

침종 이후의 Aeration 기간과 온도에 따른 숙주나물의 성장

강진호*† · 류영섭** · 윤수영** · 전승호** · 조숙현**

*경상대학교 생명과학연구소, **경상대학교 농업생명과학대학, ***경남농업기술원

Effects of Aeration Period and Temperature after Imbibition on Growth of Mungbean Sprouts

Jin Ho Kang*†, Yeong Seop Ryu**, Soo Young Yoon**, Seung Ho Jeon**, and Sook Hyon Cho***

*Research Institute of Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea

**College of Agriculture & Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea

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

ABSTRACT : Lateral roots formed on mungbean sprouts should lower their quality. The study was carried out to clarify the effects of aeration periods (AP; 1, 2, 3, and 4 hours) and temperature (AT; 20, 30, and 40 °C) after 5 hour seed imbibition into 50 ppm benzyladenopurine (BA) solution on growth and morphological characters of mungbean (cv. Keumseongnogdu, Owoolnogdu and Zhong Lu 1) sprouts. On the 6th day, the mungbean sprouts were sorted by 4 categories on the base of hypocotyl lengths; > 7 cm, 4 to 7 cm, < 4 cm, and non-germination to calculate their composition rates, number of lateral roots, lengths of hypocotyl and root, diameters at middle and upper parts of hypocotyl, fraction fresh and dry weights were measured. AP more affected growth of the cultivars than AT showing little effect on them. In the composition rate of the above 4 categories, cv. Zhong Lu 1 had the highest rate in longer than 7 cm but nearly the same rate in AP treatments. Rates of longer than 4 cm hypocotyls in cv. Keumseongnogdu, Owoolnogdu were increased with longer AP but their rates of shorter than 4 cm showed reverse response to the former. Formation rate and number of lateral roots per sprout were decreased with longer AP, showing more severe decrement when delayed 3 to 4 hour AP. Upper part of hypocotyls and roots were more thickened and shortened in longer AP, respectively. Total fresh weights had no significant difference between AP treatments while hypocotyl fresh weights were increased with longer AP. It was concluded that in mungbean sprout culture aeration from BA treatment to the first watering permitted at least 4 hours.

Keywords: mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) sprout, aeration temperature, aeration period, growth, morphological characters

농산물의 품질과 안정성에 대한 관심이 최근 들어 부쩍 증가되고 있다. 이와 함께 안전한 식품을 공급하기 위한 제도가 국가적 차원에서 시행 또는 도입되는 단계에 있다. 농산물 생산과 관련하여서는 4개 영역으로 구분되는 친환경농산물 인증제도가 시행되고 있다. 국내에서도 소비량이 점차 증가하고 있는 숙주나물은 친환경농산물 인증제도에서 콩나물과 같이 무농약농산물의 범주에 속한다. 그러나 친환경농산물 인증 무농약농산물은 원료를 국산으로 한정하고 있기 때문에 국내 재배면적이 아주 적어 거의 수입에 의존하고 있는 숙주나물 생산용 녹두종자를 국내산으로 대체하는 것은 불가능한 실정이다. 현재 친환경농산물 인증기관에서 무농약숙주나물을 허가하지 않고 있다. 이러한 이유 때문에 감독기관의 감시가 느슨하더라도 숙주나물은 우리 국민이 먹는 먹거리이기 때문에 여타 농산물과 마찬가지로 식품으로서의 안정성은 반드시 확보되도록 하여야만 한다(Kang & Song, 2003; Park *et al.*, 1995).

