

최 종
연구보고서

환경친화형 고부가 청정콩나물의
다량생산 기술개발

Culture Development of Clean Soybean Sprout
for its Commercial Production and Higher Profit

연 구 기 관
경 상 대 학 교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “환경친화형 고부가 청정콩나물의 다량생산 기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 11. 15

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 강 진 호

세부연구책임자 : 김 희 규

연 구 원 : 최 진 룡

연 구 원 : 김 행 석

연 구 원 : 장 계 현

연 구 원 : 송 경 아

연 구 원 : 김 동 길

연 구 원 : 심 창 기

요 약 문

I. 제 목

환경친화형 고부가 청정콩나물의 다량생산 기술개발

II. 연구개발의 필요성 및 목적

1. 연구개발의 필요성 : 콩나물은 인체에 필요한 무기성분과 필수 영양분을 함유하고 있어서 우리나라에서는 식품으로서 중요한 위치를 차지하고 있을 뿐만 아니라 수요도 많은 편이다. 현재 국내에는 4,000여개의 콩나물 생산업체가 연간 7,000억원 정도를 생산·판매하고 있는 것으로 추정되고 있으며, 동물성 영양급원을 대체할 수 식품으로써 콩나물 소비는 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있다. 이러한 전망에도 불구하고 규모가 큰 일부 회사를 제외하고는 생산업체가 영세하기 때문에 콩나물에 생산에 대한 기술개발은 부진한 편이라 할 수 있어 양질의 콩나물을 소비자에게 공급함과 아울러 부가가치를 높이기 위하여는 콩나물 생산에서의 문제점을 극복하여야만 한다.

이와 같이 내수시장의 규모가 크고 식단에서 차지하는 비중이 높음에도 불구하고 콩나물 생산에서는 여러 가지 문제점을 노출하고 있다. 양질의 콩나물을 공급함과 아울러 생산 콩나물의 부가가치를 높이기 위하여 해결하여야 할 문제점은 ① 생산과정에서의 부패와 이로 인한 농약의 살포, ② 재배 후기에 일제히 발생하는 세균의 형성을 억제하기 위한 과도한 생장조절제의 투입, ③ 표준이 될 수 있는 재배모형의 미확립으로 인한 기술력 부족으로 이상의 문제점에 효과적으로 대처할 수 없을 뿐만 아니라 장비 및 설비 개발이 부진하여 노동력의 과도한 투입, ④ 생산공정의 미확립으로 파생되는 상품성에 대한 연구 부진으로 집약되고 있다.

콩나물 생산에서 이러한 문제점을 극복하기 위하여는 기술적 측면에서 청정콩나물을 생산하기 위한 주요 부패균을 환경친화적으로 억제할 수 있는 기술, 세균형성 억제용으로 이용되고 있는 생장조절제 benzyladenopurine (BA) 처리량을 대폭 경감시키거나 이를 대체할 수 있는 물질의 개발과 이러한 문제점을 효과적으로 극복할 수 있는 생산공정의 표준화가 이루어져야 할 것이다. 이를 통하여 콩나물의 안정적 소

비와 부가가치 창출, 생산기술의 모형화를 통한 노동력과 시설투자 경감과 재배 장비 및 설비 개발, 나아가 이를 통한 기업의 이윤이 극대화될 수 있을 것이다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 청정콩나물의 다량생산 기술이 개발된다면 그 파급 효과는 아주 클 것으로 예상된다.

2. 연구개발의 목적 : 콩나물 생산에서 이상의 문제점을 극복하여 생산수율과 상품성을 극대화하고자 상면살수 방식으로 시험을 수행하여 이미 특허등록된 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호; Fig. 2)” (강진호 등, 2003a)과 빛처리 장치 (다용도 빛처리기; 실용신안 제 0260123호; Photo. 2, left-sided) [(주)좋은인상 & 강진호, 2001]를 이용하여 콩나물의 생산과 관련된 부패와 세균형성 억제, 부패원인균의 분리 및 동태추적, 세균발생 억제기능과 기능성 물질을 함유한 인돌비 대체물질 개발, 상면살수 방식에서의 특허모형을 활용하여 하면담수 방식의 재배모형을 도출하고 상기 상면살수 방식의 재배모형을 개선하여 고품질의 고부가가치 콩나물을 생산할 수 있도록 콩나물의 다량생산에 관한 총체적 기술을 개발하는데 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

상기 연구의 필요성 및 목적에서 언급한 바와 같이 콩나물 생산에서의 문제점을 극복하여 생산수율과 상품성을 극대화하기 위한 상면살수 방식의 재배모형의 개선과 이를 이용한 하면담수 방식의 재배모형을 설정하는 데에 연구목적이 있다. 콩나물의 생산은 침종, aeration, 재배로 이루어진다. 그러나 특허등록된 상면살수 방식의 재배모형은 부패를 방지하기 위한 종자소독으로 침종전 acetic acid 또는 propionic acid 처리를 추가하여 종자소독, 세균형성 억제용 BA 처리를 겸한 침종, 빛처리를 포함한 aeration, 재배의 4단계를 유기적으로 결합하는 방식이었다. 이러한 방식이 최근에 설비기술의 발달로 재배에 도입되고 있는 하면담수 방식에도 적용될 수 있는가를 점검할 필요가 있으며 필요하다면 이를 개선하여야만 할 것이다. 따라서 기존의 특허등록 모형을 변형하여 하면담수 방식에 적용시킬 수 있는 모형을 설정하고 부패를 방지하기 위한 종자소독을 대체할 수 있는 방법, 세균형성 억제용 BA 처리를 겸한 침

중과 빛처리를 포함한 aeration 방법의 개선을 통한 재배 모형을 최적화하는 연구를 하는데 범위를 한정하였다.

한편으로는 생산업체에 치명적인 경제적 손실을 가하는 부패를 방지하기 위한 기술의 개발은 부패원인균을 분리·동정하여 재배모형에 적용 가능하도록 부패를 방제하는 기술을 확립하는 것이다. 따라서 본 과제는 재배의 모형화와 이의 개선과 부패를 방제하는 기술을 확립하는 방법으로 분리하여 추진하였다. 이를 위한 연구 범위와 내용을 간략히 요약하면 다음과 같다.

1. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발

가. 상면살수 방식 생산모형 : 기존 특허등록 모형의 개선

나. 하면담수식 생산모형 설정

- 1) 종자정선용 수침 효과 : 종자 정선용 水浸 방법 설정, 水浸과 종자소독 비교
- 2) 침종방법 설정
- 3) BA 처리 및 처리량 경감방법 설정 : 수분 흡수율 측정, BA 처리시기 및 농도, 타제품 특성 조사, BA 투입량 추정, BA 및 빛처리 유무 효과 측정
- 4) 침종 및 aeration 방법설정 : 온도 및 기간
- 5) 최적 관수방법 설정 : 관수 간격 및 시간
- 6) 온도변화 및 조절방법 설정 : 상면살수 및 하면담수 방식의 재배기간중 온도 변화, 온도하강 방법 설정 (가습기, 물흡입 및 팬)

다. 기능성 및 세균발생 억제 검용물질 개발

- 1) 대체물질 선발
- 2) 두충잎 추출물 최적 처리방법 설정 : 처리농도, 재배일수
- 3) 시제품 개발 : 정제 및 저장 효과, 시제품 개발

라. 빛처리 방법 개선

- 1) LED 대체광원 평가 : Spectrum 측정, 침종 및 재배중 빛처리의 영향, LED 대체광원용 형광등 평가, 처리 효과 비교
- 2) 대체광원의 처리방법 설정 : 처리기간, 광도, 빛처리기 개작 및 시제품 개발, 처리효과 평가

마. 주요 결과별 생산수율 및 상품성 분석 : 생장조절제 (BA) 및 빛처리 유무에 따른 상품성 비교

바. 생산모형의 도출 및 보완

1) 생산모형 도출과 확인시험

2) 물리적 처리에 따른 생장조절 탐색 : 재배통 흔들음 회수 및 시기, 재배통 상호 교호 및 압착

2. 부패방지 기술개발

가. 부패병원균의 분리 및 동태확인

나. 부패 방제방법 설정

1) 환경친화형 방제방법설정

가) 천연물에서 탄저병균 억제물질 선별

나) 열처리에 따른 억제효과 검증 : 병원균 내성 검증 및 사멸 효과 검증, 콩나물 생장 조사

2) 생산모형에의 적용 : 실험실과 다량생산

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발의 결과

본 과제는 “환경친화형 고부가 청정콩나물의 다량생산 기술개발”이라는 과제로 특허등록된 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발, 부패방지 기술개발의 2개 소과제로 분리하여 진행되었다. 소과제별로 수행된 일련의 시험들로부터 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발

상면살수 방식을 통하여 도출된 결과를 특허등록한 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호)”를 개선하여 상면살수 및 하면담수 방식 모두 적용할 수 있는 재배모형은 Fig. 1과 같다. 콩나물 생산업체에서 근무자의 근무시간 범위 내에서 수용 가능한 재배모형은 부패의 원인이 되는 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시켜 끄

는 종자를 건져내면서 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 7일간 재배하는 일련의 과정으로 요약된다.

