

콩나물의 세근발생과 하배축 비대에 미치는 식물생장조절제의 처리 효과

강점순 · 이종환 · 최인수*
부산대학교 생명자원학부

Influence of Plant Growth Regulators on the Formation of Lateral Roots and Hypocotyl Enlargement in Soybean Sprouts

Jum Soon Kang, Jong Whan Lee, and In Soo Choi*

School of Bio-Resources, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

Abstract. This study was carried out to identify the treatment methods for the inhibition of lateral roots and promotion of hypocotyl enlargement using plant growth regulators for the production of high quality soybean sprouts. Inhibition of lateral root formation was not significant from the GA₃ and NAA treatments. From the treatment of BAP, lateral roots were not occurred at all, and hypocotyl enlargement was promoted at the low concentration of 10 mg·L⁻¹ and 15 mg·L⁻¹. Promotion of hypocotyl enlargement was higher as the BAP treatment time was shorter. The optimum time of BAP treatment was 6 hours. Occurrence ratio of lateral roots were low and hypocotyl enlargement was promoted from water supply every 24 hours after BAP treatment. In the indole B treatment, lateral roots occurrence was very low with the concentration of 1.1%, which is much lower than the optimum concentration of 4.2%.

Key words : 6-benzylaminopurine, hypocotyl enlargement, gibberellic acid, soybean sprouts

*Corresponding author

서 언

콩나물은 무토양 재배가 가능하고, 재배기간이 5일 내외로 짧을 뿐만 아니라 특별한 시설이 필요 없이 연중재배가 가능하다. 또한 가격이 저렴하여 세계적으로 그 소비가 점차 증가하는 추세에 있다(Park 등, 1995). 콩나물은 고려시대 이전부터 식용하고 있는 고유식품으로서 담백한 맛 때문에 우리들의 식생활에 필수품이 되어 왔으며, 콩보다 비타민 C 등 영양학적 가치가 우수하다. 이에 따라 우리나라에서는 동남아 및 유럽과는 달리 콩나물의 소비가 숙주나물에 비하여 많다(Song과 Ku, 2003).

최근 콩나물에는 혈중 콜레스테롤의 축적을 억제하는 lecithin, 노화치매의 예방효과가 있는 saponin, 항암작용을 하는 isoflavones 물질을 함유하고 있음이 증명되었다. 그러나 아직까지도 콩나물 생산체계에서 해결해야 될 부분 중 하나가 부패(Park과 Choi, 1995;

Park 등, 1995; Park 등, 1986; Park 등, 1998)와 세근 발생(Choi 등, 2000; Kang 등, 1989b; Song 등, 2000) 문제이다. 콩나물 생산에서 부패균을 억제하기 위해 온도제어(Park 등, 1995), 오존수(Shigezo와 Ichizo, 1989) 및 전해산화수(Yoon 등, 2004) 처리 등 다양한 방법이 시도되고 있으나, 근본적인 해결책은 제시되고 있지 않다.

콩나물의 세근발생은 자연적인 현상이나 소비자 입장에서 이를 다듬어야 하므로 세근이 없고, 하배축이 비대된 콩나물을 선호하고 있다. 세근의 발생 정도는 유전적인 영향이 가장 크지만 환경적인 요인에 의해서도 달라질 수 있다(Shin과 Choi, 1996). 콩나물에서 세근발생을 억제하기 위하여 널리 사용되는 식물생장조절제는 benzylaminopurine(BA)이며(Kang 등, 1996; 1989a; 1989c; Weightman 등, 1980; Weightman과 Thimann, 1976), BA 사용하지 않고 콩나물을 재배하면 뿌리가 너무 길고 하배축이 가늘어지며, 세근발생이 많아 품질

이 저하된다(Chang과 Chen, 1986). 이로 인해 콩나물 생산업체의 대부분이 고농도의 BA를 살포하거나 IAA와 BA가 포함된 인돌비 액제(IAA 25mg·L⁻¹+BA 16mg·L⁻¹)를 콩나물 생산에 활용하고 있다. 그러나 BA와 인돌비를 이용하여 생산한 콩나물은 친환경농산물로 인정되지 않는 문제점이 있다.