국내 시판 숙주나물은 사실상 친환경농산물 인증제도가 적용되지 않고 있기 때문에 생산업체는 세균 형성 억제용으로 이용되고 있는 성장조절제 benzyladenopurine(BA)를 함유한 인돌비 등 BA로 대표되는 성장조절제를 이용하는 데에는 규제를 거의 받지 않고 있다. 이와 더불어 세균 형성을 억제하기 위한 BA 처리농도는 콩나물의 경우 최고 4 ppm 정도인 반면, 숙주나물에서는 100 ppm 정도로 보고되고 있다(Kang *et al.*, 1996; Jeong, 1982) 따라서 감독기관의 규제가 느슨한 숙주나물은 콩나물에 비하여 BA를 과도하게 투입하여 생산하고 있기 때문에 생산원가를 절감함과 아울러 인체에 유·무해가 밝혀지지 않은 성장조절제 BA의 처리량을 최대한 줄일 수 있는 기술이 개발되어야만 할 것이다

숙주나물 생산에서 성장조절제 BA의 처리량을 줄이는 데에는 여러 가지 요인이 관련되어 있다. 성장조절제 BA 처리에

†Corresponding author (Phone) +82-55-751-5427 (E-mail) jhkang@nongae.gsnu.ac.kr <Received August 25, 2004>

관한 연구가 일부 진행된 콩나물의 재배에서는 침종 또는 살수 등 성장조절제 처리방법(Kang *et al.*, 1989; Kang *et al.*, 1996), 침종시 처리농도 및 침종기간(Kang *et al.*, 1996; Kang *et al.*, 2004a), 처리시기(Kang *et al.*, 2003), 침종온도(Yang *et al.*, 1979), 종자의 흡수형태(Bae *et al.*, 2002) 등 BA 처리와 바로 연관된 직접적 요인과 침종 이후 재배를 위한 첫 관수까지의 aeration 기간(Kang & Kim, 1997; Kang *et al.*, 2004b)과 같은 간접적 요인이 BA 처리효과에 크게 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다 이들 직접적 요인을 적절히 조절하여 세균발생 억제를 위한 최소한의 BA 처리방법이 설정된다 하여도 BA 처리 이후 재배를 위한 첫 관수까지의 aeration이 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kang & Kim, 1997) BA 처리 이후의 aeration은 온도의 영향은 미미한 반면, aeration 기간이 영향을 크게 미치며, 적어도 3시간은 확보되어야 BA 처리효과를 극대화할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Kang *et al.*, 2004b) 이러한 aeration 효과는 성장조절제 처리 이후 충분한 시간을 확보하지 않는다면 종자 내부로 침투하는 BA 양이 줄어들 뿐만 아니라 흡수되지 못한 성장조절제는 관수되는 물에 씻겨 소실되기 때문에 일어나는 현상으로 분석되고 있다(Kang & Kim, 1997, Kang *et al.*, 2004b) 따라서 콩나물에 비하여 상대적으로 많은 성장조절제 BA가 투입되고 있는 숙주나물 생산에서 BA의 처리효과를 극대화하여 BA 투입량을 줄일 수 있는 최적의 aeration 방법을 설정할 필요성이 제기되고 있다. 본 연구는 숙주나물 생산에서 BA 처리량을 경감시키는데 필요한 정보를 제공하고자 BA 처리 이후 첫 관수까지의 aeration 기간과 온도가 숙주나물의 생장, 세균을 포함한 형태에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

본 연구는 2002년 5월부터 2004년 5월까지 경상대학교 식물자원환경학부 농업생태학 실험실과 경남 사천시 사천읍 두량리 소재 콩나물 생산회사인 초록빛마을에서 수행되었다 시험재료는 전남농업기술원에서 분양 받은 국내 육성품종 금성녹두와 어울녹두, 수입품종인 중록1호의 종자를 3°C의 저온저장고에 보관하면서 종자의 형태, 종피색 및 크기가 다른 것을 제거한 후 시험재료로 사용하였다. 재배는 50 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 종자를 건져 아래 처리와 같이 aeration 기간을 달리한 후 재배하였다. 재배는 처리종자를 사각 플라스크 재배통에 넣은 후 상면살수기를 이용하여 22°C로 가온된 물을 3시간 간격으로 2회 왕복하는 방법으로 관수하였고, 재배실의 대기온도는 20°C 내외가 되도록 조절하였다.

