.1%의 감소를 보여 파성이 낮은 품종이 영향을 크게 받았다. 소맥은 숙기가 빠른 금강밀, 그루밀은 각각 14.0%, 13.7%의 감소를 보인 반면 조광, 장광은 각각 38.4%, 27.0%의 감소를 보여, 조숙종 일수록 야간조명에 의한 영향을 적게 받는 경향을 보였다.

대·소맥 모두 야간조명에 의해 수당립수가 감소되었는데 이는 장일조건에 의해 생육기간이 짧아지기 때문인 것으로 사료되었으며, 12 h 일장처리에 비해 24 h 처리에서 대맥의 립수감소가 소맥보다 심하였다는 김 등(1980a)의 결과 및 단일조건에서 이삭의 분화기간이 길어져 립수가 증가되었다는 조(1974)의 보고와 동일한 경향을 보였다.

대·소맥의 수수는 야간조도가 높을수록 감소되는 경향을 보였으며, 대맥의 감소폭이 소맥보다 심하였다. 김 등(1980a)은 8 hr, 12 hr, 24 hr으로 일장처리한 결과 대·소맥 모두 장일과 극단일 조건에서 주당수수가 적었으며, 일장처리에 의한 수수의 변이정도는 대맥이 소맥보다 다소 심하였다고 하였는데, 본 실험에서도 이와 비슷한 경향을 보여 10~20 Lux에서 m² 당 수수가 대맥은 평균 101개, 소맥은 52개가 감소하여 각각 16.9%, 11.9%의 감소율을 보였다. 10~20 Lux에서 대맥품종은 서둔찰보리의 감소율이 다소 높았으나 14~20%의 비슷한 감소정도를 보였고, 소맥품종 간에는 품종에 따라 다른 경향을 보여 금강밀(6.5%)의 감소폭이 적었고 그루밀(22.4%)과 조광(20.6%)이 상대적으로 감소가 심하였다. 야간조명에 의한 수수의 변이는 품종간 차이가 있으나, 전반적으로 대맥은 10 Lux 이상에서 수수가 급감하는 경향을 보였으며 소맥은 조도가 증가됨에 따라 비슷한 정도의 감소를 보였다. 야간조명에 의한 천립중의 변이는 조도가 증가됨에 따라 대맥은 약간 증가되는 경향을 보였으나, 소맥은 거의 변화가 나타나지 않아, 대·소맥의 천립중이 장일조건에 의해 증가된다는 조와 정(1979)의 보고와 다소의 차이를 보였다.

야간조명에 의한 수량의 변이는 조도가 증가됨에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 대맥의 감소가 소맥보다 심하여 10~20 Lux에서 대맥은 평균 34.6%, 소맥은 평균 29.3%의 감소를 보였다(Table 2). 품종간에는 뚜렷한 차이를 보여, 대맥은 10~20 Lux에서 파성 I인 강보리가 46.8%의 수량감소를 보인 반면, 서둔찰보리(파성 III)와 올보리(파성 III 또는 IV)는 각각

28.6%, 28.2%의 감소를 보여, 파성이 낮을수록 야간 조도에 의한 수량감소가 심하였다. 소맥은 10~20 Lux에서 숙기가 빠른 그루밀, 금강밀은 각각 19.7%, 15.4%의 감소를 보인 반면, 숙기가 늦은 조광, 장광은 각각 39.8%, 35.0%의 수량감소를 보여 숙기가 늦은 품종일수록 야간조도에 의한 감수피해를 크게 받았다. 본 실험의 결과는 장일조건에서 수수나 립수의 감소로 인해 맥류의 수량이 감소된다는 조와 정(1979), 김 등(1980b)의 보고와 비슷한 경향을 보였다.

IV. 摘 要

야간조명이 주요 밀·보리 품종의 생육 및 수량에 미치는 영향을 알아보고자 작물시험장 포장에서 나트륨등을 이용하여 1.2~20 Lux가 되게 야간조도를 조절하여 일몰후부터 일출전까지 전 생육기간 동안 매일 점등을 실시하였고, 2 Lux 이하, 2.1~5.0 Lux, 5.1~10 Lux, 10~20 Lux로 구분하여 조사하였다. 대맥 3품종(강보리, 서둔찰보리, 올보리)과 소맥 4품종(금강밀, 그루밀, 조광, 장광)을 공시하여 실험하였다.