최근 웰빙시대를 맞이하여 국민들의 식생활 패턴이 친환경, 무공해 콩나물을 선호하고 있고, 이에 부응하는 청정콩나물을 생산하기 위해서는 저투입 안전 식물생장조절제의 처리조건을 확립하는 것이 시급하다. 또한 콩나물 전문생산업체에서 원가절감을 위해서는 화학제의 사용량을 최소화하는 기술을 제시할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 식물생장조절제가 세균발생 억제와 하배축 비대촉진에 미치는 효과를 검증하고, BAP의 처리농도, 처리시간 및 관수시간을 구명하여 고품질 안전 콩나물 생산의 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

재료 및 방법

1. 식물생장조절제 처리가 콩나물 생육 및 세균발생에 미치는 효과

실험에 사용된 콩나물 종자는 '준저리'였고, 5°C의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 2% sodium hypochlorite 용액에 10분간 침지하여 소독한 후 수돗물에 세척한 종자를 흡습지 2장을 간 페트리디쉬에 치상하여 25°C의 항온기에서 발아시켰다. 유근이 0.5cm 균일하게 발아한 종자를 선별하여 플라스틱 재배상(9.5cm×8.5cm×12cm)에 옮긴 후 gibberellic acid(GA₃), naphthaleneacetic acid(NAA), 6-benzylaminopurine(BAP)을 25mg·L⁻¹ 및 50mg·L⁻¹로 각각 조성한 용액을 6시간 간격으로 5m/씩 처리하였고, 대조구는 증류수 처리였다. 생육반응 검증은 25°C 암실에서 5일간 생육시킨 콩나물을 반복당 10개체씩 채취하여 세균발생수, 하배축의 길이, 직경 및 생체중을 조사하였다.

2. BAP와 인돌비 액제 처리농도가 콩나물 생육에 미치는 효과

콩나물의 하배축을 비대 촉진시킬 수 있는 BAP의 적정처리 수준을 알고자 10mg·L⁻¹ 및 15mg·L⁻¹로 처리농도를 달리하여(6시간 간격 5m/ 처리) 그 효과를 조사하였고, 인돌비 액제의 농도는 4.2%(v/v)를 사용하

였다. 관수는 증류수로 1일 4회 6시간 간격으로 하면 담수 하였으며, 25°C 암상태의 항온기에서 5일간 생육시킨 후 생육반응을 검증하였다.

3. BAP와 인돌비 액제 침종시간이 콩나물 생육에 미치는 영향

BAP 침종 처리시간이 콩나물 생육에 미치는 영향을 구명하고자 최아시킨 종자에 BAP(10mg·L⁻¹ 및 15mg·L⁻¹) 처리시간을 6시간, 12시간 및 24시간 간격으로 달리하였다. 인돌비 액제의 농도는 4.2%(v/v)였다. 생육조사는 25°C 항온기에서 5일간 생육시킨 콩나물의 하배축 길이, 하배축 직경, 뿌리길이, 세균발생수, 자엽 무게, 하배축 무게 및 뿌리 무게를 조사하였다.

4. BAP 처리 후 관수 시간이 콩나물 생육에 미치는 영향

최아된 종자를 BAP(10mg·L⁻¹) 용액에 6시간 침종 처리 후 관수시간이 콩나물 생육에 미치는 영향을 알고자 6시간, 12시간 및 24시간 간격으로 관수기간을 달리한 후 콩나물의 생육반응을 검증하였다. 관수는 하면담수 방식으로 하였다.

