Journal of Bio-Environment Control, 9(2):101~106, (2000)

Utilization of Ventilation Pipe to Decrease Commodity Temperature and Rot of Soybean Sprouts

Lee, Young-Sang

Division of Life Science, Soonchunhyang University, Asan 336-745, Korea

Abstract

The practicality of utilizing ventilation pipe to enhance soybean sprout productivity by lowering commodity temperature and resultant sprout rot was tested. The ventilation pipes with holes for aeration were vertically installed inside of a sprout cultivation container prior to adding soaked soybean seeds. The time-series changes in sprout commodity temperature and resultant growth, yield, marketable sprout percentage, and rot of soybean sprouts were measured. The ventilation pipes effectively decreased sprout commodity temperature, especially at middle and lower part of a container; installing 5 pipes in a container decreased sprout commodity temperature by 4.7°C. Ventilation pipes also enhanced sprout yield and marketable sprout percentage by 3.9% and 4.0%, respectively, while reducing sprout rot by 4.1%. In conclusion, ventilation pipe seems a practical and effective non-chemical method to enhance the productivity of soybean sprouts.

Key words : commodity temperature, cultivation container, marketable sprout percentage, sprout rot, ventilation

서 론

콩나물은 단백질과 비타민이 풍부하고 가격이 저렴하여 한국인의 식생활에 널리 이용되고 있는 전통적인 고유 식품으로 근래 생산과 유통의 기업화에 따라 약 3,500여개소의 제조 공장에서 년간 약 500,000톤이 생산되는 4천억원 규모의 산업으로 성장하였다. 그러나 소위 '농약 콩나물'로 대표되는 콩나물의 식품 안전성 문제는 아직도 빈번히 사회문제로 대두되고 있는 실정이다. 최근 식품의약품안전청이 콩나물에서 검출되는 농약의 잔류 기준을 기존의 0.2 ppm에서 불검출로 변경하여 미량이라도 농약이 검출되는 콩나물의 유통을 금지하였으며, 콩나물 포장 봉지나 통에 생산자의 상호, 주소, 전화번호 등을 기입하는 콩나물 실명제가 실시되고, 인체 독성이 없는 천연 항균물질을 이용한 콩나물 부패의 경감(Lee 등, 1999) 등 다각적인 노력이 기울여지고 있으나, 농약을 사용치 않으면서 콩나물의 부패를 경감할 수 있는 재배기술의 개발 연구는 아직도 미흡한 실정이다.

콩나물의 부패 현상은 주로 *Fusarium*(Oh와 Park, 1996), *Pseudomonas* (Myung, 1987), *Erwinia* (Park 등, 1997) 등 미생물에 의하여 발생하는 것으로 보고되고 있다. 한편 배축이 굵고 뿌리가 짧은 콩나물을 선호하는 소비자 기호도를 충족시키고 재배기간의 단축과 생산원가의 절감 등 경영상의 목적을 위하여 저장기간이 오래되고(Suh 등, 1995b) 발아율이 낮은 저렴한 수입콩(Lee 등, 1999)을 원료로 생장 촉진제를 사용하여(Park 등, 1995) 고온에서 재배(Suh 등, 1995a)할 경우 콩나물 부패의 위험성이 증대되는 것으로 알려져 있다.

콩나물이 초밀식된 상태로 성장하고 있는 콩나물 재배 용기 내부는 3-5시간 간격으로 이루어지는 관수에 의해 과습한 조건이 지속되며 공기의 흐름이 정체된 상태가 유지된다. 또한 용기 내부에 갇힌 열이 외부로 방출되지 못함으로 인해 재배사 내부 기온보다 높은 온도가 유지된다. 이러한 재배 용기 내부의 고온, 다습 및 불량 환기 조건은 부패 유발 미생물의 생장을 촉진시키게 되고, 따라서 동절기보다는 기온이 높은 하절기에 콩나물 생산시 부패가 더욱 심각한 것으로 알려져 있다. 재배 기간중 재배용기 내부의 온도, 즉 콩나물의 품온을 저하시키기 위해서는 재배사 내부의 기온을 낮추는 방법, 관개수의 수온을

저하시키는 방법, 관수 간격을 좁히고 관수시간을 연장하는 방법 등이 가능하지만 영세성을 벗지 못하는 대부분의 콩나물 재배농가의 경우 냉방 시설이나 열교환기의 설치가 요구되는 적극적인 기온 및 수온 조절은 경영비 상승의 이유로 보급이 부진한 상태이며 현실적으로는 관수를 통하여 콩나물의 품온이 저하되기를 기대하는 실정이다.

