

## 광질처리에 따른 벼 유묘 출현, 생육 및 광합성

강진호\* · 전병삼\* · 최진룡\* · 김종수\*\* · 김영광\*\*\*†

\*경상대학교 농업생명과학대학, \*\*경남 창녕제일고교, \*\*\*경남농업기술원

### Effect of Light Quality on Seedling Emergence, Growth and Photosynthesis of Rice

Jin Ho Kang\*, Byong Sam Jeon\*, Zhin Ryong Choe\*, Jong Soo Kim\*\* and Yeung Gwang Kim\*\*\*†

\*Div. of Applied Life Sci. Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea

\*\*Changnyeong Jeil Highschool, Changnyeoung 635-850, Korea

\*\*\*Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-370, Korea

**ABSTRACT:** White spunbonded fabrics has been utilized for covering in rice seedling nursery. This study, therefore, was carried out to examine the effect of light quality on seedling emergence, growth, morphology, chlorophyll content and photosynthesis to get the information on the color of the fabrics. Blue, red and far-red lights were treated immediately after sowing seeds of three cultivars, Dongjinbyeo, Ilmibyeo and Daesanbyeo. Seedling emergence, growth and morphology, chlorophyll content and photosynthetic rate were measured. Seedling emergence rate of Dongjinbyeo and Daesanbyeo was low under far-red light treatment compared to those under blue and red light ones. Although the rate of Ilmibyeo was not different from three light treatments. Far-red light treatment showed similar response in plant height and leaf length, but red light increased number of roots. Shoot and root dry weight was the highest in blue and red light treatments, respectively. Total dry weight, however, was the lowest under far-red light treatment. While chlorophyll content and photosynthetic rate of the three cultivars did not showed consistent response, those were the greatest under red light treatment, and were decreased in order of blue and far-red light treatment.

**Keywords :** rice, light treatment, seedling emergence, growth, morphology, chlorophyll, photosynthesis.

벼는 육묘 후 이앙과정을 거치지 않고 직파로 재배되기도 하나 육묘과정을 거쳐 이앙 재배되는 것이 우리나라의 일반적 재배방법이다. 이앙시의 육묘는 백색 부직포를 이용한 방법이 주를 이루고 있으며 일부에서는 부직포에 비닐을 덧대어 보온 효과를 극대화함으로써 조기 육묘의 안정성을 높이고 있다. 그

러나 직사광선이 아닌 부직포 아래에서 육묘되는 벼는 부직포를 통과한 빛의 영향을 필연적으로 받게 될 것이다 (Hong *et al.*, 2000). 현재 농가에서는 백색의 부직포만을 사용하고 있지만 제조기술의 발달로 다양한 색상의 부직포 생산이 가능하다. 따라서 벼 육묘에 다양한 색상의 부직포를 사용해 봄으로써 특정빛에 대한 육묘의 반응을 추적할 수 있을 것이다.

식물체의 빛에 대한 반응은 크게 광합성, 광형태형성 및 굴광성과 구분되나 부직포를 통하여 육묘되는 벼는 주로 광합성과 광형태형성과 관련이 있다. 광합성은 청색광과 적색광을 주로 흡수하는 엽록소와 관련되어 있는 반면, 광형태형성은 적색광과 원적색광을 주로 흡수하나 청색광에 의하여 그 반응이 증폭되는 것으로 알려진 Phytochrome과 연관되어 있다 (McNellis & Deng, 1995; Mohr, 1994). 그러므로 벼 육묘의 생장과 형태에 크게 영향을 미치는 빛은 원적색광, 가시광선의 청색광과 적색광이라 할 수 있다(Taiz & Zeiger, 1991). 이러한 특정 빛에 대한 벼 육묘의 반응을 정확히 파악하여야 최적의 부직포 색상을 도출할 수 있을 것이다.

화분과의 종자가 빛을 인지하는 부위는 극히 짧은 배축으로 피종된 종자는 토양에 매몰되어 있기 때문에 매몰된 깊이와 출현 과정에서의 빛 조건이 발아, 유묘출현, 그 이후의 생장 및 형태에 크게 영향을 미친다고 할 수 있다 (McNellis & Deng, 1995; Newman & Moser, 1988; Parks & Poff, 1986). 빛은 적어도 6~9 mm 정도 땅속으로 침투할 수 있어 이보다 얇게 복토가 이루어지는 벼 종자가 받는 빛은 피복되는 부직포의 색상에 의해 결정된다 (Frankland & Taylorson, 1983). 이렇게 변화되는 빛의 조성이 종자의 발아 및 유묘출현에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 (Woolley & Stoller, 1978). 한편 한지형으로 분류되는 벼의 종자는 성숙단계에서 최소 3개의 마디가 형성되며, 유묘 출현시 정아를 싸고 있거나 2번째 마디에 붙어있는 초엽이 토양으로부터 가장 먼저 들출되면서 빛을 받는다. 빛에 가장 먼저 노출되는 초엽은 광질