5. 인돌비 처리농도가 콩나물 생육에 미치는 영향

인돌비 처리농도가 콩나물 생육에 미치는 효과를 구명하고자 처리농도를 각각 1.0%, 2.1%, 4.2% 및 8.2%(v/v) 조성하여 0.5cm로 최아된 콩 종자에 6시간 간격으로 5m/씩 관주하여 하배축의 비대생장과 세균발생수 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 식물생장조절제 처리가 콩나물 생육 및 세균발생에 미치는 효과

콩나물의 세균발생은 생장조절제 처리농도보다는 생장조절제의 종류에 큰 영향을 받았는데, GA₃와 NAA 처리에서는 대조구의 22.1개보다 세균발생이 3~5개 적었으며, BAP와 인돌비 처리에서는 세균이 발생되지 않았다(Table 1).

GA₃ 처리는 대조구에 비해 하배축 길이가 1cm 이상 신장 되었으나, 세균이 15개 이상 발생되어 고품질의 콩나물 생산에 적합하지 않았다. BAP 처리된 콩나

Table 1. Effect of plant growth regulators on the number of lateral roots, hypocotyl and root length of soybean sprouts.

Plant growth regulators (PGRs)	Concen. (mg·L ⁻¹)	No. of lateral roots	Length (cm)	
			Hypocotyl	Root
GA ₃	25	17.8 bc ^z	16.2 ab	10.5 b
GA ₃	50	15.8 c	17.3 a	9.4 b
NAA	25	16.6 c	12.7 c	5.5 c
NAA	50	19.5 ab	8.1 d	5.0 c
BAP	25	0.0 d	4.8 e	2.9 d
BAP	50	0.0 d	4.4 e	2.6 d
Indole-B	4.2%	0.0 d	2.8 f	2.1 d
Control		22.1 a	14.9 h	13.5 a
Significance				
PGRs (A)		*** y	***	***
Concentration (B)		NS	***	NS
A × B		NS	***	NS

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

yNS, *, **, ***Nonsignificant at $P=0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

Table 2. Effect of plant growth regulators on the diameter of hypocotyl and fresh weight of soybean sprouts.

Plant growth regulators (PGRs)	Concen. (mg·L ⁻¹)	Diameter hypocotyl (mm)	Fresh wt. (g)		
			Cotyledon	Hypocotyl	Root
GA ₃	25	2.60 e ^z	0.82 c	0.83 b	0.18 b
GA ₃	50	2.43 e	0.81 c	0.84 b	0.13 cb
NAA	25	3.59 d	0.80 c	0.96 a	0.23 a
NAA	50	4.03 c	0.78 c	0.75 b	0.26 a
BAP	25	4.93 b	1.19 a	0.66 c	0.10 d
BAP	50	5.03 b	1.20 a	0.66 c	0.10 d
Indole-B	4.2%	5.62 a	1.11 b	0.51 d	0.09 d
Control		2.57 e	0.70 d	0.56 d	0.17 bc
Significant					
PGRs (A)		***y	***	***	***
Concentration (B)		NS	NS	*	NS
A × B		*	NS	*	**

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

yNS, *, **, ***Nonsignificant at $P=0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

물은 대조구에 비해 하배축 길이가 10cm 정도 억제 되었으며, 뿌리생장도 이와 유사한 억제작용을 보였다. 반면 콩나물의 하배축 비대는 BAP와 인돌비 처리에 의해 촉진되었다. 대조구 콩나물의 하배축 직경은 2.57mm인데 비해 BAP와 인돌비 처리는 대조구에 비해 하배축 비대를 약 2배 정도 촉진하였으며, 인돌비 처리에서 이러한 효과가 뚜렷하였다(Table 2).

