

## 산성 전해수가 콩나물의 생육에 미치는 영향

윤동준<sup>2</sup> · 이정동 · 강동진<sup>1</sup> · 박순기 · 황영현\*

경북대학교 식물생명과학부, <sup>1</sup>경북대학교 농업과학기술연구소, <sup>2</sup>경북대학교 농업개발대학원

Received June 23, 2004 / Accepted September 20, 2004

**Effect of Electrolyzed Acidic Water on the Growth of Soybean Sprout.** Dong-Jun Yoon<sup>2</sup>, Jeong-Dong Lee, Dong-Jin Kang<sup>1</sup>, Soon-Ki Park and Young-Hyun Hwang\*. *Division of Plant Biosciences, College of Agriculture & Life Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, <sup>1</sup>Institute of Agricultural Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea, <sup>2</sup>Agricultural Development Graduate School, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea* – To investigate the effect of the electrolyzed acidic water for soybean sprouts growth, the responses of characteristics of soybean sprouts were evaluated. Soybean sprouts grown by the electrolyzed acidic water showed shorter length in total body, root, and hypocotyl, etc. but they were evaluated to be increased in hypocotyl diameter and weight per sprout. Total length of soybean sprouts grown for 5 days by electrolyzed acidic water were much shorter than those by tap water. Soybean sprouts grown by tap water showed rapid growth in length even after 5 days but no more growth in length for those grown by electrolyzed acidic water. The growth of hypocotyl showed the same tendency as total length. No difference in root length among the soybean sprouts grown for 4~11 days by electrolyzed acidic water while those grown by tap water showed continuous rapid growth in length. The diameter of hypocotyl was thicker in those grown by electrolyzed acidic water than those grown by tap water and increased up 5 days. The weight of cotyledon grown by electrolyzed acidic water showed the proportional increase to the growing days but those grown by tap water showed no increase in hypocotyl weight up to 7 days, but a little bit increase after 11 days with the growth of new buds. The fresh weight per sprout was higher in those grown by electrolyzed acidic water until 7 days than tap water but it was the same weight in 11 days cultivation. The electrolyzed acidic water effected on shortening of hypocotyl and root length, thickening of hypocotyl diameter, and enlarging of cotyledon during soybean sprout cultivation.

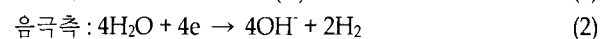
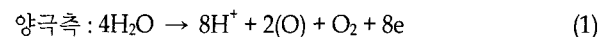
**Key words** – Electrolyzed acidic water, Soybean, Soybean sprout

콩을 발아시킨 콩나물은 계절과 장소에 관계없이 단기간에 재배가 가능하며, 재배가 비교적 쉽고, 저렴한 가격의 대중적인 식품이다. 콩나물 재배에서 콩나물의 수량이나 품질을 높이기 위해 물에 첨가제를 넣거나 특정 성분이 들어 있는 물을 사용한 연구가 최근에 진행되고 있다. 오존수를 관수 하여 콩나물을 재배하였을 때 0.3 ppm에서 콩나물의 전체길이 및 배축이 길었고, 수율도 다소 높았다[19]. 황토 지장수로 재배한 콩나물은 20℃에서 5일간 재배시 무게와 길이가 수돗물에서 재배한 것 보다 각각 11.4%, 14.9% 증가하였고[10], 유리 케르마늄 수용액으로 재배한 콩나물의 케르마늄 흡수량은 처리시간, 담금 시간이 길수록, 처리횟수가 많을수록 높게 나타났다[5]. 성장조절제 처리로 콩나물의 뿌리 발생 억제와 하배축의 비대 및 신장억제에 대한 연구에서 IAA나 BA의 효과가 인정되었으나[7-9] 안전한 식품의 생산 및 보급 차원에서 문제시되고 있다.

전해수는 평행 평판 전극간에 이온 분리막을 설치하고 이

전극간에 전압을 인가하면 수중의 이온들이 Coulomb's force에 의해 반대극성을 갖는 전극으로 분리 집속되게 하는 작용과 식(1), (2)와 같이 전기분해작용에 의해 만들어 진다.

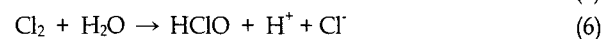
양극에서는 수소이온을 방출하여 산성수가 되며, 음극에서는 수소와 수산화 이온이 발생되어 알칼리수가 된다.



특히 양극측에는 식(3)과 (4)와 같은 반응이 일어나서 활성 산소류가 발생한다.