†Corresponding author: (Phone) +82-55-750-6217 (E-mail) kimykw@mail.knrda.go.kr <Received July 9, 2003>

의 변화를 감지한 후 이를 연결된 마디에 전달함으로써 마디로부터 절간신장을 촉진 또는 억제하는 것으로 알려져 있다 (Klepper *et al.*, 1983). 특히 이러한 빛의 변화중에서 원적색광에 비하여 적색광의 비율이 상대적으로 높을 때 발아 및 절간의 신장이 억제되고, 근수와 근장 등 지하부 생육을 조장하는 것으로 보고되고 있다 (Casal *et al.*, 1985; Norwak *et al.*, 1996). 그러나 적색광의 비율이 상대적으로 낮고 원적색광이 많을 경우 발아는 억제되고, 중배축의 신장으로 초장이 긴 도장묘가 되어 생장이 부진한 것으로 보고되고 있다 (McNellis & Deng, 1995; Nelson, 1996). 파종 이후 종자가 받는 빛이 유묘의 성장과 형태를 변화시키는 것과 더불어 엽록소 형성과 광합성에도 커다란 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 (Bukhov *et al.*, 1992; Nowak *et al.*, 1996). 따라서 벼의 육묘에 이용되는 부직포의 색상이 투과되는 빛의 조성을 변화시킴으로서 발아, 유묘출현, 성장, 형태뿐만 아니라 물질생산에도 영향을 미친다고 할 수 있다.

그러므로 현재 백색 부직포를 이용한 벼의 육묘가 주류를 이룬다고 하나 부직포의 색상을 백색에서 유색으로 변화시켜 건묘생산의 가능성을 탐색하기 위한 기초연구로서 특정광원에 대한 벼의 발아, 성장 및 형태의 변화를 우선적으로 구명할 필요가 있다. 본 시험은 전적으로 백색으로 이용되고 있는 부직포의 색상을 유색으로 전환할 수 있는가에 대한 정보를 제공하고자 파종 이후 또는 유묘 출현중에 가하여지는 청색광, 적색광, 원적색광 및 암조건이 유묘의 출현율, 성장, 형태, 엽록소 함량과 광합성에 미치는 영향을 조사하고자 실시되었다.

## 재료 및 방법

본 연구는 1998년 11월부터 2000년 6월까지 경상대학교 응용생명과학부 농업생태학 실험실에서 수행되었다. 시험에 이용된 공시종자는 경남농업기술원에서 분양 받아 3°C의 저온 냉장고에다 보관하면서 시험재료로 이용하였다. 시험용 종자는 물 1.8 l당 NaCl 80 g으로 희석된 소금물로 정선된 종자를 20°C의 항온기에서 배노람수화제 200배액에 1일간 종자소독한 후에 증류수에 1일간 침종시켰다. 광질에 따른 발아 및 출현 유묘의 성장에 관한 시험은 plastic 상자 (47 cm × 37 cm × 8 cm)에 논흙 5 cm를 채운 후 상기와 같이 정선한 후에 침종된 종자를 파종하고는 0.5 cm 이하로 복토하여 각 광질별로 LED plate[GF-520S, (주)좋은인상]가 설치된 생육장에서 시험을 수행하였다. 이때 생육장의 온도는 25°C로 설정하였으며, 관수는 beaker로 일정량을 공급하는 방식으로 행하였다. 기타 관리는 ISTA rule (1985)에 준하여 실시되었다.

공시재료로 동진벼, 일미벼, 대산벼를 이용하여 두 개로 분리하여 시험을 진행시켰다. 먼저 광질처리에 따른 유묘 출현율은 위에서 언급한 plastic 상자에 침종된 종자를 파종하고는 청색광, 적색광 및 원적색광 LED plate가 분리되어 설치된 생

육장에서 시험을 수행하면서 파종 후 14일까지 2일 간격으로 출현율을 조사하였다. 한편 광질처리에 따른 유묘의 성장 및 엽록소 함량은 상기 유묘출현율 시험과 동일하게 수행하였으며, 파종 후 7, 14, 21일에 생육조사틀, 엽록소 함량 및 광합성율은 파종 후 21일에 측정하였다. 처리에 이용된 각 광질별 파장은 Fig. 1과 같다.