BAP와 인돌비가 처리된 콩나물은 하배축 비대가 촉진되었고 세근발생은 억제되었다(Table 1). 이는 생장 조절제의 순수효과가 반영된 결과이며, 생장조절제 처리에 의해 콩나물의 인위적인 생육조절이 가능하였다. 고등식물의 생장발육에 식물호르몬의 역할은 대단히 중요하며, 지베렐린은 식물의 신장생장을 촉진하며(Kang

과 Kim, 1997), 사이토키닌류들은 지상부의 발육을 촉진하지만 지하부의 발육을 억제한다(Chang과 Chen, 1986; Short와 Torrey, 1972). 반면 옥신류들은 지하부의 발육을 촉진시키지만 지상부의 생육을 억제한다고 알려져 있다.

생장조절제의 종류에 의해 자엽, 하배축 및 뿌리 무게도 큰 차이를 보였고, GA₃ 처리는 하배축의 신장을 촉진하지만 하배축의 비대생장을 동반하지 않아 콩나물이 연약해지는 문제점이 있었다. 반면 NAA 처리는 미약한 효과이기는 하나 하배축의 비대생장을 촉진하였고, 콩나물 품질평가의 기준이 되는 세근발생의 억제 효과는 없었다. 따라서 BAP 및 인돌비는 고품질의 콩나물 생산이 가능한 생장조절제였다.

2. BAP 처리농도가 콩나물 생육에 미치는 효과

식품소재로서 사계절 꾸준히 이용되는 있는 콩나물 생산에서 시급히 해결되어야 문제 중의 하나가 재배후기에 나타나는 세근발생이다(Kang 등, 1989a; 1989b). 세근발생은 소비자에게는 세근제거에 대한 노력, 이용부위의 감소, 세근발생에 따른 생장억제, 영양성분의 감소와 섬유소의 증가로 인한 식미감퇴 등 품질저하의 주된 요인이 되고 있다.

Table 1과 2의 결과에서 BAP 처리에 의해 콩나물의 세근발생 문제를 극복할 수 있었지만 BAP는 인공 합성 성장조절제로 비교적 고가이므로 생산단가 절감을 위해서는 최소량 처리로도 세근발생을 억제할 수 있는 기술이 확보되어야 한다. 이러한 목적으로 저농도인 10mg·L⁻¹와 15mg·L⁻¹의 BAP를 처리하여 생육 반응을 검정하였다(Fig. 1과 Fig. 2).

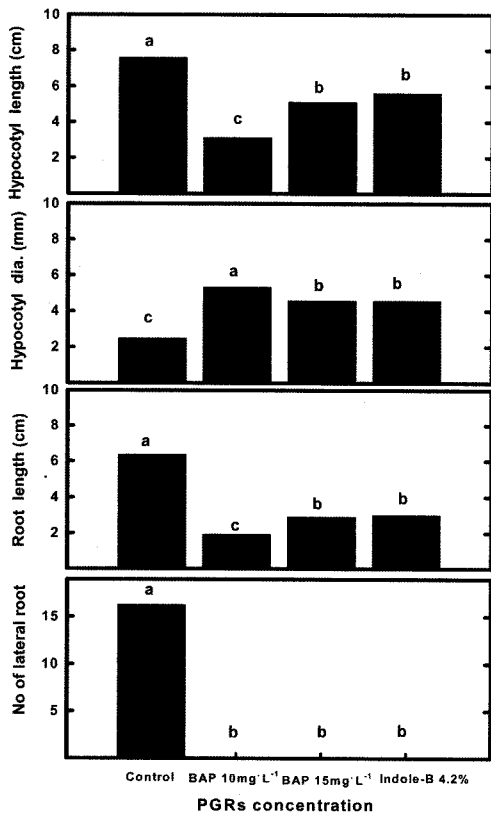


Fig. 1. Influence of BAP and Indole-B on the number of lateral root, hypocotyl and roots length of soybean sprouts at different concentrations. Growth determined with 5-day-old seedlings. Bar with different letters are significant by Duncan's multiple range test at P=0.05.