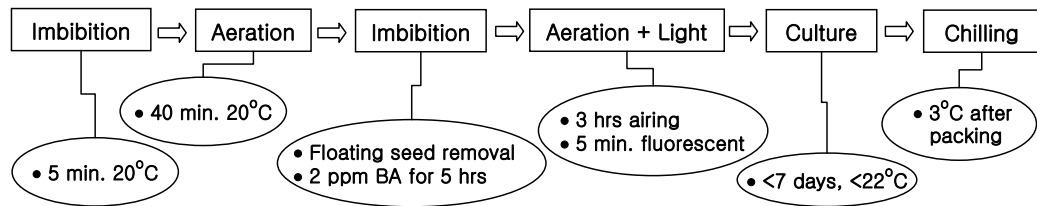


Fig. 1. Proposed model in overspraying and underwatering system of soybean sprout production.

그러나 상기 모형에서 종자정선용 水浸은 Fig. 2의 상면살수 방식 재배모형에서 제시된 0.1% acetic 또는 propionic acid에 2분간 행하는 종자소독 또는 제 2세부과제에서 도출한 습열처리 (60°C ~ 65°C, 5분간) 방법으로 대체할 수 있다. 상기 모형에서는 콩나물의 90% 정도가 단체급식용으로 소비되고 있기 때문에 BA 사용에 대한 규제가 없는 단체급식용 콩나물은 생산수율을 고려할 경우 2 ppm BA 용액에 침종하는 방법을 활용하는 것도 가능하다. 그러나 친환경농산물 인증 무농약콩나물은 세균형성 억제용 BA를 사용할 수 없어 빛처리 효과가 소멸되기 때문에 水浸을 이용한 종자정선 후 5시간 침종시킨 종자를 바로 재배통에 치상하여 관수하는 변형된 방법을 적용할 수도 있다. 한편 상면살수 방식에서는 재배통을 재배 시작 3일까지 1일 5회 정도 흔들어 줌으로서 콩나물의 형태를 곡선형으로 만들어 소비자의 선호도를 높일 수 있다.

나. 부패방지 기술개발

시판중인 콩나물 부패증상으로부터 분리된 진균 5종 중 탄저병균 (*C. gloeosporioides*)의 병원성이 강하였고, 나머지 진균 4종 및 세균 3종은 병원성이 극히 미약하였다. 콩나물 재배시 온도조건에 따른 탄저병 발생은 재배온도 32°C에서는 발병하지 않았고, 22~27°C 범위에서는 발병이 심하였고 17°C에서는 발병이 지연되

어 재배 6일째에 발생이 시작되었다.

콩나물 부패방지를 위하여 선발된 천연물 (목초액, 소석회수, 프로폴리스)을 각각 단독처리 및 조합처리한 결과 모두 탄저병에 대한 방제효과는 다소 인정되었다. 열처리에 따른 탄저병균 억제효과는 건열처리 (65℃, 30분)로는 탄저병균 억제가 어려웠으나, 습열처리 조건 (55℃, 20분)하에서는 콩나물 탄저병균이 모두 사멸되었다. 그리고 나물콩 발아 및 하베축 성장 장애가 없는 범위에서 습열처리 (60℃~65℃, 5분간)하여 탄저병 발생 없이 안정적인 콩나물 재배가 가능하였다. 더욱이 콩나물 부패증상에서 분리된 세균 역시 같은 처리조건 하에서 사멸되었으므로 콩나물 유통기간 중에 보존성도 향상될 것이다. 이러한 시험결과를 소규모 콩나물 생산 모형에 적용한 바 전체 처리구에서 탄저병이 발생하지 않았고, 무처리구에서는 탄저병이 발생하였다. 이런 결과를 바탕으로 다량생산 모형에 적용하여 부패방제방법을 확립하였다.

2. 연구개발의 활용

본 과제에서 도출된 연구결과는 많은 분야에 이용 또는 응용될 수 있다. 그러나 크게는 아래 분야에 바로 적용될 수 있을 것으로 평가된다.

가. 콩나물 생산회사 : 콩나물 내수시장은 규모가 크다고 할지라도 생산업체는 아주 영세한 실정이다. 이러한 연유로 생산업체별 콩나물 생산기술은 업체마다 다를 뿐만 아니라 콩나물 생산에서 문제점으로 지적되고 있는 부패와 세균형성을 억제할 수 있는 기술을 자력으로 개발하는 것은 더더욱 어렵다. 생산업체의 수익성은 생산단가를 포함한 생산수율과 생산된 제품의 상품성을 높이고 생산단가를 낮추는 것에 달려 있다. 따라서 부패를 방지하고 BA와 노동력의 투입을 줄이면서도 생산수율을 높일 수 있는 상면살수 방식과 하면담수 방식 모두에 적용할 수 있는 상기 재배모형을 영세한 콩나물 생산업체의 제품 생산에 바로 적용할 수 있을 것이다.

나. 시험연구기관 : 생산과정을 표준화한다면 기술의 발전속도는 가속화될 수 있다. 이미 특허등록된 재배모형과 이를 이용한 상면살수 및 하면담수 방식 모두에 적용할 수 있는 재배모형을 더욱 일목요연하게 모형화 시켜 다른 연구 또는 기술개발에 활용한다면 빠른 속도로 타연구를 진행시킬 수 있다. 따라서 제시된 재배 모형을 이용하여 시험연구기관 또는 규모가 큰 업체서 연구를 수행한다면 연구의 효율화 뿐만 아니라 더욱 개선된 모형을 도출하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

SUMMARY

1. Culture model reformation and development for higher profit soybean sprout production : Soybean sprout should be one of the favorite foods. Its decaying and lateral root formation during its culture were serious problems to be overcome. Standard model for its production to control them were necessary. The study was done to reform the patented model for overspraying method in its production and develop the new models for both overspraying and underwatering methods. The results were as follows.

A production model to do within the working hours of its production company was summarized; dried soybean seeds were soaked for 5 minutes before aerated for 40 minutes, floating seeds were removed at the beginning of 5 hour imbibition when the remaining seeds were soaked into 2 ppm BA solution, and then illuminated for 5 minutes with fluorescent light during 3 hour aeration immediately before 7 day culture. The cleaning step to remove the floating seeds could be replaced by the disinfection step, soaking the seeds into 0.1% acetic or propionic acids for 2 minutes as proposed in the previous patent (Patent No. 382558, Korea Patent Administration), and by immersion to 60~65°C hot water for 5 minutes as proposed in the below "Establishment of technology for preventing the soybean sprout rot incidence implemental to commercial production". For the friendly environmental soybean sprout product not to use the benzyladenopurine (BA), the seeds soaked into water for 5 hours after the seed cleaning or the disinfection could be placed and watered to the culture boxes or machines because light treatment effect disappeared without BA. Curved type of the sprouts preferred by its consumers was produced by five time agitation a day upto the third day in overspraying culture method producing erect type sprouts.

2. Establishment of technology for preventing the soybean sprout rot

incidence implemental to commercial production : Anthracnose fungus was most pathogenic on soybean sprout, of the 5 fungi isolated from rotten sprout on market. Other fungi and 3 bacterial strains were weakly parasitic. Sprout rot incidence was affected by temperature conditions : no disease developed at 32°C, severe infection at the range of 22~27°C and at 17°C, disease incidence was delayed until 6th days of cultivation. Pyroligneous acid, calcium salts and propolis, treated either alone or in combination, proved to be somewhat effective, but, of little practical value. Dry heat applied even at as high as 65°C for 30min. was not effective at all to eliminate *C. gloeosporioides*. Hot water treatment, at elevated temperature of 55°C for 20 minutes, did eliminate the pathogen.

Based on the marginal condition allowing normal seedlot germination and hypocotyl growth, we have optimized the wet heat treatment scheme for 5 minutes at 60°C ~65°C. This scheme was validated, at small to large scale production system, that surely ruled out the possible carry over of the bacterial contaminant from seedlots. This result should improve the shelf-life of soybean sprout on the market.