본 연구는 BA 처리 직후부터 재배를 위한 첫 관수까지의 aeration 기간과 온도가 숙주나물의 생장과 세균발생에 미치는 영향을 구명하기 위하여 2개의 시험으로 분리·수행되었다

시험1은 앞서 언급한 금성녹두, 어울녹두 및 중록1호 3개 품종의 종자를 50 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 후에 건져 재배통에 넣은 후 재배를 위한 첫물이 공급되기까지 20°C 압 상태에서 1, 2, 3 및 4시간으로 aeration 기간을 달리 처리한 후 6일간 재배하였다. 시험2는 시험1과 동일하게 침종시킨 종자를 4시간 aeration 시키는 과정에서 20, 30, 40°C로 aeration 온도를 달리한 후 6일간 재배하였다

침종 후 aeration 기간과 온도를 달리하여 6일간 재배된 숙주나물을 Kang *et al.*(2002)이 제시한 바와 같이 하배축 길이를 기준으로 7 cm 이상 (A), 4~7 cm (B), 비정상 개체 (C), 미발아 개체 (D)로 구분하여 조사한 후 이들의 비율을 계산하였다. 하배축 길이가 7 cm 이상으로 상품성이 높은 개체를 시험구별로 20개를 취하여 세균수, 하배축 길이, 하배축 중간과 상단 직경, 뿌리의 길이를 조사하였다 조사가 이루어진 개체는 자엽, 하배축, 뿌리로 분리하여 이들의 생체중과 75°C에 2일간 건조한 후 건물중을 측정하였다. 세균발생 비율은 세균수를 조사한 개체중에서 세균이 1개 이상 발생된 것을 전체에 대한 비율로 환산하였으며, 전체 생체중과 건물중은 자엽, 하배축, 뿌리의 무게를 합산하는 방식으로 계산하였다

결과 및 고찰

BA 용액에 5시간 침종시킨 금성녹두, 어울녹두 및 중록1호 종자를 재배를 위한 첫 관수까지 aeration 기간을 달리하여 재배한 후 하배축 길이를 기준으로 그 비율의 변화를 도기한 것은 Fig. 1과 같다 중록1호는 aeration 기간에 관계없이 상품성이 가장 좋은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율에서 가장 높았던 반면, 발아는 되었으나 기형으로 상품성이 거의 없는 하배축 길이가 4 cm 이하인 비율에서 가장 낮았다 2시간 이상 aeration 시킬 경우 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율에서

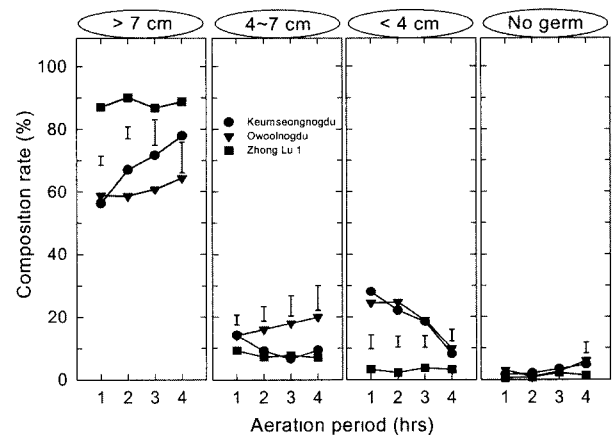


Fig. 1. Effect of aeration period after imbibition on composition rate of mungbean sprouts sorted by their hypocotyl lengths. The sprouts were cultured for 6 days. The vertical bars indicate values of LSD.05.

Table 1. Effect of aeration period on hypocotyl and root length, hypocotyl and hook diameters and lateral root formation of mungbean sprouts.

Parameters	Lateral root formation		Length		Hypocotyl diameter	
	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Middle	Upper
	-- % --	-- no. sprout ⁻¹ --	----- cm sprout ⁻¹ -----		----- mm sprout ⁻¹ -----	
Cultivars (C)						
Keumseongnogdo	38.2	2.4	9.4	6.0	2.17	1.57
Owoolnogdu	74.7	3.1	8.3	6.2	2.30	1.61
Zhong Lu 1	78.0	4.6	10.7	7.1	2.54	1.95
LSD.05	6.4	0.4	1.3	0.4	0.05	0.04
Aeration period (hrs; P)						
1	74.5	3.8	9.4	7.1	2.35	1.68
2	67.6	3.6	9.8	6.8	2.34	1.66
3	64.8	3.4	9.5	6.6	2.31	1.71
4	48.8	2.6	9.3	5.1	2.35	1.80
LSD 05	7.4	0.5	ns	0.5	ns	0.05
C × P	ns	*	ns	**	ns	*

[†]Seeds were soaked for 5 hours into 50 ppm BA solution and then aerated during the above different periods immediately before 6 day culture.

ns,***Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

Table 2. Effect of aeration period on fresh and dry weights of components in mungbean sprouts[†].