유묘출현율은 유묘가 상토를 뚫고 나오는 개체를 매일 조사한 후 파종개체에 대한 출현개체의 비율로 환산하였다. 생육 조사는 먼저 유묘를 굴취하여 수세한 후 중간크기의 20개체를 선별하여 초장, 엽수, 유근수, 유근장을 조사하였다. 그리고 이들을 지상부와 뿌리로 분리하여 75°C에 2일간 건조한 후에 건물중을 측정하였다. 한편 광질처리에 따른 물질의 생산정도를 파악하고자 각 생육조사일에 엽록소 함량과 광합성율을 조사하였다. 엽록소 함량은 Arnon 방법 (1949)으로 분석하였으며, 광합성율은 휴대용 광합성 측정장치 (LI-6200, LI-COR)를 이용하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

파종 후 14일까지 광질처리에 따른 각 공시품종별 유묘출현율에 미치는 영향은 Fig. 2과 같다. 유묘출현율은 여타 공시품종에 비하여 일미벼는 출현율이 높으면서 원적색광에 대한 출현율 저하가 없으나, 광질처리간에는 차이가 없었다. 그러나 동진벼와 대산벼에서는 원적색광을 파종과 동시에 처리할 경우 청색광과 적색광보다 낮은 출현율을 보였다. 종자의 발아 및 유묘출현은 원적색광을 처리할 경우 억제되는 반면, 적색광을 처리할 경우 향상되는 것으로 알려져 있다 (McNellis & Deng, 1995; Taiz & Zeiger, 1991). 그러나 본 시험결과로부터 원적색광 처리로 벼의 유묘출현율이 억제되는 정도는 품종

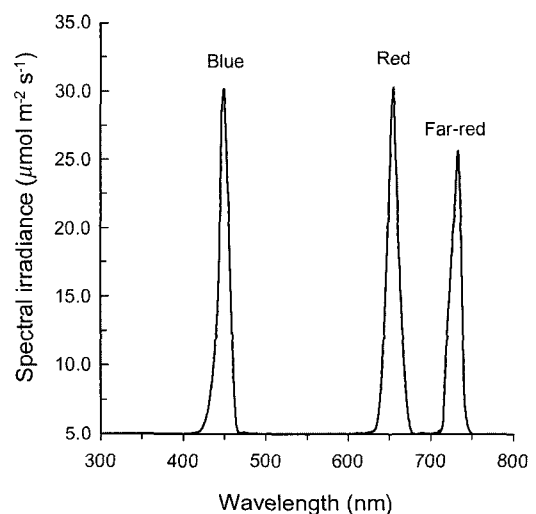


Fig. 1. Spectrum for light sources used for light quality treatments.

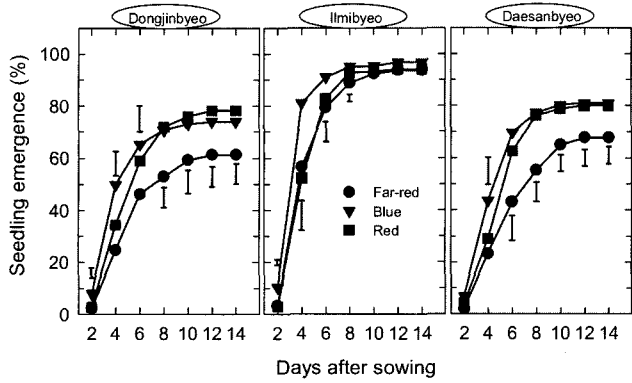


Fig. 2. Seedling emergence of three rice cultivars affected by light quality treatment. Bars indicate the values of LSD.05.

에 따라 다르며, 이러한 출현율 감소는 원적색광 처리로 인하여 발아가 억제된 것에 기인된 결과로 보인다. 그러므로 벼의 육묘에 이용되는 부직포의 색상을 백색에서 적색과 청색으로 바꾸는 것은 육묘출현율을 기준으로 판단할 때 품종에 따라 활용이 가능할 것으로 예측되나, 최종적으로는 묘소질도 함께 평가되어야 할 것이다.