CONTENTS

Summary	2
Chapter 1. Introduction	12
I. Subject of research	12
II. Necessary of research	13
III. Ranges and contents of research	13
Chapter 2. Situation of international technology development	16
I. Situation of international technology development	16
II. Further vision	20
Chapter 3. Research results	23
Section 1. Culture model reformation and development for higher profit soybean sprout production	23
Section 2. Establishment of technology for preventing the soybean sprout rot incidence implemental to commercial production	124
Chapter 4. Achievement or contribution for related field	143
I. Achievement	143
II. Contribution	144
Chapter 5. Application plan for the results	147
I. Further study	147
II. Application plan	147
III. Commercialization	148
Chapter 6. Information of international technology collected	150
Chapter 7. References	152

목 차

요약문	2
Summary	8
제 1장 연구개발과제의 개요	12
I. 연구개발의 필요성	12
II. 연구의 목적	13
III. 연구의 범위와 내용	13
제 2장 국내외 기술개발 현황	16
I. 국내·외 기술개발 현황	16
II. 연구결과의 위치 및 활용	20
제 3장 연구개발수행 내용 및 결과	23
제 1절 생산공장용 재배 및 저장 모형 설정	23
제 2절 부패방지 기술개발	124
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	143
I. 목표달성도	143
II. 관련분야에의 기여도	144
제 5장 연구개발결과의 활용계획	147
I. 추가연구의 필요성	147
II. 타 사업에의 응용	147
III. 기업화 추진방향	148
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	150
제 7장 참고문헌	152

제 1장 연구개발과제의 개요

I. 연구개발의 필요성

콩나물은 인체에 필요한 무기성분과 필수 영양분을 함유하고 있어서 우리나라에서는 식품으로서 중요한 위치를 차지하고 있을 뿐만 아니라 수요도 많은 편이다. 현재 국내에는 4,000여개의 콩나물 생산업체가 연간 7,000억원 정도를 생산·판매하고 있는 것으로 추정되고 있으며, 동물성 영양급원을 대체할 수 식품으로써 콩나물 소비는 꾸준히 증가될 것으로 예측되고 있다. 이러한 전망에도 불구하고 규모가 큰 일부 회사를 제외하고는 생산업체가 영세하기 때문에 콩나물에 생산에 대한 기술개발은 부진한 편이라 할 수 있어 양질의 콩나물을 소비자에게 공급함과 아울러 부가가치를 높이기 위하여는 콩나물 생산에서의 문제점을 극복하여야만 한다.

이와 같이 내수시장의 규모가 크고 식단에서 차지하는 비중이 높음에도 불구하고 콩나물 생산에서는 여러 가지 문제점을 노출하고 있다. 양질의 콩나물을 공급함과 아울러 생산 콩나물의 부가가치를 높이기 위하여 해결하여야 할 문제점은 ① 생산과정에서의 부패와 이로 인한 농약의 살포, ② 재배 후기에 일제히 발생하는 세균의 형성을 억제하기 위한 과도한 성장조절제의 투입, ③ 표준이 될 수 있는 재배모형의 미확립으로 인한 기술력 부족으로 이상의 문제점에 효과적으로 대처할 수 없을 뿐만 아니라 장비 및 설비 개발이 부진하여 노동력의 과다한 투입, ④ 생산공정의 미확립으로 파생되는 상품성에 대한 연구 부진으로 집약되고 있다.

이러한 문제점에 대한 기술개발의 전제조건은 ① 생산수율과 상품성을 향상 내지 유지시키면서도 생산단가를 낮추어 상품의 경쟁력을 높일 수 있는 저투입 기술, ② 인체에 무해한 농약, 성장조절제 및 기타 화학제에 의존하지 않는 기술, ③ 많은 물을 사용하여 콩나물을 생산하기 때문에 환경친화적인 기술, ④ 판매를 촉진하기 위하여 소비자의 선호도를 높일 수 있는 기술이어야 한다.

콩나물 생산에서 이러한 전제조건을 수용하면서도 문제점을 극복하기 위하여는 기술적 측면에서 청정콩나물을 생산하기 위한 주요 부패균을 환경친화적으로 억제할 수 있는 기술, 세균형성 억제용으로 이용되고 있는 성장조절제 BA 처리량을 대폭 경감시키거나 이를 대체할 수 있는 물질의 개발과 이러한 문제점을 효과적으로 극복할 수 있는 생산공정의 표준이 될 수 있는 기술의 개발이 이루어져야 할 것이다. 이

를 통하여 콩나물의 안정적 소비와 부가가치 창출, 생산기술의 모형화를 통한 노동력과 시설투자 경감 및 재배 장비 및 설비 개발, 나아가 이를 통한 기업의 이윤이 극대화될 수 있을 것이다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 청정콩나물의 다량생산 기술이 개발된다면 그 파급효과는 아주 클 것으로 예상된다.

II. 연구개발의 목적

콩나물 생산에서 이상의 문제점을 극복하여 생산수율과 상품성을 극대화하고자 이미 상면살수 방식으로 시험을 수행하여 특허등록된 진행된 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호; Fig. 2)” (강진호 등, 2003a)과 빛처리 장치 (다용도 빛처리기; 실용신안 제 0260123호; Photo. 2, left-sided) [(주)좋은인상 & 강진호, 2001]를 이용하여 콩나물의 생산과 관련된 부패와 세균형성 억제, 부패원인균의 분리 및 동태추적, 세균발생 억제기능과 기능성 물질을 함유한 인돌비 대체물질 개발, 상면살수 방식에서의 특허등록 모형을 활용하여 하면담수 방식의 재배모형을 도출하고 상기 상면살수 방식의 재배모형을 개선하여 고품질의 고부가가치 콩나물을 생산할 수 있도록 콩나물의 다량생산에 관한 총체적 기술을 개발하는데 있다.

III. 연구개발의 범위 및 내용

상기 연구의 필요성 및 목적에서 언급한 바와 같이 콩나물 생산에서의 문제점을 극복하여 생산수율과 상품성을 극대화하기 위한 상면살수 방식의 재배모형의 개선과 이를 이용한 하면담수 방식의 재배모형을 설정하는 데에 있다. 콩나물의 생산은 침종, aeration, 재배로 이루어진다. 그러나 특허등록된 상면살수 방식의 재배모형은 부패를 방지하기 위한 종자소독으로 침종전 acetic acid 또는 propionic acid 처리를 추가하여 종자소독, 세균형성 억제용 BA 처리를 겸한 침종, 빛처리를 포함한 aeration, 재배의 4단계를 유기적으로 결합하는 방식이었다. 이러한 방식이 최근에 설비기술의 발달로 재배에 도입되고 있는 하면담수 방식에도 적용될 수 있는가를 점검할 필요가 있으며 필요하다면 이를 개선하여야만 할 것이다. 따라서 기존의 특허등록 모형을 변형하여 하면담수 방식에 적용시킬 수 있는 모형을 설정하고 부패를 방지하기 위한 종자소독을 대체할 수 있는 방법, 세균형성 억제용 BA 처리를 겸한 침종과 빛처리

를 포함한 aeration 방법의 개선을 통한 재배 모형을 최적화하는 연구를 하는데 범위를 한정하였다.

한편으로는 생산업체에 치명적인 경제적 손실을 가하는 부패를 방지하기 위한 기술의 개발은 부패원인균을 분리·동정하여 재배모형에 적용 가능하도록 부패를 방지하는 기술을 확립하는 것이다. 따라서 본 과제는 재배의 모형화와 이의 개선과 부패를 방지하는 기술을 확립하는 방법으로 분리하여 추진하였다. 이를 위한 연구 범위와 내용을 간략히 요약하면 다음과 같다.

1. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발

가. 상면살수 방식 생산모형 : 기존특허등록 모형의 개선

나. 하면담수식 생산모형 설정

- 1) 종자정선용 수침 효과 : 종자 정선용 水浸 방법 설정, 水浸과 종자소독 비교
- 2) 침종방법 설정
- 3) BA 처리 및 처리량 경감방법 설정 : 수분 흡수율 측정, BA 처리시기 및 농도, 타제품 특성 조사, BA 투입량 추정, BA 및 빛처리 유무 효과 측정
- 4) 침종 및 aeration 방법설정 : 온도 및 기간
- 5) 최적 관수방법 설정 : 관수 간격 및 시간
- 6) 온도변화 및 조절방법 설정 : 상면살수 및 하면담수 방식의 재배기간중 온도 변화, 온도하강 방법 설정 (가습기, 물흡림 및 팬)

다. 기능성 및 세균발생 억제 검용물질 개발

- 1) 대체물질 선발
- 2) 두충잎 추출물 최적 처리방법 설정 : 처리농도, 재배일수
- 3) 시제품 개발 : 정제 및 저장 효과, 시제품 개발

라. 빛처리 방법 개선

- 1) LED 대체광원 평가 : Spectrum 측정, 침종 및 재배중 빛처리의 영향, LED 대체광원용 형광등 평가, 처리 효과 비교
- 2) 대체광원의 처리방법 설정 : 처리기간, 광도, 빛처리기 개작 및 시제품 개발, 처리효과 평가

마. 주요 결과별 생산수율 및 상품성 분석 : 생장조절제 (BA) 및 빛처리 유무에 따른 상품성 비교

바. 생산모형의 도출 및 보완

1) 생산모형 도출과 확인시험

2) 물리적 처리에 따른 생장조절 탐색 : 재배통 흔들음 회수 및 시기, 재배통 상하 교호 및 압착

2. 부패방지 기술개발

가. 부패병원균의 분리 및 동태확인

1) 부패원인균의 분리·동정

2) 재배모형의 처리에 따른 동태조사

나. 부패 방제방법 설정

1) 환경친화형 방제방법설정

가) 천연물에서 탄저병원균 억제물질 선별

나) 열처리에 따른 억제효과 검정 : 병원균 내성 검정 및 사멸 효과 검정

(1) 열에 대한 병원균의 내성 검정

(2) 열처리에 의한 콩나물 생장 조사

(3) 부생성 세균 사멸효과 조사

2) 생산모형에의 적용 : 실험실과 다량생산

제 2장 국내외 기술개발 현황

I. 국내·외 기술개발 현황

콩나물은 인체에 필요한 식물성 영양소들을 많이 확보하고 있어서 오래 전부터 우리 선조들이 많이 이용하여 왔다. 이러한 특성을 갖고 있는 콩나물이 계절에 관계 없이 이용되어 오고 있다고 하나, 채소의 공급이 원활치 못한 겨울철 비타민 C 등 중요한 영양 공급원으로 기능하여 왔다. 콩나물과 용도가 유사한 숙주나물은 인구가 많은 일본, 중국, 인도 및 유럽 등에서 주로 이용하고 있는 반면, 콩나물은 우리나라에서 주로 이용되고 있다. 이러한 배경 때문에 콩나물에 대한 연구는 우리나라에서 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 이로 인하여 콩나물에 대한 연구는 일부 특정 분야를 제외하고는 우리나라가 앞서 가고 있다고 할 수 있다. 국내·외에서 수행된 콩나물에 관한 연구를 콩나물의 재배과정과 연결하여 정리하면 다음과 같다.

먼저 건조 원료콩의 침종은 침종과 세균형성 억제를 위한 BA 처리와 분리 또는 동시에 처리하는 방법으로 이루어지고 있다. 이전에는 imbibition injury를 방지하기 위하여 6시간 간격으로 건져서 공기중에 노출시키는 과정을 반복하여 24시간 침종시켰으나 (강충길 & 김영구, 1997; 박아정, 2000, Woodstock & Taylorson, 1981), 이러한 방법이 다량생산 체계에는 맞지 않아 현재는 5시간 내외로 침종기간을 줄여 재배하고 있다. 그러나 이러한 침종기간은 수화온도와 관련이 있어 침종온도가 높으면 침종기간이 단축되는 것으로 보고되고 있다 (김동연 등, 1988). 따라서 기업체인 콩나물 생산회사도 근로자의 근무시간을 고려하여 침종기간도 변화되어야 할 것이다.

세균형성을 억제하기 위하여 BA 처리량은 처리방법에 따라 달라진다. 침종과 분리하여 재배과정에서 분무형태로 처리할 경우 적정농도는 12.5~15.0 ppm인 반면, 침종단계에서 처리할 경우 4 ppm이 적정농도인 것으로 알려져 있다 (강충길 등, 1989a; 강충길 등, 1996; 강진호 등., 2003a). BA 처리량을 줄이기 위하여는 침종과 BA 처리를 동시에 행하여야만 한다. BA 처리량은 흡수량과 연관되어 일어나기 때문에 흡수가 많은 시기보다 흡수가 적은 시기에 처리하여야 줄일 수 있을 것이다. 흡수량에 관한 연구로는 김동연 등 (1988)은 공시품종의 대부분이 침종 시작 후 6시간 내외까지 급격히 흡수가 이루어지고 그 이후에는 흡수가 아주 완만한 것으로 보고한 바 있다. 한편 Kang 등 (2002)은 24시간 계속 특정 빛과 침종 말미에 BA를 처

리할 경우 처리량을 현저히 줄일 수 있었다고 보고하였으나 침종기간이 길고 soaking injury를 방지하기 위하여 주기적인 aeration이 필요하기 때문에 이를 생산 현장에 바로 적용시킬 수 없는 문제점을 가지고 있다 (Woodstock & Taylorson, 1981). 따라서 원료콩의 흡수형태와 기존의 연구를 활용하여 BA 처리기간을 단축하면서도 처리량을 대폭 줄일 수 있는 기술 개발이 부진한 상태에 있다.

세균형성 이외에 콩나물에서 제기되는 문제점은 재배과정에서 일어나는 부패이다. 콩나물의 부패는 여러 부패균이 관여하나 주로 병원성 세균인 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*가 미발아 종자의 부패를 야기하며, 미발아 종자의 부패로부터 가용성 양분이 유출되어 부패균의 생장에 적절한 환경이 조성되는 재배 말기에 *Pseudomonas putida* biovar. A의 밀도가 급격히 증가함으로서 일어나는 것으로 보고되고 있다 (박종철 등, 1997; 박원목 등, 1997). 이러한 균들이 관여함으로서 일어나는 콩나물의 부패는 침종이 이루어지기 전에 병원균에 자양분을 공급하는 미발아 종자의 발아율 향상과 정선으로 병원균의 침투를 줄이는 방법 (강진호 등, 2003a)과 미발아 종자 또는 성장중인 콩나물의 부패를 경감하기 위한 종자소독 방법 (최연식 & 박의호, 1996; 박종철 등, 1997; 박원목 등, 1997; 박의호 & 최연식, 1995)을 통하여 경감시킬 수 있는 보고되고 있으나, 생산현장에 적용 가능한 완벽한 기술은 아니다.

이와 더불어 발아율 향상을 향상시켜 부패를 줄이기 위한 연구로서 Kang 등 (2002)은 침종과정에서 청색광과 적색광 처리로 콩의 발아율은 향상되며, Tajiri (1981, 1982)도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다. 한편 미발아 종자 또는 성장중인 콩나물의 부패를 억제하기 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 이러한 방법중에서 식품첨가물을 이용한 방법으로 acetic acid와 propionic acid가 부패 관련균의 생장억제에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (최희돈 등, 2000; 최연식 & 박의호, 1996; 박의호 & 최연식, 1995). 이외에도 재배환경, 특히 온도의 엄격한 제어 (박무현 등, 1995), 침종 또는 재배중 오존수 (박규환 & 백인열, 2000), 지장수 (윤동준 등, 2004), 황토 (강정열 등, 2000), 키토산 (이유석 등, 1999), 게르마늄 (한성수 등, 1996) 또는 약용작물의 잎 추출물 (최상도 등, 2002; Owuor 등, 2000; Park, 2004; 류태석 등, 1999)을 처리하여 부패를 경감시키고, 나아가 기능성물질을 흡수시켜 양질의 콩나물 생산을 유도하고 있다. 그러나 이들 연구 결과가 생산수율과 상품성 이외에도 처리의 간편성이 주요 고려 대상인 콩나물 생산업체는 적용되지 못하고 있다.

BA 처리를 겸한 침종이 이루어진 종자는 aeration에 의하여 BA 처리효과가 극대화되는 것으로 알려져 있다 (강충길 등, 1996, 1997). 숙주나물에 대한 연구에서는 aeration 온도보다는 기간의 영향이 크며, 침종과 재배를 위한 첫관수까지는 4시간이 적절한 것으로 보고되고 있다 (강진호 등, 2004a). 그러나 콩나물에서 강충길 등 (1996)은 BA 처리 후 첫 관수까지 2시간정도 경과시켜야 BA 처리효과를 높일 수 있다고 보고하였으나 그 기간 이상의 처리에 대한 정보가 전혀 없는 실정이다. 그러므로 콩나물에서의 처리효과를 극대화하여 BA 처리량을 줄이기 위하여는 aeration에 대한 연구는 현재로서는 미완의 단계라 할 수 있다.