대조구 콩나물의 세근발생수는 16.3개 였으나, 저농도인 10mg·L⁻¹ 및 15mg·L⁻¹의 BAP를 처리하더라도 세근은 발생되지 않았다. 이와 아울러 하배축의 비대생장은 대조구(2.2 mm)에 비해 2배 이상 향상되었다. 콩나물의 생체중은 BAP 처리에 의해 증가되었으나, 뿌리와 하배축 길이는 짧아지는 경향이였다. 따라서 BAP의 생리적 작용은 하배축과 뿌리의 신장보다는 하배축 비대에 관여하는 것으로 해석된다. 이러한 결과로 보아 10mg·L⁻¹ 및 15mg·L⁻¹와 같은 저농도의 BAP를 처리하더라도 세근발생 억제와 하배축의 비대생장을 촉진할 수 있어 콩나물 생산단가 절감에 기여할 것으로 예측된다.

3. BAP 침종시간이 콩나물 생육에 미치는 영향

BAP의 처리농도 및 침종 시간이 콩나물의 세근발생, 하배축 및 뿌리신장에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

대조구 콩나물의 세근발생은 15.7개 였는데, BAP 및 인돌비에서는 처리농도와 침종시간에 관계없이 세근이 발생하지 않았다. 또한 대조구 콩나물의 하배축 길이는 10.3cm인데 반해 BAP 및 인돌비를 처리하면

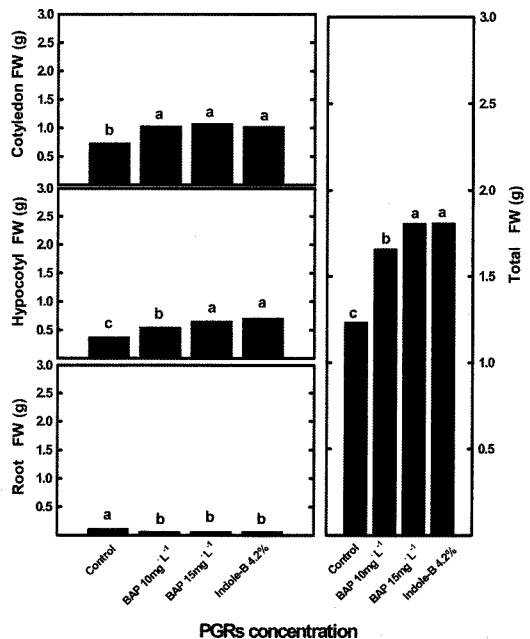


Fig. 2. Influence of BAP and Indole-B on the fresh weight of soybean sprouts at different concentrations. Growth determined with 5-day-old seedlings. Bar with different letters are significant by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3. Effect of BAP and Indol-B soaking duration on the number of lateral roots, hypocotyl and root length of soybean sprouts.

Plant growth regulators	Concen. (mg·L ⁻¹)	Soaking duration (hours)	No. of lateral roots	Length (cm)		
				Hypocotyl	Root	
BAP	10	6	0 b ^z	5.61 b	3.01 b	
		12	0 b	6.45 b	3.44 b	
		24	0 b	7.09 b	3.59 b	
	15	6	0 b	5.12 bc	2.90 b	
		12	0 b	5.83 b	3.31 b	
		24	0 b	6.16 b	3.39 b	
	Indole-B	4.2%	6	0 b	3.13 c	1.94 b
			12	0 b	4.79 bc	2.48 b
			24	0 b	5.23 bc	2.54 b
Control			15.7 a	10.26 a	8.47 a	

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 4. Effect of BAP and Indol-B soaking duration on the diameter of hypocotyl and fresh weight of soybean sprouts.