또한 물 중에 염분이나 염소가 존재하게 되면 양극측에는 식(5)와 (6)과 같은 반응이 일어나서 염소 가스가 발생되며 활성염소가 생성되어 수중에 용존하게 된다.



강산성 전해수의 경우 높은 산화환원력, 낮은 pH, 차아염

### \*Corresponding author

Tel : +82-53-950-5712, Fax : +82-53-958-6880

E-mail : hwangyh@knu.ac.kr

소산(HClO), 활성산소(O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 가지고 있어 강력한 살균력을 가지고 있는 것으로 알려져 있다[2,11,12,15,16,20].

일반적으로 산성화에 의한 식물체의 성장저해는 뿌리의 신장저해부터 일어나고 줄기와 잎 등의 식물 지상부 저해에 영향을 미친다고 보고 되어있다[17]. 이것은 뿌리의 장애로 인한 양분 흡수 능력의 저하와 수분 스트레스 등과 같이 식물의 생육을 제한하는 요인이 영향하는 것이라고 생각된다[3, 4]. 이러한 산성조건에서 일어나는 식물의 성장저해는 작물의 종과 그 작물의 내성 유무에 따라 다르다[1,6].

산성전해수는 주로 의료기기, 채소나 과일, 원예작물 재배에서 멸균이나 살균의 용도로 사용되어 왔는데 산성전해수를 이용하여 콩나물 재배하는 연구는 거의 이루어져 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 산성전해수를 이용하여 콩나물을 생육하였을 때의 콩나물 관련주요 형질들의 반응을 조사하여 콩나물 생육수로서의 가능성을 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 산성전해수가 콩나물 생육에 미치는 영향

본 시험의 공시재료는 우리나라에서 현재 가장 많이 재배되고 있는 풍산나물콩과 최근 작물과학원에서 개발된 소원콩을 이용하였다. 경북대학교 농업생명과학대학내의 식물생장상에 간이로 제작한 콩나물 생육장치를 이용하여 온도 20℃, 습도 80%의 압상태에서 4일간 재배하였다(Fig. 1). 콩나물 재배는 6 (가로)×6 (세로)×14 cm (높이)인 플라스틱용기를 사용하였으며, 콩나물생육은 pH 7.3의 수돗물(TW)과 pH 2.9, 4.9의 산성전해수(EAW)를 이용하였다. 생육기간동안 수주 횟수는 3시간 간격으로 하였으며 타이머를 펌프에 장착하여 1회 수주시간을 4분간으로 하였다. 각 처리별 20 g의 콩을 이용하여 20℃ 항온기에서 4시간 동안 침지하여 물을 흡수시켰으며 시험구는 완전임의 배치 3반복으로 하였다. TW와 EAW에서 4일간 생육시킨 콩나물의 전체길이, 하배축길이, 뿌리

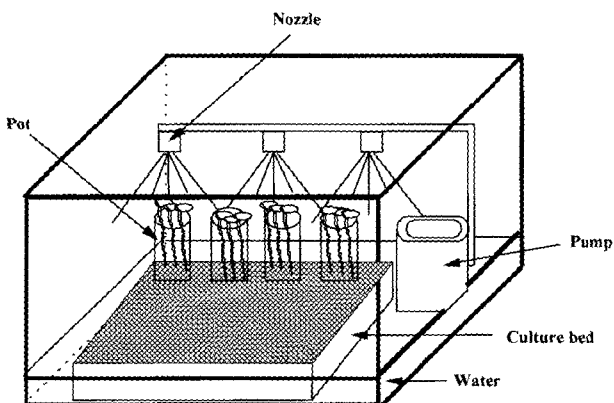


Fig. 1. A diagram of growth chamber for soybean sprout. Container capacity; 20 L, Aqua pump capacity; 220 V, 60 Hz, Pipe diameter; 16 mm, Nozzle capacity; 3 L/min.

길이, 하배축 두께, 콩나물 개체당 생체무게 등을 비교 검토하였는데, 콩나물의 특성 조사는 콩나물 재배 용기의 중앙부에서 임의로 표본추출 하였으며, 반복당 20개의 콩나물을 조사하였다.