콩나물의 재배는 기존에 시루 위에서 물을 끼얹는 상면살수 방식으로 재배하여 왔다. 그러나 설비기술의 발달로 하면으로부터 물이 공급되는 하면담수 방식으로 전환되고 있다. 이러한 관수방식의 차이가 콩나물의 성장과 형태에 커다란 영향을 미치나 이에 대한 체계적인 연구는 부진한 상태이다. 배경근 등 (1999)은 3시간마다 15분간 관수하는 방식으로 재배할 경우 하면담수 방식보다 살수기가 왕복하는 상면살수 방식에서 발아속도, 생산수율 뿐만 아니라 재배통 내의 CO₂ 농도와 온도가 낮으며, 박원목 & 김정환 (1998)도 생산수율 및 온도변화에서 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다. 3시간 간격으로 관수간격을 같게 하여 2회 왕복 관수하는 상면살수 방식과 30초간 저면관수하는 하면담수 방식으로 숙주나물을 재배할 경우 재배통 내의 온도는 이와 반대의 결과가 보고되고 있어서 (강진호 등, 2004d) 관수 간격 및 시간에 따라 온도를 포함한 재배환경은 변화를 보일 것으로 예상되고 (김선립 등, 2000a, b; 박원목 & 김정환, 1998), 이러한 변화로 인하여 콩나물의 성장과 형태, 나아가 생산업체의 제품경쟁력에도 영향을 미칠 것으로 예측된다. 그러나 이들 시험의 대부분이 다량생산이 이루어지는 생산업체에서 행한 연구가 아니기 때문에 다량생산에 적용 가능한지는 추후 점검이 필요한 실정이다.

콩나물의 재배과정은 크게 부패를 경감하기 위한 종자소독 또는 정선, 세균형성억제를 위한 BA처리를 겸한 침종, BA 처리효과를 극대화하기 위한 aeration과 재배로 이어진다. 이상의 시험결과들이 종자소독 또는 정선, 침종, aeration과 재배의 전 단계를 연결시켜 콩나물을 생산할 경우 최선의 결과로 나타나야 생산현장에 접목 가능할 것이다. 콩나물 재배과정의 각단계를 조합하여 생산 모형을 설정하기 위한 시도가 강진호 등 (2003a)에 의하여 이루어진 바 있다. 제시된 생산 모형은 부패방지를 위하여 0.1% acetic acid와 propionic acid에 2분간 종자소독을 실시한 후 5.5시간 동

안 침종된 종자를 건져서 30분 동안 aeration이 4번 반복되는 침종과정의 마지막 단계에서 세균형성 억제를 위하여 4~8 ppm BA 용액에 침종한 다음 BA 처리효과를 극대화하기 위하여 3시간 동안 aeration 시켜 수확 당일까지 재배하는 방법이었다. 그러나 이러한 재배모형을 콩나물 생산업체의 생산공정에 적용시킨 결과 aeration까지의 처리 기간이 종업원의 근무시간인 9시간보다 길 뿐만 아니라 수입콩이 아닌 국산콩은 탈곡과 정선이 부실로 인한 미발아 종자가 많아 앞서 언급한 종자소독으로는 부패를 방지할 수 없는 문제점을 가지고 있었다. 그러므로 근로자의 근무시간을 고려하여 aeration까지 9시간 내로 처리가 이루어져야 할 뿐만 아니라 미발아 종자의 부패를 방지할 수 있는 대안을 포함한 콩나물의 재배모형이 설정되어야만 한다.

콩나물의 부패에 관여하는 균의 동정과 부패를 방지하기 위한 연구는 미진한 실정이다. 숙주나물의 부패는 *Colletotricum acutatum*이 야기하는 탄저병에 의하여 주로 일어나고 있는 것으로 보고되고 있다 (Kim 등, 2003). 그러나 콩나물의 부패는 병원성 세균인 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*가 미발아 종자의 부패를 야기하며, 이를 *Pseudomonas putida* biovar가 영양원으로 이용함으로써 부패가 심화되는 것으로 알려져 있으나 (박종철 등, 1997; 박원목 등, 1997), 이들 외에도 진균과 세균 등이 콩나물의 부패와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 숙주나물과는 달리 콩나물은 부패원인균이 완전히 동정된 상태는 아니라고 할 수 있다.

콩나물은 생산 후 식품으로 바로 이용되기 때문에 콩나물의 부패를 방제하기 위하여 다른 식물병과는 달리 농약을 사용할 수 없는 문제점이 있다. 콩나물 재배 과정 중 종자의 변색, 발아 저해, 자엽의 무름증상 및 하배축 신장이 억제되는 현상은 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 콩나물 세균성무름병 (박, 1997a), 하배축 뿌리에 갈색 수침상 병반은 부생세균, *Pseudomonas putida* biovar, A에 의한 콩나물 세균성 부패병이 알려져 있다 (박 등, 1997b). 근래에 이르러 진균에 의한 것은 연한갈색~진한갈색 반점을 보이는 *Collectotrichum truncatum* 및 *C. gloeosporioides*에 의한 콩나물 탄저병 이외에도 *Fusarium* spp. 및 *Alternaria* spp.도 부패에 관여하는 것으로 보고된 바 있다 (김 등, 2002).

이상과 같이 콩나물의 부패원인은 생물성인 것으로 이를 방제하기 위하여 acetic acid, propionic acid의 종자 침지처리에 의한 부패한 증식 억제 효과가 보고되어 있고 (박 & 최, 1995), 인산염을 이용한 산성수 (pH3)를 관수하여 콩나물재배시 부패병 방제효과가 높았던 것으로 알려져 있다 (박 등, 1997b). 미국 FDA는 종자위생처

리제로서 calcium hypochlorite (20,000 ppm) 처리를 추천하고 있을 정도이며, 콩나물 부패방지에 관한 연구결과는 주로 우리나라에서 주도적으로 이루어지고 있다. 그러나 이들 결과는 세균성 부패병일 경우에만 효과를 기대할 수 있는 방법이다. 이등 (2003)은 은행나무 줄기의 메탄올 추출액이 *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Trichoderma harzianum*에 대한 항균활성이 있음을 보고하였다. 유통중인 콩나물은 재배 특성상 병원균 증식에 유리한 다습 조건 하에서 생산되므로 나물콩의 종자의 소독기술을 개발하여야 할 뿐만 아니라 청정한 조건 하에서 재배 관리가 이루어져야만 한다.

본 연구진이 개발하여 공장생산용 모델에 적용한 방법은 종자처리에 의해서 관련 세균 및 탄저병균을 완벽히 살균하기 때문에 소비자들이 우려하고 있는 food-borne pathogen의 주요 유입원을 차단할 수 있을 뿐만 아니라 청정콩나물 생산이 가능하게 되어 가장 효율적 무농약 대량 생산방법을 실용화하는 데 크게 기여할 것이다.

II. 본 사업의 연구결과가 국내·외 기술개발에서의 위치 및 활용

상기 국내·외 기술개발 현황에서 설명한 바와 같이 생산수율과 상품성 향상을 위한 콩나물 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술, 청정콩나물을 생산하기 위한 부패방지 기술의 개발에 대한 연구는 아주 미약한 실정이다. 따라서 본 과제를 통하여 도출된 연구결과가 국내외 기술개발에서 차지하는 위치 및 활용을 간략히 요약하면 다음과 같다.

1. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발 : 콩나물의 생산은 여러 단계로 구성된다. 연구를 통하여 각단계별 최적처리 방법이 설정될 수 있을 것이나 이들 최적결과를 상호 연결시킨다면 최적의 생산공정으로 귀결되지 못하는 경우가 기존의 연구에서는 많았다. 생산수율과 상품성을 향상시켜 부가가치를 높일 수 있도록 상면살수 방식으로 도출된 기존의 특허등록 모형 (특허 제 0382558호)을 개선하여 상면살수 및 하면담수 방식 모두 적용할 수 있도록 본 과제에서 도출한 결과는 ① 부패의 원인이 되는 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시켜 뜨는 종자를 건져내면서 2 ppm BA 용액에 5시간 침중시킨 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 7일간 재배하는 일련의 과정으로 콩나물 생산업체에서 근무자의 근무시간 범위 내에서 수용 가능한 재배모형으로 요약된다.

상기 모형에서 종자정선용 水浸은 ② 특허등록된 상면살수 방식의 재배모형에서 제시된 0.1% acetic 또는 propionic acid에 2분간 행하는 종자소독 또는 ③ 제 2세부 과제의 연구를 통하여 제시된 습열처리 (60℃~65℃, 5분간)로 대체할 수 있다. 상기 모형에서는 콩나물의 90% 정도가 단체급식용으로 소비되고 있기 때문에 ④ BA 사용에 대한 규제가 없는 단체급식용 콩나물은 생산수율을 고려할 경우 2 ppm BA 용액에 침중하는 방법을 활용하는 것도 가능하다. 그러나 ⑤ 친환경농산물 인증 무농약콩나물은 세균형성 억제용 BA를 사용할 수 없어 빛처리 효과가 소멸되기 때문에 水浸을 이용한 종자정선 후 5시간 침중시킨 종자를 바로 재배통에 치상하여 관수하는 변형된 방법을 적용할 수도 있다. 한편 ⑥ 상면살수 방식에서는 상품에 대한 소비자의 선호도를 높이도록 콩나물의 형태를 곡선형으로 만들기 위하여 재배통을 재배 시작 3일까지 1일 5회 정도 흔들여 주는 방법으로 요약될 수 있다. 따라서 ①번 모형을 기본으로 5개의 변형된 방법으로 상기모형을 활용할 수 있다.