재배 용기 내 온도의 상승의 주요 원인으로는 발아 후 생장중인 콩나물의 높은 호흡열이 재배 용기 외부로 방출되지 못함에 기인하는 것으로 추정되며, 하배축의 생장이 직선적으로 증대되는 침종 후 5-6일은 부패가 급속히 진전되는 시기와 일치하고 있다(Kim 등, 1990). 높은 호흡 속도는 동시에 호흡으로 소모되는 산소의 부족과 생성된 이산화탄소의 집적 등 재배용기 내부의 기체 조성 변화를 가져올 수 있다. 현재까지 보고된 대부분의 콩나물 연구는 재배실의 기온 또는 관개용수의 수온과 콩나물의 생육과의 관계가 집중적으로 수행되었으며, 재배용기 내부의 온도 변화와 저하 방법에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구는 호흡열과 가스의 교환을 목적으로 콩나물 재배용기 내부에 환기봉을 설치하고 그 효과를 용기내부의 온도 변화 및 콩나물의 생육, 수량 및 부패율 측면에서 살펴보고자 수행되었다.

재료 및 방법

원료 콩 및 콩나물 재배

본 실험은 중국산 원료콩(*Glycine max* L.)을 대한두채협회를 통하여 구입하여 순천향대학교 내에 설치된 45 m^2 규모의 간이 콩나물 재배사에서 수행되었다. 콩나물 재배를 위하여 원료콩 1 kg을 3시간 동안 침종 후, 일반적인 소규모 콩나물 재배 농가에서 사용하는 상업용 흑색 플라스틱 콩나물 재배용기(30×28×25 cm)에 담아 콩나물 재배사에 옮겨 6일간 재배하였다. 재배용수는 식수용 수돗물을 스프링클러식 살수 장치를 이용하여 2시간 간격으로 5분간 관수하였고 단위시간당 살수량은 45 mL · 100cm^{-2} · min^{-1}이었다. 실험은 재배 용기를 반복으로 완전임의배치법에 따라 3반복으로 수행되었다. 재배 기간중 재배사의 실내 온도는 일교차가 있었으나, 평균 17℃~22℃이었으며, 재배용수의 수온은 평균 14℃~16℃였다.

환기봉의 제작 및 설치

콩나물 재배 용기 내부의 환기를 위하여 Fig. 1A와 같은 환기봉을 제작하여 재배용기 내부에 Fig. 1B와 같이 설치하였다. 환기봉은 원형의 PVC 파이프(지름 32 mm×두께 3 mm×높이 25 cm)를 사용하였으며 전기드릴로 각 환기봉에 원주 방향으로 8개, 길이 방향으로 16개, 총 128개의 환기구멍(지름 2 mm)을 제작하였다. 제작된 환기봉은 침종된 원료콩을 담기 전에 각 재배용기에 0(대조), 1, 3, 5개씩 재배용기 바닥에 수직방향으로 고정하였으며, 환기봉 설치에 의하여 감소한 재배용기 내부의 바닥 면적은 환기봉 1, 3, 5개별로 각각 1, 3, 5% 미만이었다.

재배사 및 재배 용기 내부 온도의 계측

콩나물 재배 기간중 재배사 외부 및 내부의 기온과 재배 용기 내부의 온도 변화를 자동자료수집기(CR-10, Campbell, USA)와 열전대(T-type)를 이용하여 15분 간격으로 측정, 기록하였다. 재배사 외부 및 내부 기온은 각각 지상 1.5 m, 1.8 m 지점에서 측정하였으며, 재배 용기 내부의 온도는 침종된 원료콩을 재배 용기에 담은 직후 재배 용기당 1개 지점(Fig. 1B의 화살표 부위)에 열전대 3개를 묶어 수직방향으