야간조도에 따른 대·소맥의 성숙기 간장은 조도가 높아질수록 모든 품종에서 단간화되는 경향을 보였고, 파성 I인 강보리의 변이가 가장 심하였으며, 소맥보다 대맥의 간장변이가 더 심하였다. 절수, 망장, 간직경은 전반적으로 야간조도의 증가에 따라 다소 감소되는 경향을 보였으나, 처리간·품종간 차이는 크지 않았다. 야간조도 증가에 따른 대맥의 절간장 감소는 상위 4·5절 이상에서 심하였으며, 수장의 감소 정도는 대·소맥이 비슷하였으나, 소맥품종 간에는 숙기가 늦은 품종일수록 영향을 크게 받았다. 출수소요일수는 야간조도 증가에 따라 단축되는 경향을 보였으며, 단축정도는 10~20 Lux에서 2~10일로 대·소맥이 비슷하였고, 출수기와 수전일수도 강보리를 제외하고는 품종간·맥종간 차이가 크지 않았다. 야간조도 증가에 따른 수량감소는 2~5 Lux 조건에서 대맥 12.5%, 소맥 11.0%였으며, 10~20 Lux에서는 대맥 34.6%, 소맥 29.3%의 감소를 보여, 조도의 증가에 따라 수량이 감소되었으며, 소맥보다 대맥의 감소정도가 더 심하였다. 품종 간에는 대맥은 파성이 낮은 강보리(I)가, 소맥은 숙기가 늦은 조광, 장광이 조도 증가에 따른 수량감소가

심하였다. 천립중은 야간 조도 증가에 따라 다소 증가 되는 경향을 보였으나 그 차이가 크지 않았다. 야간조도 증가에 따른 수량감소의 주 원인은 수수와 일수립수의 감소에 의한 것으로 보이며, 수수보다는 일수립수의 감소가 직접적인 영향을 준 것으로 사료되었다.

引用文獻

- 조장환, 1974: 소맥의 출수기 유전에 관한 연구. 한국작물학회지, **15**, 1-31.
- 조장환, 정태영, 1979: 온도 및 일장조건이 소맥의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국작물학회지, **24**(2), 35-41.
- 하용웅, 1989: 맥류의 출수기에 관한 연구. VI. 광질이 대맥의 출수 및 생육에 미치는 영향. 한국작물학회지, **34**(2), 184-191.
- 김충국, 서종호, 김동휘, 1998: 야간조명이 주요 콩 품종의 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.
- 김충국, 서종호, 조현숙, 김시주, 허일봉, 2000: 야간조명에 의한 벼 품종별 출수 반응. 한국작물학회 추계발표회지, **45**(별2), 155-156.
- 김봉구, 조장환, 하용웅, 남중현, 1979: 소맥 주요형질의 유전 및 선발효과에 관한 연구. II. 소맥의 출수기에 관여하는 파성, 일장반응, 협의의 조만성 및 내한성 교배친의 선택. 한국육종학회지, **11**(1), 24-42.
- 김이열, 김홍부, 조장환, 1980a: 일장처리가 맥류의 생육 및 수량에 미치는 영향. 흥기창박사 회갑기념논문집, 136-141.
- 김이열, 김홍부, 조장환, 1980b: 일장조건에 따른 맥류의 숙기 및 수량구성요소의 품종간 차이. 한국작물학회지, **25**(2), 31-37.
- 김수옥, 1995: 농촌주민의 기초 수요 조사연구. 한국농촌지도학회지, **2**(1), 41-54.
- Major, D.J., 1980: Photoperiod response characteristics controlling flowering of nine crop species. *Canadian Journal of Plant Science*, **60**, 777-784.
- Masanori Inagaki and Sumio Masuda, 1984: Heading responses to temperature and daylength in barley varieties. *Japan. J. Breed.*, **34**, 423-430.
- Saini, A.D. and R. Nanda, 1987: Analysis of temperature and photoperiodic response to flowering in wheat. *Indian J. of Agricultural Sci.*, **57**, 351-359.
- Slafer, G.A. and H.M. Rawson, 1994: Rate of leaf appearance and final number of leaves in wheat: Effects of duration and rate of change of photoperiod. *Annals of Botany*, **74**, 427-436.