과중과 동시에 각 공시품종에 광질처리를 가한 결과 육묘의

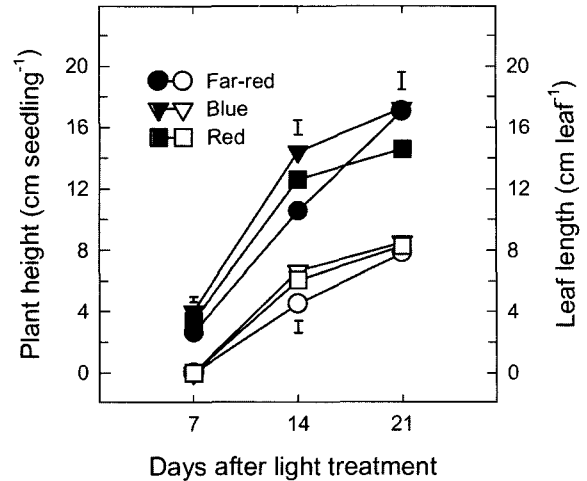


Fig. 3. Plant height (filled) and leaf length (hollowed) of developing rice seedlings affected by light quality treatment. Bars indicate the values of LSD.05.

형태적 변화는 Table 1과 같다. 공시품종간에는 엽수를 제외한 초장, 엽장, 유근수와 유근장에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 일미벼는 초장, 엽장 및 유근수가 가장 많았던 반면, 대산벼는 근장이 가장 길었다. 이들 형질에 대한 광질처리의 효

Table 1. Effect of light quality after sowing on plant height, number of leaves and roots and their length of rice seedlings.

Parameters	Number		Plant height	Length	
	Leaf	Root <sup>†</sup>		Leaf	Root <sup>‡</sup>
	no. seedling <sup>-1</sup>		cm seedling <sup>-1</sup>		
Cultivars (C)					
Dongjinbyeo	1.3	4.5	10.8	4.3	2.9
Ilmiby eo	1.3	4.9	11.1	5.3	2.9
Daesanbyeo	1.3	4.3	9.9	4.4	3.2
LSD.05	ns	0.2	0.5	0.3	0.2
Light quality (L)					
Blue	1.4	4.5	11.9	5.1	3.1
Red	1.3	4.8	10.2	4.8	2.7
Far-red	1.2	4.4	9.7	4.1	3.2
LSD.05	0.1	0.2	0.5	0.3	0.2
Days after sowing (D)					
7	0.4	3.5	3.4	0.0	1.9
14	1.6	4.4	12.5	5.7	3.3
21	1.9	5.7	16.0	8.2	3.8
LSD.05	0.1	0.3	0.5	0.3	0.2
C × L	ns	ns	**	*	ns
C × D	ns	ns	**	**	ns
L × D	ns	**	**	**	ns
C × L × D	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>†</sup>, <sup>‡</sup>No. of primary root, and length of the longest root, respectively.  
 ns, \*, \*\* Non-significant or significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

**Table 2.** Effect of light quality after sowing on shoot, root, total dry weights and shoot to root ratio of rice seedlings.

Parameters	Dry weights			S/R ratio
	Shoot	Root	Total	
	..... mg seedling <sup>-1</sup> .....			
Cultivar (C)				
Dongjinbyeo	5.18	3.07	8.25	1.68
Ilmibyeyo	4.79	3.28	8.07	1.63
Daesanbyeo	5.00	3.16	8.16	1.67
LSD.05	0.20	ns	ns	ns
Light quality (L)				
Blue	5.34	3.45	8.79	1.61
Red	5.04	3.76	8.80	1.43
Far-red	4.59	2.30	6.89	1.94
LSD.05	0.21	0.45	0.52	0.25
Days after sowing (D)				
7	2.04	1.86	3.90	1.22
14	5.37	2.90	8.28	2.02
21	7.55	4.75	12.30	1.74
LSD.05	0.22	0.48	0.54	0.25
C × L	**	ns	ns	*
C × D	**	ns	ns	ns
L × D	**	*	ns	*
C × L × D	ns	ns	ns	ns

ns,\*,\*\* Non-significant or significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

과로서 청색광에서 엽수와 엽장이 가장 많고 길었던 반면, 원적색광에서 엽수, 초장 및 엽장이 가장 적고 짧았으며, 적색광 조사시에서는 근장이 가장 짧았다. 한편 광질처리 후의 경과 시간에 따른 형질 변화(Fig. 3)로는 조사형질 모두 육묘기간이 길어지면 증가되었으며, 유근수를 제외하고는 파종 후 14일부터 21일까지의 7일간보다는 7일부터 14일까지의 7일간의 증가폭이 보다 큰 경향을 보였다.