Plant growth regulators	Concen. (mg·L ⁻¹)	Soaking duration (hours)	Diameter hypocotyl (mm)	Fresh wt. (g)			
				Cotyledon	Hypocotyl	Root	
BAP	10	6	4.59 b-d	1.03 ab	0.71 a	0.07 b	
		12	4.44 b-d	0.95 b	0.74 a	0.07 b	
		24	4.14 d	0.93 b	0.76 a	0.09 ab	
	15	6	4.59 b-d	1.08 a	0.66 ab	0.07 b	
		12	4.21 cd	1.00 ab	0.75 a	0.07 b	
		24	4.45 b-d	1.03 ab	0.78 a	0.07 b	
	Indole-B	4.2%	6	5.34 a	1.04 ab	0.55 bc	0.07 b
			12	4.71 bc	1.08 a	0.72 a	0.07 b
			24	4.77 b	1.04 ab	0.74 a	0.07 b
Control			2.49 e	0.75 c	0.44 c	0.11 a	

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

하배축 신장이 억제되었으며, 그 정도는 처리농도가 높을수록 뚜렷하였다.

BAP의 침종시간은 짧을수록 하배축 비대가 촉진되었고, 자엽무게도 증가하였다. 반면 하배축 무게는 처리시간이 길수록 증가하였다(Table 4). 하배축 비대를 촉진할 수 있는 침종시간은 처리농도에 관계없이 6시간이 좋았다.

4. BAP 침종처리 후 관수시간이 콩나물 생육에 미치는 영향

고품질의 콩나물을 계획적으로 생산하는 산업현장에서는 하배축 비대를 촉진시키기 위해 인돌비 액제(IAA 25mg·L⁻¹+BA 16mg·L⁻¹)와 같은 생장조절제 처리가 일반화되어 있다. Table 5와 6은 BAP 침종처리 후 관수시간이 콩나물의 생육에 미치는 영향을 조사한 결과이다. BAP를 처리하지 않은 콩나물의 세근

발생수는 14.1개 였으나, BAP 처리된 콩나물은 관수시간에 관계없이 세근발생수는 0.3개 미만이었다. BAP 처리 후 24시간 간격의 관수는 세근 발생율이 낮았으나, 6시간 간격으로 관수하면 세근발생이 증가하는 경향이나 그 차이는 뚜렷하지 않았다.

하배축 비대 또한 24시간 간격 관수처리가 좋았다(Table 6). 반면 하배축 길이 및 자엽, 하배축, 뿌리무게는 관수간격이 길어질수록 감소하였다. 이는 BAP 처리 후 2시간 이내에 관수하면 BAP의 일부가 용탈되어 BAP 처리효과가 반감되었다는 보고(Kang 등, 1989c)와 동일한 결과였다. 따라서 6시간 간격으로 관수는 용탈에 의한 식물체내로의 BAP 흡수량이 상대적으로 적어짐에 따라 그 효과가 감소한 것으로 판단된다.

5. 인돌비 희석비율이 콩나물 생육에 미치는 영향

저농도의 인돌비 처리에 의해 세근발생 억제와 하배

Table 5. Effect of water irrigation time after BAP treatment on the number of lateral roots and hypocotyl and root length of soybean sprouts.

Plant growth regulators	Concen. (mg·L ⁻¹)	Irrigation time (hours)	No. of lateral roots	Length (cm)	
				Hypocotyl	Root
BAP	10	6	0.33 b ^z	7.18 b	3.31 b
BAP	10	12	0.27 bc	5.52 bc	2.96 b
BAP	10	24	0.10 c	5.05 c	2.72 b
Control			14.13 a	10.46 a	7.41 a

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at *P*=0.05.

Table 6. Effect of water irrigation time after BAP treatment on the growth of soybean sprouts.

Plant growth regulators	Concen. (mg·L ⁻¹)	Irrigation time (hours)	Diameter hypocotyl (mm)	Fresh wt. (g)		
				Cotyledon	Hypocotyl	Root
BAP	10	6	3.42 b ^z	0.77 ab	0.71 a	0.06 b
BAP	10	12	4.28 a	0.75 ab	0.64 a	0.07 b
BAP	10	24	4.38 a	0.71 a	0.68 a	0.05 b
Control			2.56 c	0.78 a	0.50 b	0.14 a

^zMeans in columns are separated by Duncan's multiple range test at *P*=0.05.