#### 하배축 횡단면 조직 검사

하배축 조직의 형태학적인 변화를 관찰하기 위해 수돗물(TW)과 pH 2.9 (EAW)의 전해수에서 생육시킨 콩나물의 하배축(뿌리와 하배축의 경계지점)을 채취하여 FAA 고정액(formalin: acetic acid: 50% ethanol= 0.5: 0.5: 9 v/v)으로 고정하였다. 조직 관찰용 절편은 채취한 하배축을 4% agar 배지에 조심스럽게 넣고 포매한 후 절편용 블록을 작성하였다[18]. 조직 관찰은 편도날을 이용하여 100 μm 정도의 두께로 횡단으로 제작한 후, 0.05% Toluidine Blue O로 염색한 다음, 증류수로 5번 정도 세척하였다. 근단 구조는 60배율로 설정한 역상현미경(IMT2-21, Olympus Ltd.)으로 관찰하였다.

#### EAW에 의한 콩나물 생육의 경시적 변화 특성

상기한 산성전해수가 콩나물 생육에 미치는 영향의 결과를 토대로 하여 본 실험에서는 EAW에서 생육시킨 콩나물의 경시변화에 따른 생육특성을 TW를 대조구로 비교 조사하였다. 공시품종, 생육조건은 상기의 실험과 동일하며 생육에 이용한 EAW는 콩나물 생장적인 측면에서 효과적일 것이라 판단되는 pH 4.9 EAW를 사용하였다. pH 4.9 EAW와 TW에 의한 콩나물 생육의 경시적 변화를 비교하기 위하여 pH 4.9 EAW와 TW의 처리 후 4, 5, 7, 11일째에 콩나물의 전체길이, 하배축 길이, 뿌리길이, 하배축 두께, 개체당 무게, 자엽무게 등을 조사하였다.

### 결 과

#### 산성전해수가 콩나물 생육에 미치는 영향

산성전해수(pH 2.9, pH 4.9)와 수돗물(pH 7.3)에 생육시킨 콩나물의 주요 형질 변이는 Table 1과 같다. 콩나물 전체의 길이는 수돗물에서 생육시킨 콩나물이 약 14.7 cm로 가장 길었고 pH 4.9, 2.9의 전해수에서 생육시킨 콩나물이 각각 12.4, 10.7 cm로 pH가 낮아질수록 짧아졌다. 하배축 길이는 수돗물과 pH 4.9의 전해수에서 생육시켰을 경우에는 유의적인 차이가 없었으나, pH 2.9의 전해수에서 생육시킨 콩나물의 경우 5.8 cm로 하배축의 신장이 현저하게 저해되었다. 수돗물에서 키운 콩나물의 뿌리길이는 평균 7.8 cm이었는데 반해 산성전해수로 키운 콩나물의 경우 5.0 cm로 뿌리의 신장이 두드러지게 억제되었다. 일반적으로 산성화에 의한 길이 생장의 억제와 동시에 부피생장이 촉진되는 현상을 검정하기 위해 하배축 두께를 조사한 결과, 두 품종에서 모두 하배축의 부피생장이 관찰되었고, 특히 풍산나물콩이 소원콩 보다 다소

Table 1. The characteristics of soybean sprout cultured by electrolyzed acid water

Variety	Water	Whole length (cm)	Hypocotyl length (cm)	Root length (cm)	Hypocotyl thickness (mm)	Weight/sprout (g)
Sowonkong	Tap water	14.9	7.0	7.9	2.31	0.59
	pH 2.9	10.5	5.6	4.8	2.47	0.62
	pH 4.9	11.8	7.0	4.8	2.62	0.64
	mean	12.4	6.5	5.9	2.47	0.62
Pungsannamulkong	Tap water	14.6	6.8	7.7	2.36	0.65
	pH 2.9	11.1	5.9	5.2	2.62	0.69
	pH 4.9	12.9	7.7	5.2	2.72	0.71
	mean	12.9	6.8	6.1	2.57	0.69
Mean	Tap water	14.7	6.9	7.8	2.34	0.62
	pH 2.9	10.8	5.8	5.0	2.55	0.66
	pH 4.9	12.4	7.3	5.0	2.67	0.68
LSD (5%) : bet. means of variety		1.0	0.5	0.5	0.05	0.01
LSD (5%) : bet. means of water		0.8	0.4	0.7	0.06	0.03

두꺼웠다. 산성전해수와 수돗물로 생육시킨 콩나물의 하배축 두께는 유의적인 차이가 인정되었는데, pH 2.9, 4.9의 전해수에서 생육시킨 콩나물의 하배축 두께는 각각 2.55, 2.67 mm로 수돗물에서 생육시킨 콩나물에 비해 상당히 두꺼워졌다. 길이신장과 부피생장과 관련하여 콩나물 개체당 무게를 조사한 결과 pH 2.9와 4.9의 전해수 사이에는 유의적인 차이는 없었지만 수돗물에 비해 산성전해수에서 생육시킨 콩나물의 개체당 무게가 증가하였다.