이러한 모형에서 수침과 aeration 방법은 본 과제에서 처음 도출된 결과이며 이를 유기적으로 결합시켜 모형화하는 것도 본 과제에서 최초로 시도하고 있다. 콩나물 생산업체는 이러한 형태의 재배모형을 응용하여 회사에 적합한 모형으로 변형시켜 활용할 수 있을 것이며, 이러한 모형을 계속되는 연구개발에 활용함으로써 연구의 효율화를 기할 수 있을 것이다. 이와 더불어 생산업체에서 이러한 모형을 변형시켜 이용한다 하더라도 전체적인 모형은 유사할 것이기 때문에 콩나물 생산과 관련된 기구 및 설비의 개발과 개선에도 기여할 것으로 예상된다.

2. 부패방지 기술개발 : 콩나물 생산에서 사회적 문제점으로 부각되는 것이 부패로 인한 농약살포이다. 부패를 근원적으로 예방하기 위하여는 부패균의 동정과 이를 방지할 수 있는 기술이다. 본 과제의 연구결과로는 타진균과 세균에 비하여 진균의 일종인 탄저병균 (*C. gloeosporioides*)의 병원성이 가장 강하며, 32℃에서는 발병하지 않았으며, 17℃에서는 발병이 지연되어 재배 6일째에 발생하였던 반면, 콩나물 재배 적온인 22~27℃ 범위에서는 발병이 심한 특성을 보였다. 이를 방지하기 위하여 시도된 연구에서 천연물 (목초액, 소석회수, 프로폴리스)을 각각 단독 또는 조합처리, 건열처리 (65℃, 30분)보다는 습열처리가 가장 효과적이었는데, 나물콩 발아 및 하배축 성장 장애가 없는 범위인 60℃~65℃에서 5분간 습열처리하는 것이 가장 효과적으로 탄저병을 예방할 수 있었다. 콩나물의 부패를 야기하는 원인균의 동정과 생산

업체에 이용 가능한 방제 방법에 관한 기존의 연구는 없기 때문에 독창적인 연구결과로 평가될 뿐만 아니라 상기 재배모형에서 설명한 바와 같이 기존의 acetic acid 또는 propionic acid를 이용한 종자소독을 대체할 수 있는 방법으로 활용될 수 있다.

제 3장 연구수행 내용 및 결과

제 1절 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발

I. 서론

콩나물은 인체에 필요한 무기성분과 아미노산, 비타민 C를 포함한 필수 영양분을 함유하고 있을 뿐만 아니라 반찬용 무침, 비빔밥, 해장국 등 아주 다양한 형태로 이용되고 있다 (Lee, 1986). 이러한 수요에 대처하기 위하여 우리나라에는 4,000여개의 콩나물 생산업체가 유통 원료콩으로 추정할 경우 연간 7,000억원 정도를 생산·판매하고 있는 것으로 추정되고 있어서 쌀, 고추 등 극히 일부 품목을 제외하고는 단일품목으로 가장 큰 시장을 확보하고 있다고 할 수 있다. 특히 광우병 등 가축의 질병으로 인한 동물성 영양급원을 대체할 수 식품으로써 콩나물 소비는 꾸준히 증가할 것으로 예측되고 있다. 따라서 필요 영양분을 함유하고 있으면서도 소비가 많을 뿐만 아니라 수요도 증가될 것으로 예측되는 콩나물의 생산업체가 영세하기 때문에 콩나물에 생산에 대한 기술개발은 부진한 편이라 할 수 있다.

이러한 상황을 극복하고 보다 양질의 콩나물을 공급하기 위하여 정부에서는 친환경농산물인 무농약 콩나물의 인증제를 실시하고 있다. 무농약콩나물은 부패를 방지하기 위하여 사용되는 인체에 유해한 농약의 살포와 세균형성을 억제하기 위한 생장조절제 benzyladenopurine (BA)의 투입을 금지하는 기술력과 국내 콩 재배농가를 보호하기 위한 국산콩을 원료로 이용하여야 한다는 제한을 두고 있다 (농약공업협회, 2002). 그러므로 친환경인증 무농약콩나물 생산업체는 농약에 의존하지 않고 부패를 방지할 수 있는 기술력과 BA에 의존하지 않고 세균형성을 억제할 수 있는 기술력을 보유하여야만 한다. 이러한 무농약콩나물은 10% 이내의 내수시장을 점유하고 있는 반면, 재래시장 또는 단체급식용으로 소비되고 있는 90% 이상의 콩나물은 농약살포에 대한 법적 규제만 받고 있으며 생장조절제 BA 사용에 대하여는 전혀 규제를 받지 않고 있다. 따라서 무농약콩나물 생산업체, 재래시장 또는 단체급식용 콩나물 생산업체에 관계없이 농약에 의존하지 않고 부패를 방지할 수 있는 기술과 BA를 살포하지 않거나 극미량의 BA로 세균형성을 억제할 수 있는 기술을 보유하고 있어야 한다.

콩나물 생산에서 지적되고 있는 이러한 문제점은 농약과 인체에 유·무해가 밝혀져 있지 않은 BA의 이용에 국한되는 것만 아니다. 콩나물의 부패는 극히 짧은 기간

에 일어나며, 부패하지 않고 남은 것들도 저장력 상실로 저장기간이 짧아지기 때문에 경제적 손실이 막대할 뿐만 아니라 부패가 일어난 재배실은 일정기간 소독과정을 거쳐야 하기 때문에 시설이용에도 장애를 받게 된다. 반면에 세균형성은 이로 인한 생장억제, 영양분 감소, 섬유소의 증가, 식미 감소, 이의 제거를 위한 시간소모와 번거로움, 이용부위의 감소 등 많은 손실을 소비자는 감수하여야하고, 생산자는 상품성 하락 및 상실 등으로 결국 생산회사의 경영을 압박하는 경제적 손실로 연결된다 (Kang & Song, 2003; Poehlman, 1991). 그러므로 콩나물 생산에서 부패와 세균형성을 확실하게 차단할 수 있는 방법을 확립하는 것이 아주 중요하다고 할 수 있다.

현재 우리나라에서의 콩나물 생산은 주로 버섯 재배사와 비슷한 형태의 시설에서 살수기가 천장을 따라 왕복하는 상면살수 방식으로 이루어지고 있다. 최근 들어 설비기술이 급격히 발전함으로써 재배사와 관수되는 물의 온도 변화를 줄이고, 물을 위에서 공급하는 상면살수 방식에서 물을 재배기 아래로부터 공급하는 하면담수 방식으로 재배시설이 현대화되고 있다. 이러한 재배시설의 개선은 앞에서 지적된 문제점을 극복하는데 기여할 수 있다고 하나 콩나물의 생산도 침중, aeration, 재배 등 여러 단계를 거쳐야만 한다. 따라서 콩나물 생산에서 문제점으로 지적되고 있는 부패를 방지하고 세균형성 억제용 BA의 처리량을 줄이기 위하여는 재배양식별 재배과정의 각단계를 최적화하여야만 가능할 것이다.

콩나물 생산에서 부패는 여러 균들이 관련되어 있는 것으로 보고되고 있다 (최연식 & 박의호, 1996; 박의호 & 최연식, 1995). 숙주나물의 부패는 *Colletotrichum acutatum*이 야기하는 탄저병이 주원인인 것으로 보고되고 있으나 (Kim 등, 2003), 콩나물의 부패는 주로 병원성 세균인 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*가 미발아 종자의 부패를 야기하며, 미발아 종자의 부패로부터 가용성 양분이 유출되어 부패균의 생장에 적절한 환경이 조성되는 재배 말기에 *Pseudomonas putida* biovar. A의 밀도가 급격히 증가함으로써 일어나는 것으로 알려져 있다 (박종철 등, 1997; 박원목 등, 1997). 따라서 콩나물의 부패는 여러 부패균이 관여하기 때문에 부패를 방지하기 위한 방제방법을 설정하는 데에는 많은 요인들을 고려하여야만 할 것으로 보인다.