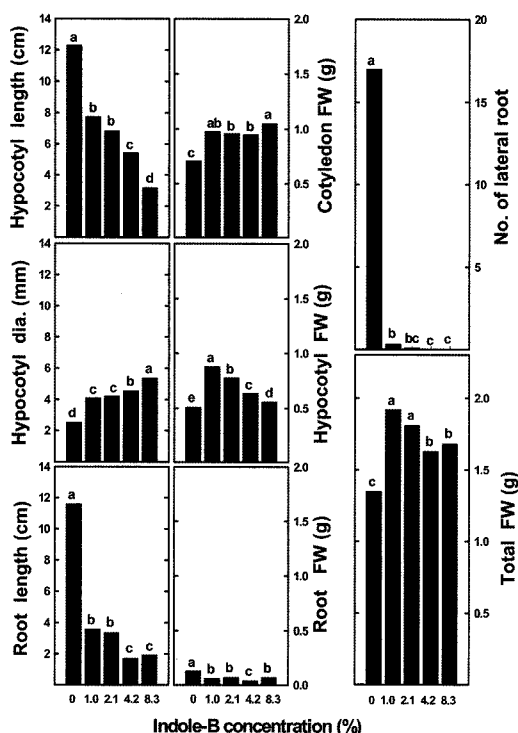


Fig. 3. Influence of Indole-B on the growth and thickness of soybean sprouts at different concentrations. Growth determined with 5-day-old seedlings. Bar with different letters are significant by Duncan's multiple range test at *P*=0.05.

축 비대축진 효과를 거둘 수 있는지를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 인돌비는 IAA 25mg·L⁻¹+BA

16mg·L⁻¹ 함유되어 있는 콩나물 전용 생장조절제로 콩나물 생산업체에서 사용하는 적량은 4.2% 용액이다.

4.2% 이상의 인돌비 처리에서는 세근이 전혀 발생이 되지 않았다. 반면 1.1%와 2.0%에서는 0.1개 및 0.3개의 세근이 발생되어 세근발생의 억제 효과가 인정되었다.

하배축과 뿌리의 신장은 인돌비의 처리농도가 높아 질수록 억제되었다. 이러한 결과는 많은 시사점을 제공하고 있는데, 적정농도로 알려져 있는 4.2% 보다도 낮은 농도인 1.1% 용액을 처리하더라도 세근발생이 크게 문제되지 않아 고품질의 콩나물 생산이 가능하였다(Fig. 3).

적 요

본 실험은 고품질의 콩나물 생산을 위한 기초연구로서 식물생장조절제를 이용한 세근발생 억제 및 하배축 비대축진을 위한 처리 방법을 구명하고자 실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 식물생장조절제 중 GA₃나 NAA 처리는 세근발생 억제효과가 미약하였다. 반면 BAP 처리를 세근발생이 전혀 일어나지 않았고 하배축의 비대를 촉진하였는데, 저농도인 10mg·L⁻¹ 및 15mg·L⁻¹ 처리에서도 그 효과가 인정되었다. BAP의 처리시간은 짧을수록 하배축 비대가 촉진되었고 하배축 비대를 촉진하는 처리시간은 6시간 처리였다. BAP

처리 후 24시간 간격으로 관수는 세균 발생율이 낮았고 하배축 비대는 촉진되었다.

인돌비는 적정농도로 알려져 있는 4.2%보다 낮은 농도인 1.1% 용액을 처리하더라도 세균 발생이 크게 문제 되지 않았다.