**하배축 횡단면 조직 검사**

pH 7.3의 수돗물과 pH 2.9의 산성전해수에서 생육시킨 콩나물의 하배축의 구조적인 변화를 광학현미경으로 관찰하였다(Fig. 2). 하배축 횡단면의 구조적인 변화를 보면 산성전해수로 재배된 콩나물 중심주의 세포가 수돗물에서 재배된 콩나물 중심주세포에 비해 현저하게 커졌으며 이로 인해 중심주가 커졌다. 또한 콩나물 피층의 세포들도 산성전해수 재배가 수돗물 재배보다 커진 것이 관찰되었다(Fig. 2C, D). 산성전해수에서 자란 콩나물의 하배축 두께가 두꺼워진 것은 하배축내의 세포가 커진 것 때문인 것으로 사료된다.

**EAW에 의한 콩나물 생육의 경시적 변화 특성**

콩나물 생육에 미치는 산성전해수의 효과를 보다 세부적으로 파악하기 위하여 pH 4.9의 전해수와 pH 7.3의 수돗물을 이용하여 콩나물 생육과 산성전해수 효과를 시간의 경과에 따라 비교 조사하였다(Fig. 3). 산성전해수 처리 후 4일째의 콩나물 전체길이는 수돗물로 생육시킨 콩나물의 경우(대조구) 소원콩이 12.5 cm, 풍산나물콩이 10.8 cm인 것에 비해 산성전해수로 생육시킨 콩나물의 경우(처리구) 전체길이는 소원콩이 7.3 cm, 풍산나물콩이 6.6 cm로 대조구에 비해 처리구에서 전체길이 신장은 억제되었다. 또한 대조구의 콩나물의

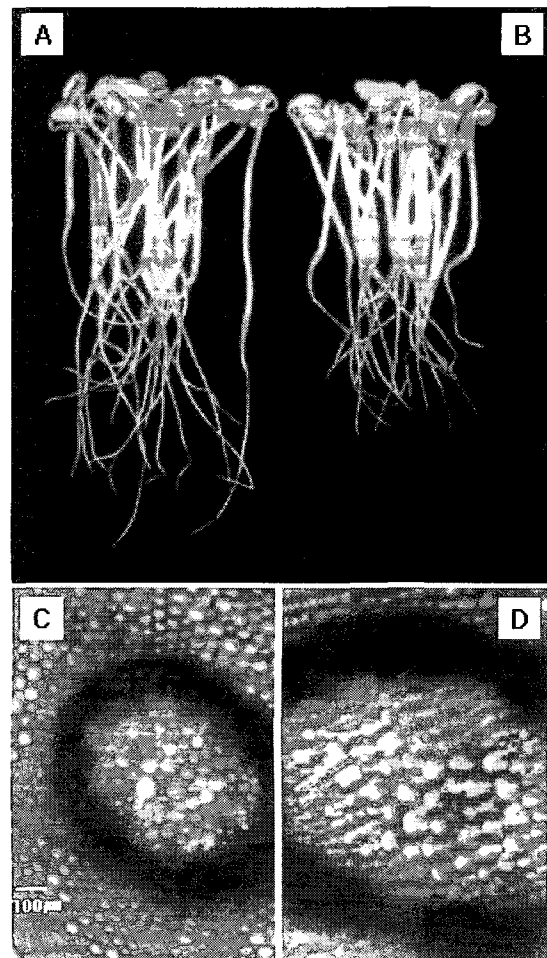


Fig. 2. Morphology of 4 days grown sprouts in tap water (A) and in pH 2.9 electrolyzed acidic water (B), and microscopic observation of cross section on hypocotyl grown in tap water (C) and pH 2.9 electrolyzed acidic water (D).