파종과 동시에 각 공시품종에 광질처리를 가한 결과 유묘의 건물중에는 Table 2와 같다. 일미벼에서 지상부 건물중이 가장 적었던 것을 제외하고는 유근중, 전체건물중 및 S/R 율은 품종간 차이가 없었다. 그러나 광질처리의 효과로는 지상부중은 청색광 처리에서, 유근중은 적색광 처리에서 가장 많았던 반면, 이들의 건물중 및 전체건물중은 원적색광 처리에서 가장 적은 것으로 조사되었다. 그러나 S/R 율은 청색광 또는 적색광 처리에 비하여 원적색광 처리에서 가장 높았다. 그러므로 적색광 처리와는 달리 원적색광은 성장량이 가장 적어면서도 생산된 물질배분이 지상부에 집중되기 때문에 벼의 육묘중부담하는 광질에 따라 형태, 나아가 묘소질도 영향을 받는다 할 수 있다.

이상의 본 시험 결과로부터 원적색광은 근장에서는 차이가 없으나 초장, 엽수, 엽장이 짧고 적어 지상부 성장을 억제하는

**Table 3.** Effect of light quality after sowing on chlorophyll content and photosynthesis of rice seedlings<sup>†</sup>.

Parameters	Chlorophyll content	Photosynthesis
	mg g <sup>-1</sup>	μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
Cultivar (C)		
Dongjinbyeo	0.608	7.109
Ilmibyeyo	0.541	11.181
Daesanbyeo	0.506	6.692
LSD.05	0.010	2.611
Light quality (L)		
Blue	0.585	8.174
Red	0.797	12.104
Far-red	0.273	4.704
LSD.05	0.610	2.600
C × L	ns	ns

<sup>†</sup>Measured with 21 days old seedlings.

ns Non-significant between cultivars and light quality treatments.

반면, 청색광은 초장, 엽수, 엽장과 지상부 건물중이 길고 많아서 지상부 성장을 촉진한다고 할 수 있다. 그러나 적색광은 유근수가 많고 유근중이 가장 큰 반면, 여타 형질은 청색광과 원적색광의 중간정도로 나타나 뿌리의 성장에 관련이 깊다고 할 수 있다. 이러한 결과는 초엽이 출현될 때 주어지는 광질에 따라 중배축이 신장되는 정도는 다르며, 특히 원적색광이 상대적으로 많이 주어질 때 중배축과 줄기가 현저히 길어진다. 이는 Casal *et al.*(1985)과 Nelson(1996)의 보고로부터 본엽이 충분히 전개되지 않은 상태에서 나타나는 이러한 초장을 포함한 지상부의 성장 차이는 중배축과 그 위에 존재하는 첫 번째 마디가 신장하는 결과로 해석된다. 적색광 처리로 뿌리의 생장이 촉진된 이러한 시험결과는 Nowak *et al.*(1996)의 시험결과와 유사하였다. 따라서 적색광 처리는 뿌리의 발육이 양호한 벼의 유묘 생산을 가능하게 할 것으로 예측된다.

육묘 시작과 동시에 각 공시품종에 가하여지는 광질처리가 파종 21일 후 유묘의 엽록소 함량과 광합성율에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 각 공시품종의 반응으로서 엽록소 함량은 동진벼에서 가장 높고 일미벼, 대산벼 순으로 감소하였으나, 광합성율은 오히려 일미벼에서 가장 높았다. 한편 광질처리의 효과로는 엽록소 함량과 광합성율 모두 적색광 처리에서 가장 높았고, 청색광, 원적색광의 순서로 감소하였다. 잎의 엽록소 함량은 적색광 처리에서 가장 높고 청색광, 원적색광 처리 순으로 감소되는 본 시험결과는 원적색광을 照射할 경우 엽록소 형성이 억제되는(McNellis & Deng, 1995) 반면, 적색광 처리 시 엽록소 함량이 증가된다는 연구보고(Bukhov *et al.*, 1992)와 일치하였다. 이러한 결과는 벼 유묘의 출현 또는 성장 중에 일어나는 광질의 변화가 벼 유묘의 형태, 성장 및 생리적 반응 모두를 변화시키기 때문에 육묘에 이용되고 있는 부적포의 색상도 묘소질에 크게 영향을 미칠 것으로 예측된다. 따라

서 벼의 육묘중 적색광 처리는 뿌리의 발육을 촉진하고 광합성도 왕성하게 하는 것으로 나타나 현재 이용되고 있는 백색의 부직포를 적색으로 전환하는 것도 계속 검토할 필요성이 있다.