주제어 : 벤젠아데닌푸린, 지베렐린산, 콩나물, 하배축 신장

사 사

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

인 용 문 헌

- Chang, D. C. N. and S. J. Chen. 1986. Response of etiolated mungbean sprouts to plant hormones. Plant growth regulators in agriculture. FETC book series 34:90-97 (in Korean).
- Choi, H. D., S. S. Kim, H. D. Hong, and J. Y. Lee. 2000. Comparison of physicochemical and sensory characteristics of soybean sprouts from different cultivars. J. Kor. Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 43:207-212 (in Korean).
- Kang, C. K. and Y. K. Kim. 1997. Effect of plant growth regulators on growth of soybean sprouts. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:103-106 (in Korean).
- 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. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:773-776 (in Korean).
- Kang, C. K., J. M. Lee, and H. Saka. 1989a. Effect of plant growth regulators treatments on the growth and lateral root formation in soybean sprouts. I. Effect of plant growth regulators treatments on the growth in soybean sprouts. Kor. J. Weed Sci. 9:56-68 (in Korean).
- Kang, C. K., J. M. Lee, and H. Saka. 1989b. Effect of plant growth regulators treatments on the growth and lateral root formation in soybean sprouts. II. Effect of plant growth regulators treatments on the ethylene evolution in soybean sprouts. Kor. J. Weed Sci. 9:90-96 (in Korean).
- Kang, C. K., J. M. Lee, and H. Saka. 1989c. Effect of plant growth regulators treatments on the growth and lateral root formation in soybean sprouts. III. Effect of plant growth regulators treatments on the root primordia, lateral root formation, water retaining ability and ABA content in soybean sprouts. Kor. J. Weed Sci. 9:97-102 (in Korean).
- Park, E. H. and Y. S. Choi. 1995. Selection of useful chemicals reducing soybean sprouts rot. Kor. J. Crop Sci. 40:487-493 (in Korean).
- Park, M. H., D. C. Kim, B. S. Kim, and B. Nahmgoong. 1995. Studies on pollution-free soybean sprout production and circulation market improvement. Kor. Soybean Digest. 12:51-67 (in Korean).
- Park, W. M., I. S. Myung, and Y. S. Lee. 1986. Biological control against rot of soybean sprouts. Kor. Soybean Digest. 40:487-493 (in Korean).
- Park, W. P., S. H. Cho, and D. S. Lee. 1998. Effect of grapefruit seed extract and ascorbic acid on the spoilage microorganism and keeping quality of soybean sprouts. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 27:1086-1093 (in Korean).
- Shigezo, N. and S. Ichizo. 1989. Effect of ozone treatment of on elongation of hypocotyl and microbial counts of bean sprouts. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 36:181-188.
- Shin, D. H. and U. Choi. 1996. Comparison of growth characteristics of soybean sprouts cultivated by three methods. Kor. J. Food Sci. Technol. 28:240-245 (in Korean).
- Short, K. C. and J. G. Torrey. 1972. Cytokinins in seedling roots of pea. Plant Physiol. 49:155-160.
- Song, J. W. and J. H. Ku. 2003. Production of soybean sprouts in water recirculating systems using Ozone treatment. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:302-306 (in Korean).
- Song, J., S. L. Kim, J. J. Hwang, J. C. Son, and H. S. Hur. 2000. Physicochemical properties of soybean sprouts according to culture period. Kor. Soybean Digest. 17:84-89 (in Korean).
- Weightman, F., E. A. Schneider, and K. V. Thimann. 1980. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. II. Effect of exogenous growth factors on lateral root formation in pea roots. Physiol Plant. 49:304-314.
- Weightman, F. and K. V. Thimann. 1976. Hormonal regulation of lateral root initiation in *Pisum sativum*. Plant Physiol. 57 Suppl:52.
- Yoon, D. J., J. D. Lee, D. J. Kang, S. K. Park, and Y. H. Hwang. 2004. Effect of electrolyzed acidic water on the growth of soybean sprout. J. Life Sci. 14:809-814 (in Korean).