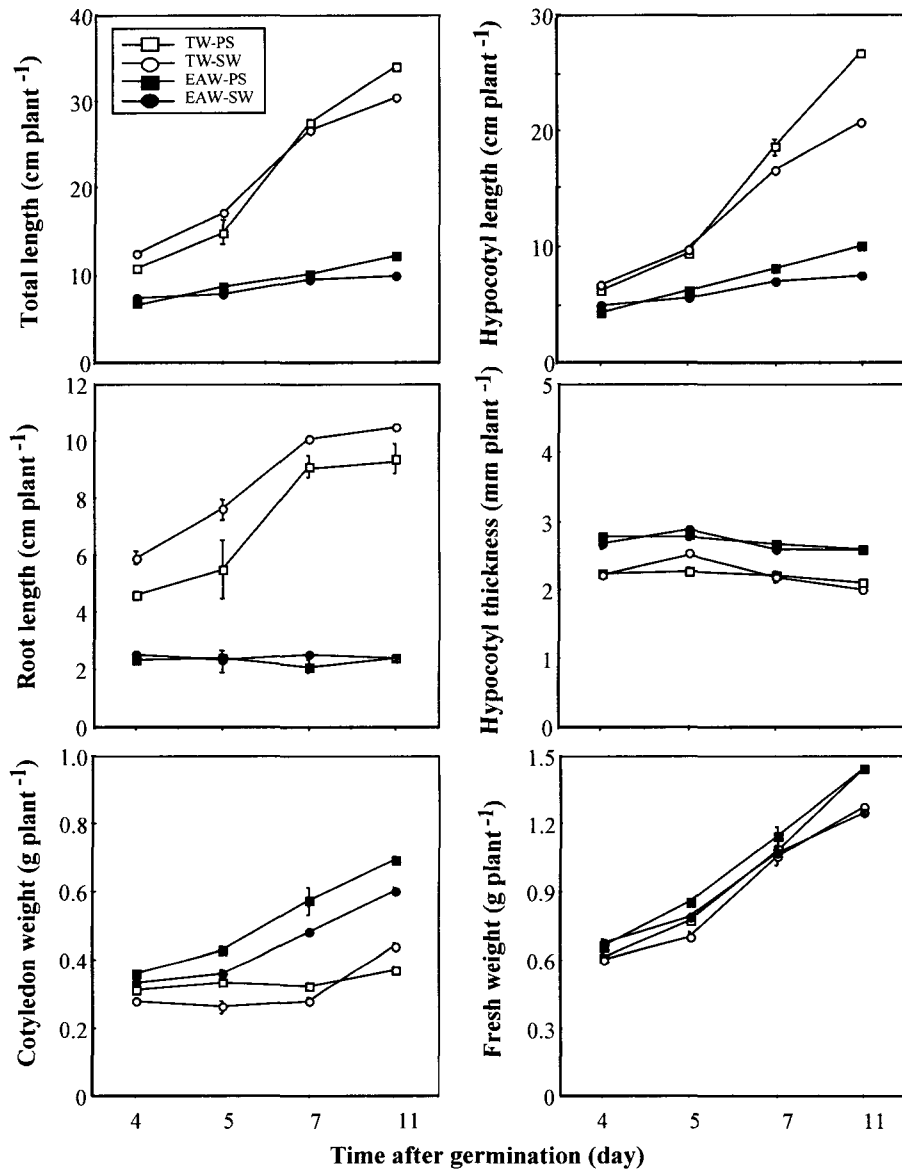


Fig. 3. Time-course changes of sprout characteristics of the soybean sprouts cultivated in tap water and electrolyzed acidic water. TW; tap water, EAW; electrolyzed acidic water, PS; Pungsannamulkong, SW; Sowonkong.

경우 두 품종 모두 생육 후 5일째에는 급격히 신장을 보였으나, 처리구에서 생육시킨 콩나물은 생육 일수가 증가하여도 콩나물의 전체길이에는 큰 변화가 없었으며, 생육 후 11일째의 소원콩 및 풍산나물콩의 전체길이는 각각 9.8, 12.3 cm로 대조구에서 생육 후 4일째의 콩나물의 길이와 유사하였다.

경시변화에 따른 하배축 길이의 변화는 콩나물 전체 길이와 유사한 경향을 나타내었다. 생육 후 4일째의 하배축 신장은 대조구에서 소원콩과 풍산나물콩의 하배축 길이는 각각 6.6, 6.2 cm이었으나, 처리구에서의 소원콩과 풍산나물콩의 하배축 길이는 각각 4.7과 4.2 cm로 하배축 신장의 역제가 관찰되었다. 대조구에서의 하배축의 신장은 두 품종 모두 생육 일수가 증가함에 따라 증가하였고, 특히 생육 후 5일째부터 급속히 증가하여 생육 후 11일째에는 소원콩이 20.7 cm, 풍

산나물콩이 26.7 cm까지 증가하였다. 그러나 처리구에서 콩나물의 하배축 신장은 공시품종 모두에서 뚜렷한 증가는 관찰되지 않았으며 대조구에 비해 처리구에서의 하배축 신장 역제가 관찰되었다. 특히 처리구에서 11일간 생육시킨 콩나물의 하배축 길이는 소원콩이 7.4 cm, 풍산나물콩이 9.9 cm로 풍산나물콩이 약간 길었다.