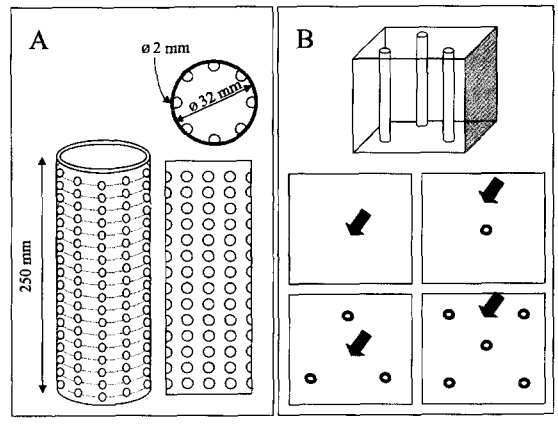

Fig. 1. The structure of ventilation pipe (A) and methods of installing ventilation pipes (B, the case of 3 pipes in one container) in a sprout cultivation container. The arrow indicates the location where thermocouples were vertically installed. Three thermocouples (T-type) were collectively attached to a thin rod in that each thermocouple was positioned at 5, 10, and 15 cm height of container, respectively.

로 설치하여 재배용기 바닥으로부터 각각 5, 10, 15 cm 높이 지점의 온도를 측정하였다. 침종으로부터 6일 동안의 재배 기간중 콩나물의 생장 속도가 가장 빠르고 부패가 발생이 가장 높을 것으로 기대되는 재배 시작 6일에 240분간 측정된 온도 자료를 결과 및 고찰에 사용하였다.

콩나물 생장량, 수율, 상품성 개체비율 및 부패율 조사

환기봉 설치가 콩나물의 생육 및 수량에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 재배 6일 후에 콩나물을 수확하여 배축 길이, 뿌리 길이, 생체중 등 콩나물 생장량과 생산 수율(수확된 전체 콩나물 무게/원료콩 무게×100, %), 수확된 콩나물 중 상품성 개체 비율(상품성개체 무게/수확된 전체 콩나물 무게×100, %) 및 부패율(부패립수/침종된 원료콩 립수×100, %)을 조사하였다. 부패립은 수확된 콩나물 중 배축이나 자엽에 두 곳 이상의 부패흔이 있는 개체로 정의하였다. 콩나물의 수율, 상품성 개체비율, 부패율은 각 반복의 평균 및 표준 편차를, 배축 길이, 뿌리 길이 등 콩나물의 성상은 각 반복당 40개의 대표적인 콩나물을 취하여 측정후 평균 및 표준 편차를 SAS를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

콩나물 재배용기 내부 온도

재배 용기 내부의 콩나물 품온 측정 당시의 재배사 실내 및 실외 기온 변화는 Fig. 2와 같이 재배사 외부는 약 16±1℃, 내부는 약 18±1℃였다. 반면 재배 용기 내부의 콩나물 품온은 실내 온도보다 높게 유지되는 것으로 나타났는데, 이는 Bae 등(1999)의 보고와 일치하는 경향으로 용기 내부의 호흡열이 용기 외부로 방출되지 못함을 나타내기 때문으로 생각된다. 환기봉을 콩나물 재배 용기당 0, 1, 3, 5개씩 설치한 후 온도를 측정한 결과 Fig. 3과 같이 환기봉이 재배 용기내부 온도를 저하시키는 것을 알 수 있었다.

환기봉의 콩나물 품온 저하 효과를 재배 용기의 상부(15 cm), 중부(10 cm), 하부(5 cm) 등 높이 별로 관찰한 결과 상부(Fig. 3A)보다는 중부(Fig. 3B) 및

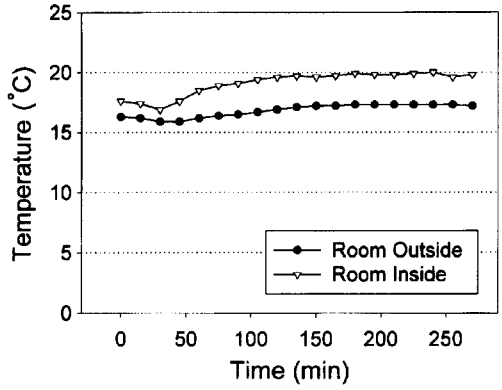

Fig. 2. Changes in temperature of inside and outside of soybean sprout cultivation room during the measurement of sprout commodity temperature as shown in Figs 3 and 4.