이러한 균들이 관여함으로써 일어나는 콩나물의 부패는 병원균에 자양분을 공급하는 미발아 종자의 발아율 향상과 정선으로 병원균의 침투를 줄이는 방법 (강진호 등, 2003a)과 미발아 종자 또는 성장중인 콩나물의 부패를 경감하기 위한 방법 (최연

식 & 박의호, 1996; 박종철 등, 1997; 박원목 등, 1997; 박의호 & 최연식, 1995)으로 분리하여 접근할 수 있을 것이다. 콩나물의 부패를 방지하기 위한 발아율 향상은 종자의 발아기작과 관련된 특정빛 처리에 집중된다. Kang 등 (2002)은 침종과정에서 청색광과 적색광 처리로 콩의 발아율은 향상되며, Tajiri (1981, 1982)도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다. 그러나 발아율 향상은 특정처리를 통하여 가능할 수도 있으나 발아가 불가능한 종자는 재배기간중 부패가 일어나지 않도록 처리하거나 재배전 선별하여 제거하는 것이 보다 적극적인 해결방법이라 할 수 있다.

한편 미발아 종자 또는 성장중인 콩나물의 부패를 억제하기 위한 다양한 방법이 제시되고 있다. 이러한 방법중에서 식품첨가물을 이용한 방법으로 acetic acid와 propionic acid가 부패 관련균의 생장억제에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (최희돈 등, 2000; 최연식 & 박의호, 1996; 박의호 & 최연식, 1995). 이외에도 재배환경, 특히 온도의 엄격한 제어 (박무현 등, 1995), 침종 또는 재배중 오존수 (박규환 & 백인열, 2000), 지장수 (윤동준 등, 2004), 황토 (강정열 등, 2000), 키토산 (이유석 등, 1999), 게르마늄 (한성수 등, 1996) 또는 약용작물의 잎 추출물 (최상도 등, 2002; Owuor 등, 2000; Park, 2004; 류태석 등, 1999)을 처리하여 부패를 경감시키고, 나아가 기능성물질을 흡수시켜 양질의 콩나물 생산을 유도하고 있다. 앞서 진행되고 있는 이러한 연구결과를 다량생산에 적용시켜 빠른 시간내에 적절한 처리방법을 도출하는 것도 바람직한 접근방법이라 할 수 있다.

콩나물의 세균형성을 억제하기 위하여 이용되고 있는 BA의 처리방법에 대한 연구는 일부 이루어지고 있다. 이러한 연구결과를 요약하면 BA는 침종 과정 또는 말미에 (강충길 등, 1996, 1989a, b; 강진호 등, 2004c; Wightman 등, 1980), 분무보다는 침종이 보다 효과적이며, 침종시 4 ppm BA 농도로도 세균형성을 억제할 수 있는 것으로 보고되고 있다 (강충길 등, 1996, 1997; Kang 등, 2002, 2004b). 이와 더불어 BA 용액에 침종시 특정과장대의 빛을 처리할 경우 처리량을 경감시킬 수 있으며 (Kang 등, 2002; 박아정, 2000), 심지어 형태가 가늘고 생산수율이 낮더라도 BA를 처리하지 않고도 재배가 가능한 것으로 알려져 있다 (강진호 등, 2003a). 따라서 상품성과 생산수율을 최대한 유지하면서도 BA 처리량을 4 ppm 이하로 줄일 수 있는 침종과정에서의 효과적인 BA 처리방법이 모색되어야만 할 것이다.

콩나물을 생산하는데 있어서 품질, 상품성, 생산수율 등을 고려할 경우 불가피하게 성장조절제인 BA를 처리할 수밖에 없다면 처리량을 줄이도록 하여야 할 것이다.

BA 처리량을 줄이기 위하여는 앞서 설명한 침종의 효율화와 처리효과를 극대화하는 방법으로 분리하여 접근할 수 있다. BA 처리효과는 침종 이후 재배를 위한 첫 관수까지의 aeration 방법에 따라 크게 영향을 받는다 (강충길 & 김영구, 1997). 콩나물과 유사한 숙주나물에서는 aeration 온도보다는 기간의 영향이 크며, 4시간이 BA 효과를 극대화할 수 있는 것으로 보고되고 있다 (강진호 등, 2004a). 반면 콩나물에서 BA 처리효과는 BA 처리 후 첫 관수까지 2시간이 경과되어야 하는 것으로 보고되고 있으나 (강충길 & 김영구, 1997), 이는 2시간 이상 aeration 시킬 경우의 효과가 검증되지 않아 이보다 처리기간이 길 경우의 aeration 효과가 추적되어야만 한다.

콩나물의 부패를 방지하기 위하여 상기에서 언급한 식품첨가물 등을 이용한 다양한 처리방법이 시도되어 왔다. 그러나 최근 들어 부패와 세균형성을 억제하면서도 기능성 물질을 함유한 식물체 추출물의 처리에 관심이 모아지고 있다. 식물체의 추출물에는 다양한 대사물질이 함유되어 있고, 이들은 다른 종의 발아, 생장 및 형태에도 영향을 미치는 allelopathy 기능을 갖고 있다 (Channal 등, 2002). Owuor 등 (2000)은 녹차잎 추출물이 상추의 발아 및 유근 생장에도 영향을 미쳐 처리농도가 높을수록 억제정도가 크다고 보고한 바 있으며, 우리나라에 자생하고 있는 약용작물의 잎 추출물을 이용한 처리에서도 유사한 결과가 보고되고 있다 (류태석 등, 1999). 이들 식물잎 추출물이 콩나물 생산과 관련된 콩의 발아 및 유묘의 건물중에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Channal 등, 2002; Neelam & Bisaria, 2000). 이러한 allelopathy 기능을 갖고 있는 식물잎 추출물은 콩나물 생산에서 부패의 원인이 되는 종자의 발아를 저해하지 않으면서도 품질과 관련된 세균형성을 억제할 수 있다면 콩나물 재배에 이를 활용하는 방법을 모색할 필요가 있을 것이다 (송진 등, 2000).

콩나물 재배중 빛처리에 관한 연구결과가 일부 보고되고 있다. 재배중 처리되는 가시광선은 암상태에 비하여 하배축의 길이 및 굵기, 생체중과 비타민 C 함량도 증가될 (김춘배, 1975; Tajiri, 1981, 1982) 뿐만 아니라 청색광 처리시에도 비타민 C 이외에도 엽록소와 탄수화물의 함량이 현저히 증가되는 것으로 보고되고 있다 (김광수 등, 1982). 이와 같이 재배중인 콩나물에 대한 빛처리는 품질을 개선하는 효과가 있을 뿐만 아니라 발아율을 향상시키고 BA와 강한 상호작용을 보여 세균형성을 억제하는 효과가 높은 것으로 보고되고 있다 (Kang 등, 2002, 2003). Kang 등 (2002, 2003)은 형광등을 이용한 빛처리시 재배보다는 침종 과정에서의 효과가 더욱 크며, 침종과정에서 적색광과 청색광을 처리할 경우 세균형성을 보다 효과적으로 억제하여

BA 처리량을 경감시킬 수 있다고 하였다. 한편 Tajiri (1981, 1982)도 재배 후기보다는 재배 초기 2,500 lux로 처리하는 것이 효과적이며 재배기간도 1~2일 단축할 수 있음을 보고하였다. 이러한 빛처리는 처리가 어려운 침종 또는 재배 과정보다는 침종과 재배 사이의 aeration 기간중에 처리하는 것이 보다 효율적일 것으로 판단된다. 따라서 생산업체에서 활용 가능한 빛처리 방법이 설정될 수 있어야 상기 빛처리의 장점을 활용할 수 있을 것이다.

제품의 경쟁력은 생산단가에 의하여 결정된다. 콩나물의 생산단가는 이전에 인력에 의존하던 관수방식을 자동화로 전환시킴으로서 획기적으로 낮출 수 있었다. 이러한 자동화된 관수방식은 다양한 형태로 변형되어 이용되고 있으나 크게는 위로부터 물을 주는 기존의 상면살수 방식과 최근에 개발 보급되고 있는 아래로부터 물을 공급하는 하면담수 방식으로 구분되고 있다. 이러한 방식들은 관수간격을 일정하게 조절할 수 있는 공통점을 가지고 있다 (배경근 등, 1999; 박원목 & 김정환, 1998). 그러나 물이 공급되는 시간은 상면살수 방식은 살수기가 왕복하는 회수에 따라, 하면담수 방식은 물이 공급되어 배출되는 시간을 조절하는 형태로 관수량이 결정된다. 이와 더불어 상면살수 방식은 콩나물이 물에 완전히 잠기지 않는 반면, 하면담수 방식은 물속에 잠기는 차이점을 가지고 있어서 재배기 내의 품온도 하면담수 방식보다는 상면살수 방식에서의 재배통에서 높은 것으로 보고되고 있다 (강진호 등, 2004d). 이러한 차이점으로 인하여 콩나물 재배기 또는 재배통 내의 온도를 포함한 미세환경이 변화될 것으로 보이며, 그 결과 콩나물의 성장에도 영향을 미칠 것으로 예상된다 (김선림 등, 2000a, b).