생육일수에 따른 콩나물 뿌리길이를 조사한 결과, 생육 후 4일째 대조구에서 생육시킨 소원콩과 풍산나물콩의 뿌리길이는 각각 5.9, 4.6 cm이었고 시간의 경과에 따라 뿌리신장이 관찰되었으나 생육 후 7일째부터 신장이 다소 둔화되었다. 한편 처리구에서 생육시킨 콩나물의 뿌리신장은 뚜렷한 증가는 없었다. 생육 후 4일째의 콩나물 뿌리길이는 소원콩이 2.5 cm, 풍산나물콩이 2.3 cm로 대조구에 비해 약 50%의 뿌리신

장의 억제에 관찰되었으며 생육 후 4일째부터 11일째까지 거의 변화가 없었으며, 특히 대조구에서 생육시킨 공시품종 두 품종간의 뿌리신장의 차이가 관찰된 반면에 처리구에서 생육시킨 공시품종 두 품종간에서는 생육일수와 뿌리신장의 차이는 없었다.

대조구에서 생육시킨 콩나물의 하배축 두께는 소원콩의 경우 생육 후 4일째에 2.21 mm에서 생육 후 5일째에는 2.52 mm로 증가하였으나 하배축이 급격하게 신장하는 5일 이후에는 다소 감소하였다. 풍산나물콩의 경우는 생육 후 4일째의 하배축 두께는 2.24 mm에서 생육 후 5, 7, 11일째까지 거의 변화가 없었다. 처리구에서 생육시킨 콩나물의 경시변화에 따른 하배축 두께도 대조구에서 생육시킨 콩나물의 하배축 두께와 유사한 경향을 보였다. 그러나 처리구에서 생육시킨 콩나물의 하배축 두께는 대조구에 비해 두꺼워졌으며, 특히 생육 후 4일째의 하배축 두께는 소원콩이 2.67 mm, 풍산나물콩이 2.76 mm로 대조구에 비해 각각 20%, 23%의 증가를 보였다.

경시변화에 따른 콩나물 자엽의 무게는 대조구에서 두 품종 모두 생육 후 4일에서 7일까지는 변화가 거의 없었으나 생육 7일 이후에는 자엽의 무게가 증가하였는데 7일 이후에 자엽사이로 신초가 출현하였으며 이로 인해 자엽부위의 무게가 늘어났다. 한편 처리구에서 생육시킨 콩나물의 자엽의 무게는 시간의 경과에 따라 현저한 증가를 보였다. 생육 후 4일째의 자엽무게는 소원콩이 0.33 g, 풍산나물콩이 0.36 g이었으나 생육 후 5, 7, 11일째까지 순차적으로 증가를 보여 소원콩에서 0.60 g, 풍산나물콩에서는 0.69 g으로 생육 후 4일째 자엽 무게에 비해 두 품종 모두 약 2배 정도 증가를 보였다.

콩나물의 개체간의 생체무게를 시간의 경과에 따라 조사하였는데, 처리구와 대조구에서 생육시킨 콩나물의 생체무게는 생육시간의 경과에 따라 증가하였으며, 처리구에서 생육시킨 콩나물의 4일째 생체무게는 소원콩이 0.67 g, 풍산나물콩이 0.66 g이었는데 생육 후 11일째는 소원콩이 1.25 g, 풍산나물콩이 1.40 g으로 두 품종 모두 약 2배 정도의 생체무게의 증가가 관찰되었다. 또한 대조구에서 생육시킨 콩나물의 생체무게도 11일째는 처리구와 비슷하였다. 재배 후 7일 까지 처리구에서 콩나물의 생체무게가 다소 무겁게 나타난 것은 주로 하배축의 두께가 두꺼워 지고 자엽의 무게가 증가하여 생긴 결과로 생각된다.