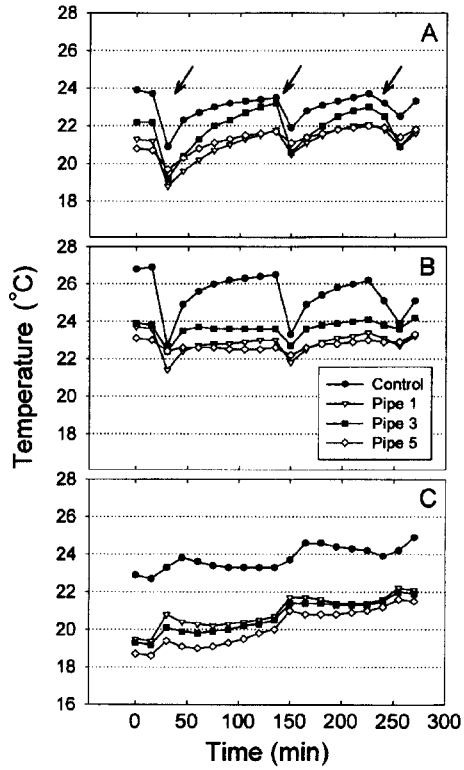

Fig. 3. Effects of increasing number of ventilation pipe on soybean sprout commodity temperature inside of sprout cultivation container as measured at top (A), middle (B) and bottom (C) part of the container. The arrows indicate the time of irrigation.

하부(Fig. 3C)에서 환기봉 개수의 증가에 따른 온도 저하 효과가 뚜렷이 나타났는데, 5개의 환기봉을 설치할 경우 환기봉 효과가 가장 낮았던 재배 용기 상

부에서는 관수 직전보다 3.0°C의 온도 저하 효과가, 상부-중부-하부 중 온도가 가장 높았던 중부에서는 관수후 2시간 경과시 3.9°C의 온도 저하 효과가 나타났고, 재배 용기 하부의 경우 무처리보다 최고 4.7°C의 온도 저하 효과가 관찰되었다. 이는 관수로 인하여 재배 용기 내부의 온도가 급격히 저하되었다가 다시 상승하였다는 Shin과 Choi(1996)의 보고와 일치하는 경향이었다.

재배용기 내부 높이별로 관수 및 환기봉에 의한 온도 변화를 살펴보기 위하여 Fig. 3에 사용된 것과 동일한 온도 자료를 재해석하여 재배용기 상/중/하부 층위별 온도를 비교한 결과 Fig. 4와 같이 관수 직후 5분 정도를 제외하고는 재배 용기 중부가 상부 및 하부보다 항상 높은 온도를 유지하는 것으로 나타났다. 이는 콩나물 생장에 따른 호흡열이 재배 용기 내부, 특히 중간 높이 부위에 갇혀 있기 때문인 것으로 생각되며, 환기봉 사용시 효과적으로 용기 내부의 높은 온도를 용기 외부로 방출시켜 3~5°C의 온도 저하를 유도한 것으로 생각된다.

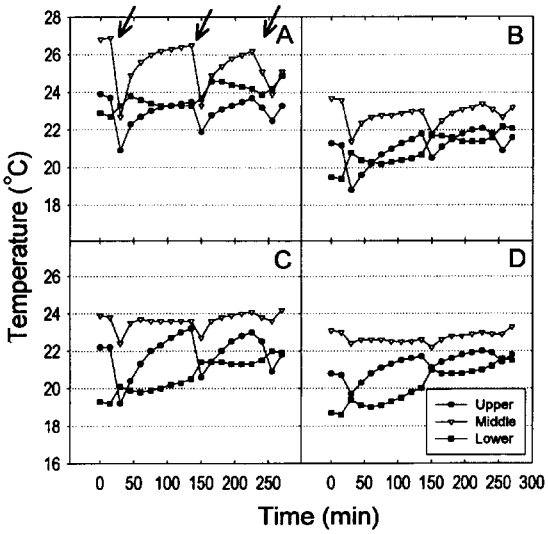

Fig. 4. Effects of installing ventilation pipes on changes in sprout commodity temperature as measured at different height of container. The number of ventilation pipes installed in a cultivation container was 0 (A), 1 (B), 3 (C), and 5 (D).

관수는 재배용기 내부 높이별로 상이한 콩나물 품온의 변화를 가져왔는데 관수에 의한 콩나물 품온의 저하 효과는 중부에서 가장 높았고, 상부-중부보다 낮은 품온이 유지되던 하부에서는 오히려 관수에 의하여 품온이 증대함을 알 수 있었다. 이는 관수시 상부 및 중부의 높은 품온이 관수에 의하여 하부로 이동하고 있으며 본 실험에서의 관수량이 하부의 품온을 적절히 저하시키기에는 부족했던 때문인 것으로 생각된다. 이러한 상부-중부-하부의 온도 편차는 재배용기가 크고 높을수록 심화될 것이며 따라서 콩나물의 관수 간격 및 관수시간과 단위 시간당 관수량 등 관수 조건 설정시 재배 용기내부의 균일한 온도 유지를 위해서는 재배용기의 크기, 특히 높이 및 재배용기 하부에서 생장중인 콩나물의 품온 변화가 반드시 고려되어야 할 것으로 사료된다.