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	----- mg sprout ⁻¹ -----				----- mg sprout ⁻¹ -----			
Cultivar (C)								
Keumseongnogdu	23.0	381.5	23.0	459.4	7.8	15.8	1.6	25.2
Owoolnogdu	27.7	369.9	27.7	487.4	12.8	17.1	1.9	31.8
Zhong Lu 1	27.5	577.4	27.5	672.9	11.4	25.4	2.4	39.2
LSD 05	4.6	25.0	3.1	26.9	0.7	0.9	0.2	1.4
Aeration period (hrs, P)								
1	71.9	425.2	29.6	526.8	10.6	19.0	1.9	31.6
2	69.6	435.5	27.8	532.9	10.3	18.1	2.1	30.6
3	72.0	456.1	24.9	553.0	10.7	19.8	2.0	32.5
4	70.1	454.9	21.8	546.8	11.9	20.7	1.8	33.6
LSD ₀₅	ns	28.9	3.6	ns	ns	1.1	0.2	1.7
C × P	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	ns

[†]Seeds were soaked for 5 hours into 50 ppm BA solution and then aerated during the above different periods immediately before 6 day culture.

ns,**Nonsignificant or significant at 0.01 probability, respectively.

가장 낮았던 어울녹두는 하배축 길이가 4~7 cm 비율에서는 가장 높았다.

침종 직후 aeration 기간에 따른 세근발생, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 중간 부분과 자엽 바로 아래 부분의 직경을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 세근발생 비율은 중록1호와 어울녹두에서 현저히 높았으며, 세근이 형성된 개체의 세근수는 금성녹두에서 가장 적었고, 어울녹두, 중록1호 순으로 많아졌다. 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경은 중록1호에서 가장 길

고, 굵은 것으로 나타났다. Aeration 기간에 따른 세근 발생비율과 개체당 세근수는 aeration 기간이 길어질수록 감소되었으며, 특히 4시간 aeration 시킬 경우 현저히 줄어드는 경향을 보였다. 하배축 길이와 중간 부분의 직경은 aeration 기간간에 차이가 없었으나, aeration이 가장 긴 4시간에서는 뿌리 길이가 가장 짧은 반면, 하배축 상단 부분의 직경이 가장 굵은 것으로 조사되었다.

침종 직후 aeration 기간에 따른 각부위 및 개체당 전체 생

Table 3. Effect of aeration temperature on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of mungbean sprout[†].

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Length		Hypocotyl diameter		Total weights	
	> 4 cm [‡]	< 4 cm		Hypocotyl	Root	Middle	Upper	Fresh	Dry
	----- % -----		no. sprout ⁻¹	--- cm sprout ⁻¹ ---		--- mm sprout ⁻¹ ---		--- mg sprout ⁻¹ ---	
Cultivars (C)									
Keumseongnogdu	79.4	20.6	2.5	10.8	6.7	1.93	1.59	449.3	25.8
Owoolnogdu	74.0	26.0	2.2	9.2	6.7	2.11	1.62	480.9	30.8
Zhong Lu 1	85.2	14.8	2.9	10.8	5.6	2.57	1.97	712.5	41.0
LSD ₀₅	4.6	4.6	0.5	0.2	0.6	0.07	0.04	19.8	1.5
Aeration temperature (°C, T)									
20	77.8	22.2	2.4	10.0	6.3	2.22	1.72	553.2	32.3
30	80.8	19.2	2.5	10.4	6.5	2.21	1.72	547.9	32.8
40	79.9	20.1	2.7	10.3	6.2	2.19	1.74	541.6	32.4
LSD ₀₅	ns	ns	ns	0.2	ns	ns	ns	ns	ns
C × T	**	**	**	*	ns	ns	*	ns	ns