## 고 찰

EAW (산성전해수)에 관한 연구보고는 1990년대 중반부터 많은 연구가 이루어지고 있으며 이들 연구보고의 대부분은 강산성 및 알칼리성 전해수의 유효염소 및 오존농도가 상추와 양배추[13,14], 식품유래 병원균 등[11]의 살균효과에 관한 연구이다. 지금까지 식물체 생육에 미치는 전해수의 역할에 대한 연구보고는 거의 없는 상태로 본 연구에서는 콩나물 생

육에 미치는 EAW의 효과를 형태학적인 측면과 생육특성면에서 조사·검토하였다. EAW에서 생육시킨 콩나물의 생육은 기존의 생육방법인 TW (수돗물)에서 생육시킨 콩나물에 비해 길이 신장의 억제와 부피생장의 축진이 관찰되었다 (Table 1). Moustakas 등[17]은 일반적으로 pH가 낮아지면 식물체 뿌리의 신장이 억제되어 식물체 지상부로 생육억제가 진행된다고 보고하였다. 이러한 결과는 산성화에 대한 식물체의 1차적 반응으로 길이 신장의 억제와 더불어 비대생장에 수소이온의 과잉에 의한 식물체내 호르몬의 변화가 생겨서 사이토키닌류의 증가에 의한 세포팽창의 결과라고 사료된다. EAW를 이용하여 콩나물의 생육을 생육기간별로 조사한 결과, TW에서 생육시킨 콩나물에 비해 하배축 신장과 뿌리신장이 현저하게 억제되었다(Fig. 2). 이러한 뿌리 신장 억제경향은 같은 발작물인 밀과 수수에서도 뿌리신장 저해는 산도에 크게 영향을 받으며[1,6], 단자엽 식물인 옥수수과 쌍자엽 식물인 콩에서는 뿌리신장 저해의 경향이 다르게 나타났다[2]. 단자엽 식물인 옥수수에서는 주근, 기근, 측근 등의 신장능력이 일정수준 유지되는 반면, 쌍자엽 식물인 콩에서는 어떤 품종에서는 주근의 신장능력이 높게 유지되었으며, 어떤 품종에서는 기근 혹은 측근이 주근 보다 상대적으로 길어서 일정한 경향은 보이지 않아 품종간 차이가 있는 것으로 판단된다. 뿌리 신장 저해와 더불어 본 연구에서는 EAW에 의한 하배축의 비대와 자엽무게의 증가를 관찰하였으며(Fig. 3), 이들 요인에 의하여 TW에 생육시킨 콩나물보다 생체중이 높게 나타났다고 판단된다.

본 연구의 결과로부터 EAW에서 생육시킨 콩나물의 생육은 길이 신장이 억제되는 반면 부피생장이 촉진되어 최종적으로 콩나물 수량의 증가를 초래하였다고 사료된다. 콩나물 재배중 산성전해수의 처리를 적의 조절한다면 식물생장조절을 사용하지 않고도 잔뿌리가 없고 비대생장한 콩나물 생산이 가능하다고 판단된다. 본 연구에서는 EAW만의 생육효과를 검토하였으나 향후 EAW에서 생육시킨 콩나물과 단순히 HCl로 pH를 조정하여 생육시킨 콩나물의 생육특성을 비교 검토하여 EAW의 생육적인 측면에서의 효과가 단순히 수소이온의 과잉에서 기인되었는지의 여부를 검증할 필요성이 있다고 사료된다.

## 요 약

산성 전해수를 이용하여 콩나물을 생육시켰을 때 콩나물 관련 주요형질들의 반응을 조사하여 콩나물 재배수로 사용가능성을 검토하였다. 산성전해수로 생육시킨 콩나물은 전체길이, 뿌리길이, 하배축 길이 등이 짧아졌고, 하배축의 두께, 콩나물 개체당 무게 등은 늘어 난 것으로 평가되었다.

하배축 횡단면 관찰에서 산성전해수에서 자란 콩나물의 하배축내 세포가 대조구에 비해 커져 하배축의 두께가 두꺼워진 것으로 평가되었으며, 생육일수별 콩나물 주요 특성에서