## 적 요

본 연구는 벼 종자의 파종 후 발아, 육묘출현 및 생육 초기에 가하여지는 광질처리가 육묘 출현, 생장, 형태, 엽록소 함량 및 광합성율에 미치는 영향을 조사하여 벼의 육묘에 이용되고 있는 부직포의 색상을 전환할 필요가 있는가를 검토하고자 실시하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 파종 직후에 가하여지는 광질처리에서 육묘출현율은 조사일 모두 일미벼에서는 광질처리간 차이가 없었다. 그러나 동진벼와 대산벼에서는 원적색광 처리에서 가장 낮았으며, 청색광과 적색광간에는 차이가 거의 없었다.

2. 파종 직후에 가하여지는 광질처리로 인하여 원적색광 처리에서 초장과 엽장이 가장 짧았던 반면, 적색광은 뿌리수를 증대시켰다.

3. 파종 직후에 가하여지는 광질처리로부터 지상부 건물중은 청색광 처리에서, 뿌리의 건물중은 적색광 처리에서 가장 많았던 반면, 지상부 및 뿌리 건물중 모두 원적색광에서 가장 적었다.

4. 엽록소 함량과 광합성율 모두 품종간에는 일정한 경향이 없었으나, 광질처리에서는 이들 모두 적색광에서 가장 높고, 청색광, 원적색광 순으로 감소하였다.

## 사 사

본 시험의 수행을 위한 빔처리용 LED plate를 제공하여 주신 (주)좋은인상 관계자에게 감사 드립니다.

## 인용문헌

- Amon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24:1-15.
- Bukhov, N.G., I.S. Drozdova, V.V. Bondar, and A.T. Mokronosov. 1992. Blue, red and blue plus red light control of chlorophyll content and CO<sub>2</sub> gas exchange in barley leaves: quantitative description of the effects of light quality and fluence rate. *Physiol. Plant.* 85:632-638.
- Casal, J.J., V.A. Deregibus, and R.A. Sanchez. 1985. Variation in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam : Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far red irradiation. *Annals of Botany* 56:553-559.
- Frankland, B. and R. Taylorson. 1983. Light control of seed germination. p. 428-448 In. Shropshire, Jr. and H. Mohr (eds.). *Photomorphogenesis*. Encyclopedia of Plant Physiology New series V. 16A. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Hong, K.P., J.Y. Kim, D.J. Kang, Y.G. Kim, W.K. Joung, G.W. Song, and Z.R. Choe. 2000. Nursing method with polypropylene spunbonded fabric in rice. *Korean J. Crop Sci.* 45(23):118-122.
- International Seed Testing Association. 1985. International rules for seed testing: Rules 1985. *Seed Sci. Tech.* 13:299-355.
- Klepper, B., R.W. Rickman, and R.K. Belford. 1983. Leaf and tiller identification on wheat plants. *Crop Sci.* 23:1002-1004.
- McNellis, T.W. and X.W. Deng. 1995. Light control of seedling morphogenetic pattern. *Plant Cell* 7:1749-1761.
- Mohr, H. 1994. Coaction between pigment systems. In R.E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg (eds.). *Photomorphogenesis in plants* (2nd ed.). Kluwer Academic Pub., 101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, USA.
- Nelson, C.J. 1996. Physiology and developmental morphology. p. 87-126. In L.E. Moser, D.R. Buxton, and M.D. Casler (eds.). *Cool-season forage grasses*. ASA, Inc., 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin, WI 53711, USA.
- Newman, P.R. and L.E. Moser. 1988. Grass seedling emergence, morphology, and establishment as affected by planting depth. *Agron. J.* 80:383-387.
- Nowak, J., R.M. Rudnicki, and M. Grzesik. 1996. Effect of light quality on seed germination, seedling growth and pigment content in *Amaranthus caudatus* and *Celosia cristata nana*. *J. Fruit and Ornamental Plant Research.* 4(4):179-185.
- Parks, B.M. and K.L. Poff. 1986. Altering the axial light gradient affects photomorphogenesis in emerging seedlings of *Zea mays* L. *Plant Physiol.* 81:75-80.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Phytochrome and photomorphogenesis. p. 490-512. In L. Taiz and E. Zeiger (eds.). *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc., 390 Bridge Parkway, Redwood City, California, CA 94065, USA.
- Woolley, J.T. and E.W. Stoller. 1978. light penetration and light-induced seed germination in soil. *Plant Physiol.* 61:597-600.