[†]Seeds were soaked for 5 hours into 50 ppm BA solution and then aerated for 4 hours in the above different temperatures immediately before 6 day culture.

ns, **Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

체중과 건물중을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 개체당 전체 생체중은 금성녹두와 어울녹두에 비하여 중록1호에서 많았으며, 이는 주로 하배축 생체중의 증가에 기인되는 것으로 조사되었다. 전체 건물중도 생체중과 유사한 결과를 보였다. 그러나 aeration 기간이 길어지면 하배축 생체중이 증가되는 경향을 보인다고 할지라도 aeration 기간에 따른 전체 생체중에서는 차이가 없었다.

콩나물 생산에 있어서 BA 처리 후의 aeration 기간이 길어질수록 형성 세근수는 줄어들고 뿌리가 짧아진다고 Kang & Kim(1997)은 보고한 바 있다. 이는 최대 2시간의 aeration 처리를 가하여 얻어진 결과인 반면, Kang *et al.*(2004b)은 최대 4시간의 aeration 처리를 가할 경우 3시간까지는 세근발생 비율과 개체당 형성된 세근수, 뿌리 길이는 줄어들고 짧아지나 3시간보다 길 경우 차이가 없다고 보고한 바 있다. 숙주나물에 관한 본 연구의 시험결과도 Kang *et al.*(2004b)이 콩나물에서 얻은 시험결과와 유사하였으나, BA 처리 후 최적 aeration 기간은 콩나물에서는 3시간인 반면, 숙주나물에서는 콩나물보다 긴 4시간의 aeration을 요한다고 할 수 있다. Aeration 기간이 되도록 짧아야 다량생산이 이루어지는 생산업체에서의 처리효율을 높일 수 있기 때문에 BA 처리효과를 극대화하면서도 aeration 기간을 단축할 수 있는 방법이 계속 모색되어야 할 것으로 사료된다.

Aeration 온도가 콩나물의 생장, 형태, 개체당 전체 생체중과 건물중에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 6일간 재배된 숙주나물의 하배축 길이별 비율, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 전체 생체중과 건물중은 상기 aeration 기간에 따른 시험결과와 같이 중록1호에서 가장 양호

하였다. 그러나 상품화율, 상품성과 생산수율과 관련된 이러한 형질들의 대부분은 aeration 온도간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 숙주나물 재배시 BA 용액에 침종 직후 행하여지는 aeration은 온도보다는 처리기간이 상대적으로 크게 영향을 미친다는 이상의 시험결과는 콩나물에서도 aeration 온도보다도 기간의 영향이 크다는 Kang *et al.*(2004b)의 보고와 유사하였다. 따라서 숙주나물 생산에서 BA의 처리효과를 극대화하기 위하여는 4시간 정도 aeration 시켜야 할 것으로 사료된다.

이상의 시험결과에서 BA 처리 직후 가하여지는 aeration은 온도보다 기간이 숙주나물 생장과 형태에 주로 영향을 미친다. BA 용액에 침종시킨 녹두 종자는 첫 관수까지 4시간 aeration 시킬 경우 개체당 생체중은 여타 처리와 차이가 없어 생산수율은 그대로 유지하면서도 하배축 길이가 4 cm 이상으로 상품으로 출하가 가능한 비율이 증가될 뿐만 아니라 세근 형성도 현저히 줄어들었다. 따라서 숙주나물은 BA 용액에 침종한 후 재배를 위한 첫 관수까지 적어도 4시간은 경과되어야 BA의 처리효과를 극대화할 수 있는 것으로 요약된다.

적 요

콩나물 세근 발생 억제용으로 고가의 BA가 주로 이용되고 있다. 본 연구는 BA 처리효과를 극대화하기 위한 aeration에 관한 정보를 제공하고자 BA 용액에 침종된 종자(금성녹두, 어울녹두, 중록1호)를 aeration 기간(1, 2, 3, 4시간)과 온도(20, 30, 40°C)를 달리하여 처리한 후 6일간 재배된 숙주나물을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 침종 직후부터 첫 관수까지의 aeration 기간과 온도에 따

른 숙주나물의 성장과 형태는 처리기간의 영향을 크게 받는 반면, 온도의 영향은 아주 미미하였다.