콩나물 성상, 수율, 상품성율 및 부패율

환기봉 설치에 따른 콩나물 생장을 생체중 증가로 살펴본 결과 Table 1과 같이 재배 6일 경과시 3개의 환기봉 설치로 3.9%의 생체중 증가가 있었으나, 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 콩나물의 성상은 환기봉에 의해 영향을 받아 콩나물의 전체 길이는 환기봉 3개의 설치시 무처리보다 18.2%의 증가를 나타냈는데, 콩나물의 배축 길이 보다는 뿌리 부위에서 뚜렷한 증가가 나타났다. 관수 간격을 넓혔을 때 뿌리의 발생이 많았다는 보고(Park과 Kim, 1998)를 고려해 볼 때, 이러한 뿌리 부위의 길이 증가는 환

Table 1. Effects of ventilation pipes on growth of soybean sprouts

Number of pipes	Changes in fresh weight of soybean sprouts (g/container)[z]						Growth of soybean sprouts[z]		
	1DAGy	2DAG	3DAG	4DAG	5DAG	6DAG	hypocotyl length (mm)	root length (cm)	Total length (cm)
control	2,095[a]	2,432[a]	3,062[a]	4,131[a]	5,457[a]	6,624[a]	11.35[a]	9.81[c]	21.16[c]
1	2,058[a]	2,409[a]	3,055[a]	4,143[a]	5,514[a]	6,776[a]	11.56[a]	11.18[bc]	22.74[bc]
3	2,084[a]	2,428[a]	3,060[a]	4,161[a]	5,551[a]	6,882[a]	11.68[a]	13.34[a]	25.02[a]
5	2,084[a]	2,434[a]	3,084[a]	4,169[a]	5,495[a]	6,733[a]	11.76[a]	10.85[c]	22.61[c]

[z]Means within column followed by same letters are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.
[y]DAG: Days after germination (days)

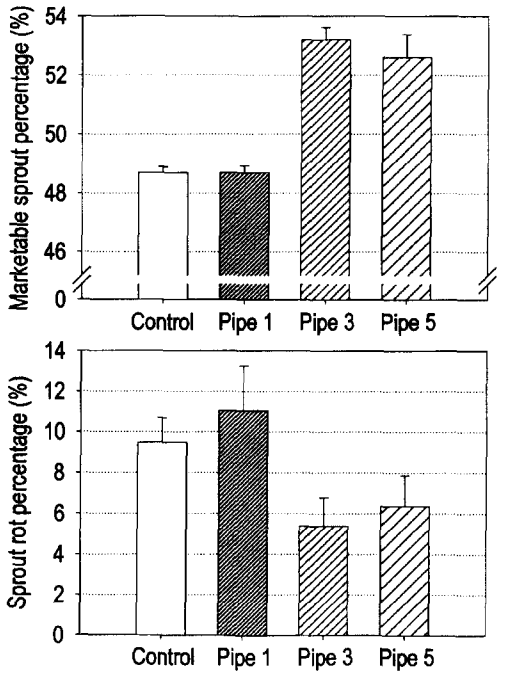

Fig. 5. Effects of ventilation pipes on marketable sprout (A) and rot (B) percentage of soybean sprouts harvested after 6 days of cultivation.

기봉에 의하여 재배 용기 내부의 습도가 저하되었기 때문인 것으로 사료된다. 수확된 콩나물을 상품성 유무에 따라 선별하여 상품성 개체 비율을 측정한 결과, Fig. 5A와 같이 무처리 48.7%에 비해 환기봉 3개, 5개 설치시 각각 53.2%, 52.6%로 증가한 것으로 나타났다. 이러한 환기봉에 의한 상품성 개체 비율의 증가는 관행 재배용기에 담긴 채로 유통되는 '통콩나물' 형태로 출하할 경우에 비해 상품성 개체만을 선별하여 출하하는 '포장 콩나물' 형태로 출하시 소득 증대 효과가 뚜렷할 것으로 생각된다. 환기봉은 수확된 콩나물의 부패율 경감에도 효과적인 것으로 나타났는데(Fig. 5B), 이러한 부패율 경감이 Fig. 5A에 나타난 상품성 개체 비율의 증가에 직접적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 재배 용기 내에 환기봉을 설치함으로써 내부 온도를 저하시킬 수 있으며 농약의 사용 없이 부패율의 경감 및 상품성 개체 비율의 증대 등 콩나물의 수량 증대가 가능함을 알 수 있었다.