콩나물 전체길이는 산성전해수에서 자란 콩나물의 전체 길이가 더 짧았으며, 수돗물에서 자란 콩나물은 생육 후 5일째 이후에 급격히 길이 신장을 하였으나 전해수에서 자란 콩나물은 길이 신장은 거의 변화가 없었다. 하배축의 신장은 콩나물 전체길이와 같은 경향을 보였는데 생육 후 5일째에는 품종간 신장의 차이가 관찰되었다. 뿌리 생육 특성은 전해수에서 생육시킨 콩나물은 생육 4일째에서 11일째 까지 뿌리 길이의 차이가 없었으나 수돗물에서 생육시킨 콩나물의 뿌리길이는 생육일수가 증가함에 따라 급격하게 신장을 보였다. 하배축의 두께는 산성전해수에서 생육시킨 콩나물이 수돗물에서 생육시킨 콩나물보다 더 두꺼웠는데 생육 후 5일째 까지 두께가 증가하다가 생육 후 5일째 이후부터 다소 감소하였으며, 콩나물 자엽의 무게는 산성전해수에서 생육시킨 콩나물의 자엽무게가 생육일수가 증가할수록 현저하게 증가하였으나 수돗물에서 생육시킨 콩나물은 생육 후 7일째까지는 거의 변화를 보이지 않았다. 콩나물의 생체중은 전해수에서 생육시킨 콩나물이 재배 후 7일까지는 무거웠으나 11일째는 산성전해수와 수돗물에서 자란 콩나물의 생체중이 거의 비슷하였다.

### 참 고 문 헌

- Ahlich, J. L., Karr, M. C., Baligar, V. C., and Wright, R. T. 1990. Rapid bioassay of aluminum toxicity in soil. *Plant Soil*. **122**, 279-286.
- Buck, J. W., Van Iersel, M. W., Oetting, R., and Hung, Y. C. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Dis*. **86**, 278-281.
- Bushamuka, V. N., and Zobel, R. W. 1998. Maize and soybean tap, basal, and lateral root responses to a stratified acid, aluminum-toxic soil. *Crop Sci*. **38**, 416-421.
- Foy, C. D. 1987. Acid soil tolerances of two wheat cultivars related to soil pH, KCl extractable aluminum and aluminum saturation. *J. Plant Nutr.* **10**, 609-623.
- Han, S. S., Y. S. Rim, and J. H. Jeong. 1996. Growth characteristics and germanium absorption of soybean sprout cultured with the aqueous solution of organogermanium. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **39**, 39-43.
- Johnson, J. P., Carver, B. F. Jr., and Baligar, V. C. 1997. Expression of aluminum tolerance transferred from atlas 66 to hard winter wheat. *Crop Sci*. **37**, 103-108.
- Kang, C. K. and Y. K. Kim. 1997. Effect of plant growth regulators on growth of soybean sprout. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **38**, 103-106.
- Kang, C. K., D. W. Yun, Y. L. Kim and T. H. 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. Hort. Sci.* **37**, 773-776.
- Kang, C. K., J. M. Lee and H. Saka. 1989. Effect 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**, 56-68.
- Kang, J. Y., S. C. Kang and S. Park. 2000. Effect of filtrate of loess suspension on growth and quality of soybean sprouts. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **43**, 266-270.
- Kim, C., Hung, C., and Brackett, R. E., 2000. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *Intl. J. Food Microbiol.* **61**, 199-207.
- Kiura, H., Sano, K., Morimatsu, S., Nakano, T., Morita, C., Yamaguchi, M., Maeda, T., and Katsuoka, Y. 2002. Bactericidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration. *J. Microbiol. Methods* **49**, 285-293.
- Koseki, S., and Itoh, K. 2000a. Fundamental properties of electrolyzed water. *Jpn. Food Sci.* **47**, 390-393.
- Koseki, S., and Itoh, K. 2000b. The effect of available chlorine concentration on the disinfecting potential of acidic electrolyzed water for shredded vegetables. *Jpn. Food Sci.* **47**, 888-898.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S., and Itoh, K. 2001. Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water. *J. Food Prot.* **64**, 652-658.
- Lee, J. H., T. R. Kwon, J. D. Moon and J. T. Lee. 1998. Effect of acidic electrolyte water on growth and infection of *Phytophthora capsici*. *Korean J. Plant Pathol.* **14**, 440-444.
- Moustakas, M., Ouzounidou, G. Lannoye, R. 1995. Aluminum effects on photosynthesis and elemental uptake in an aluminum-tolerant and non-tolerant wheat cultivar. *J. Plant Nutr.* **18**, 669-683.
- Nakamura, M., H. Takahashi, T. Tabuchi, K. Kanahama and A. Karasawa. 2002. Method of cell and tissue experiments. pp. 42-64. In; Hashiba, T. and K. Kanahama (eds.), A manual of experiments for agriculture. Soft Science Publications, Tokyo.
- Park, G. H. and I. Y. Baek. 2000. Effect of ozone water on germination and growth of soybean sprout. *Korea Soybean Digest.* **17**, 20-26.
- Venkatarayanan, K. S., Ezeike, G. O., Hung, Y. C., and Doyle, M. P. 1999. Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivation *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.* **65**, 4276-4279.