2. Aeration 기간 따른 하배축 길이별 비율에서 중록1호는 타공시품종에 비하여 7 cm 이상의 비율에서 가장 높았고 처리기간간 차이가 거의 없었던 반면, 금성녹두와 어울녹두는 상품화가 가능한 4 cm 이상의 비율에서 처리기간이 증가할수록 증가되었으며, 비정상개체의 비율은 이와 정반대의 결과를 보였다.

3. 세균발생 비율과 개체당 세균수는 aeration 기간이 길어질수록 감소되었으나 aeration 기간이 3시간에서 4시간으로 늘어날 경우 감소 정도가 가장 큰 것으로 나타났다

4. Aeration 기간이 길어질수록 자엽 바로 아래 부분의 하배축 직경이 굵어지고 뿌리 길이는 짧아지는 경향을 보였으나 하배축의 길이와 중간부분의 직경은 aeration 기간간에 차이가 없었다

5. Aeration 기간이 길어질수록 하배축의 생체중은 증가하였으나 개체당 전체 생체중은 aeration 기간간에 차이가 없었다

사 사

본 논문은 경남 생명공학과제의 연구비로 수행된 연구 결과의 일부이며, 연구비를 지원하여 주신 경상남도 관계자에게 감사드립니다.

인용문헌

Bae, K G, S W Nam, K. N Kim, S J. Shin, and Y H. Hwang 2002. Water uptake and germination of soybean seed as affected by soak-

- ing condition. *J Korean Soc Hort Sci* 47(3) 244-249.
- Jeong, S H 1982 Studies on sprout production and effect of some growth regulator treatment on the growth of soybean and mungbean sprout. MSc Thesis, Kyung Hee University
- Kang, C K, D W Yun, Y. K Kim, and H T Choe. 1996 Determination of minimum concentration and dipping time for inhibition of lateral root and growth stimulation in soybean sprouts as influenced by benzyladenine. *J Korean Soc Hort Sci* 37(6) 773-776
- Kang, C K, J M Lee, and H Saka 1989 Effects of plant growth regulator treatments on the growth and lateral root formation in soybean sprouts. I Effect of plant growth regulator treatments on the growth in soybean sprouts. *Korean J Weed Sci* 9(1) 56-58
- Kang, C K. and Y K Kim 1997 Effect of plant growth regulators on growth of soybean. *J Korean Soc Hort Sci* 38(2) 103-106.
- Kang, J. H and G A Song. 2003 Clean soybean sprouts produced by using light and seed floating on water and its production model Patent number 0379839, Korean Patent Administration
- Kang, J H, B S Jeon, S W Lee, J I Chung, and S I Shim. 2003a Effect of benzyladenopurine treatment time during imbibition on growth of soybean sprouts and its cost. *Korean J Crop Sci* 48(3) 232-237
- Kang, J H, B. S. Jeon, Y J. Cho, C J, Park, S Y Yoon, and S. H Jeon 2004b Effects of aeration temperature and period after BA treatment on growth and lateral root formation of soybean sprouts. *Korean J Crop Sci*. 49(3) . 216-221.
- Kang, J. H, Y. J. Cho, B S Jeon, S. Y Yoon, S. H Jeon, and H K Kim 2004b. Effects of benzyladenopurine concentration on growth and morphology of soybean sprouts and comparison with selling products. *Korean J Plant Res* 17(2) . 94-101
- Park, M H, D C. Kim, B S Kim, and B Nahmgoong. 1995 Studies on pollution-free soybean sprout production and circulation market improvement. *Korea Soybean Digest* 12(1) 51-67
- Yang, C B, S W Lee, Y S Ko, and S K Yoon 1979 Studies on the effective utilization of soybean Part I Experiments on the improvement of cultural methods for soybean sprouts. *J Korean Soc. Food Nutr* 8(1) . 1-8