Literature cited

1. Bae, K-G., Yeo, I-K. and Y-H. Hwang. 1999. Methods of water supply of growth technology on best soybean sprouts. Kor. Soybean Digest. 16(2):57-63.
2. Kim, D-H., Choi, H-S. and W-J. Kim. 1990. Comparison study of germination and cooling rate of several soybean varieties. Kor. J. Food Sci. Technol. 22(1):94-98.
3. Lee, Y-S, Kang, C-S. and Y-S. Lee. 1999. Effects of chitosan on production and rot control of soybean (*Glycine max* L.) sprouts. Kor. J. Crop Sci. 44(4):368-372
4. Myung, I.S. 1987. The causes of soybean sprouts rot and its control. Master Thesis, Korea University.
5. Oh, B.J. and W.M. Park. 1996. Histopathological observation and identification of Fusarium spp. causing soybean sprouts rot. Kor. J. Plant Pathol. 12(4):471-475.
6. Pak, J.C., Song, W.Y. and H.M. Kim. 1997. Occurrence of bacterial soft rot soybean sprout caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Kor. J. Plant Pathol. 13(1):13-17.
7. Park, M.H., Kim, D.C., Kim, B.S. and B. Namgoon, 1995. Studies on pollution-free soybean sprout production and circulation market improvement. Kor. Soybean Digest. 12(1):51-67.
8. Park, W-M. and J-H. Kim. 1998. Effects of watering on yield of soybean sprout. Kor. Soybean Digest. 15(1):46-57.
9. Shin, D-H. and W. Choi. 1996. Comparison of growth characteristics of soybean sprouts cultivated by three methods. Kor. J. Food Sci. Tech. 28(2):240-245.
10. Suh, S-K., Kim, H-S., Jo, S-K., Oh, Y-J., Kim, S-D. and Y-S. Jang. 1995a. Effect of different cultural conditions on growing characteristics of soybean sprouts. Kor. Soybean Digest. 12(1):75-84.
11. Suh, S-K., Kim, K-H., Kim, H-S., Oh, Y-J., Kim, S-D. and Y-S. Jang. 1995b. Effects of storage periods on germinability and characteristics of soybean-sprouts in soybean. Kor. Soybean Digest. 12(2):49-55.

환기봉을 이용한 재배용기 내부 콩나물 품온 저하 및 부패 경감

이영상
순천향대학교 생명과학부

적 요

재배중인 콩나물의 용기 내 품온의 저하 및 부패 경감을 통하여 콩나물 생산성을 증대코자 콩나물 재배용기(30×28×25 cm) 내부에 다공성 PVC 환기봉(지름 32 mm×높이 25 cm; 128개의 지름 2 mm 환기구)을 1, 3, 5개씩 수직방향으로 설치하고 6일간 콩나물을 재배하며 품온의 변화 및 수량, 상품성 개체비율, 부패율 등을 조사한 결과 환기봉 설치에 의하여 용기 내부의 온도가 저하됨을 알 수 있었는데, 특히 바닥에서 5 cm 높이의 하층 및 10 cm 높이의 중층 부위가 15 cm 상층 부위(3.0°C)에서보다 효율적으로 온도가 저하되어 각각 4.7°C 및 3.9°C의 온도 저하 효과가 나타났으며, 용기 내부 상/중/하층의 온도 편차가 감소되어 균일한 콩나물 생산이 가능할 것으로 사료되며 수확된 콩나물의 성상 및 수량 조사결과 수율과 상품성 개체 비율이 무처리에 비해 각각 3.9%, 4.0% 증대되고 부패율은 4% 감소되는 등 콩나물 재배시 환기봉을 사용함으로써 농약을 사용치 않으면서 콩나물의 재배 용기 내 품온 저하를 통한 부패 경감과 콩나물 생산성 향상이 가능할 것으로 나타났다.

주제어 : 부패율, 상품성 개체비율, 재배용기, 품온 저하, 환기