재배형태를 구분하는 이러한 관수방식이 재배중인 콩나물에 미치는 영향을 조사한 연구는 아주 적은 편이다. 배경근 등 (1999)은 3시간마다 15분간 관수하는 방식으로 재배할 경우 하면담수 방식보다 살수기가 왕복하는 상면살수 방식에서 발아속도, 생산수율 뿐만 아니라 재배통내의 CO₂ 농도와 품온도 낮으며, 박원목과 김정환 (1998)도 생산수율 및 온도변화에서 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다. 숙주나물의 부패는 주로 *Colletotrichum acutatum*가 야기하는 탄저병으로서 고온에서 발병이 현저한 것으로 알려져 있기 때문에 (Kim 등, 2003) 관수방식의 차이로 인한 온도를 포함한 미기상의 변화가 숙주나물과 유사한 콩나물의 성장, 형태, 부패, 나아가 최종적으로는 생산업체의 제품경쟁력에도 영향을 미칠 것으로 예측된다 (김선림 등, 2000a; 박원목 & 김정환, 1998).

작물의 재배는 여러 단계의 과정을 거친다. 생산성은 최적화된 각단계를 조합하여 나타나는 결과에 지배된다고 할 수 있다. 콩나물의 생산은 부패를 방지하기 위한 중 자소독, 침종과 BA 처리, aeration, 재배와 같은 여러 단계가 결합된 과정으로 각단계별로 생산성을 최대로 높일 수 있는 처리방법이 강구될 수 있다. 그러나 재배과정의 여러 단계를 조합하여 도출된 최적 모형은 이론적으로는 관여하는 모든 요인을 고려하여 설정될 수도 있으나 (강진호 & 윤수영, 2003), 이러한 이론을 생산현장에 적용하여 나타나는 결과는 이론과 상당한 차이를 보일 수가 있기 때문에 여러 단계를 조합한 최종 모형은 생산현장에서 반드시 확인과 보완이 필요하다고 할 수 있다 (강진호 등, 2003a, 2004e). 특히 BA가 처리되는 침종과정이 가장 효율적인 방법으로 설정되었다 하더라도 상품성을 지배하는 세균형성과 형태 및 상품화율은 침종 이후의 aeration 방법에 의하여 변화될 뿐만 아니라 aeration 이후의 재배방법에 따라서도 변화되는 것으로 보고되고 있다 (강진호 등, 2004a; 배경근 등, 1999; 박원목 & 김정환, 1998). 따라서 각단계별 최적과정을 도출하는 것도 중요하나 도출된 최적과정을 하나로 묶어 제품을 생산할 때의 결과가 최적으로 이루어져야 생산현장에 바로 활용될 수 있는 기술로 자리 매김할 것이다.

따라서 콩나물 생산에서 지적되고 있는 이상의 문제점을 극복하고자 이미 상면살수 방식으로 시험을 수행하여 특허등록된 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호)” (강진호 등, 2003a)과 빛처리 장치 (다용도 빛처리기; 실용신안 제 0260123호) [(주)좋은인상 & 강진호, 2001]를 이용하여 콩나물의 생산과 관련된 부패와 세균발생의 억제, 부패원인균의 분리 및 동태추적, 세균발생 억제기능과 기능성 물질을 함유한 인돌비 대체물질 개발과 하면담수 방식의 재배모형을 도출하고 상기 상면살수 방식의 재배모형을 개선하여 고품질의 고부가가치 콩나물을 생산할 수 있도록 콩나물의 다량 생산에 관한 총체적 기술을 개발하는데 본 소과제의 연구목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 공통적인 연구수행 방법

본 연구는 2002년 10월부터 2005년 10월까지 경상대학교 식물자원환경학부 농업 생태학실험실과 경남 사천시 사천읍 두량리 소재 콩나물 생산회사인 초록빛마을에서 수행되었다. 시험재료는 경남농업기술원, 영남농업시험장과 제주농업기술원에서 분양 받은 은하콩, 한남콩, 풍산나물콩, 소원콩과 시중 양곡상회를 통하여 구입한 준저리를 종자를 3°C의 저온저장고 (모텔, 농산22세기)에 보관하면서 종자의 형태, 종피색 및 크기가 다른 것을 제거한 후 사용하였다.

재배모형을 설정하기 위한 시험에서는 특별한 언급이 없을 경우 재배전 처리로는 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 종자를 3시간 aeration 시켰으며, 소규모 시험에서는 처리종자를 9.5 cm × 8.5 cm × 13 cm 크기의 container 20개로 구성된 stainless steel cage에 container당 150립씩 치상하여 상면살수기로 관수하거나, 하면담수기에 10 cm 정도 침수되도록 거둬하여 재배하였으며, 다량재배 시험에서는 상면살수 방식의 경우 처리종자를 사각 플라스틱 재배통 (334 × 329 × 304 mm)에, 하면담수 방식에서는 재배기(☞ 850 × 750 mm)에 건조종자무게로 각각 1.4 kg과 13 kg을 치상하여 재배하였다. 재배중 관리로 관수는 상면살수 및 하면담수 방식 모두 가온하지 않은 16°C 내외의 물을 3시간 간격으로 행하였으며, 상면살수 방식은 살수기 (자동살수기, 대덕기계공업사)를 매회 2회 왕복하는 방법으로, 하면담수 방식은 하면담수재배기 (치수형재배기, 대덕기계공업사) 위로 약 30초간 물이 넘치도록 3분간 물을 공급하였으며, 재배실의 대기온도는 22°C 내외가 되도록 조절하였다.

2. 처리

가. 상면살수 방식 생산모형 설정

많은 시험을 통하여 다수의 연구를 통하여 강과 송 (2003a)이 특허등록한 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호)”을 이용하여 후속 시험을 수행하였다.

나. 하면담수식 생산모형 설정

1) 종자정선용 수침 효과

시험은 3개로 분리되어 진행하였다. 시험 1은 水浸을 통한 미발아 종자의 최적

정선방법을 설정하고자 2 kg의 풍산나물콩을 공시재료로 5, 7, 9분간 물에 침종시킨 후에 건져서 공기중에 20, 40, 또는 60분간 aeration 시킨 후에 재배전의 침종시 물에 뜨는 종자를 제거하여 무게대비 부유비율을 계산하였다.

시험 2는 이러한 水浸을 통한 미발아 종자의 제거가 기존의 연구보고 (최연식 & 박의호, 1996; 박의호 & 최연식, 1996)와 차이가 있는가를 비교하고자 은하콩, 풍산나물콩과 준저리를 공시재료로 시험 1의 최적결과인 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시킨 종자와 0.1% acetic acid에 2분간 종자소독을 실시한 후 침종하여 재배하였다.

시험 3은 콩나물 생산회사와 같은 대량생산체계에서 경영과 직결된 생산수율을 비교하고자 준저리를 공시재료로 5분간 침종시킨 종자를 40분간 aeration 시켜 재배하는 水浸과 0.1% acetic acid에 2분간 실시한 종자소독을 실시한 후 100 kg을 생산할 수 있는 대형 하면담수기로 재배하였다.

2) 침종방법 설정

상기 3개 품종의 공시재료 종자를 2 ppm BA 용액에 침종기간을 3, 5, 7시간으로 달리 처리하여 3시간의 aeration 시킨 후에 재배하였다.

3) BA 처리 및 처리량 경감방법 설정

가) BA 처리시기의 영향

2개의 시험으로 분리하여 진행시켰다. 시험 1은 종자의 수분 흡수율 변화를 추적한 시험으로서 은하콩과 풍산나물콩 종자를 공시품종으로 25℃ 증류수에 침종하면서 시간별 무게의 변화를 측정 한 후 환산하였다. 침종은 soaking injury를 방지하기 위하여 5.5시간 침종한 후 0.5시간 aeration시키는 과정을 3회 반복한 다음 마지막에는 6시간 침종하는 방법으로 총 24시간 걸쳐 이루어졌다. 이러한 과정에서 수분 흡수율 변화가 심한 첫 6시간은 1시간 간격으로, 이후에는 매회 침종이 종료된 직후와 0.5시간 aeration 후에 침종이 시작되기 직전에 수분함량을 측정하여 콩나물 원료콩의 수분흡수 형태를 조사하였다.

시험 2는 상기 3개 공시품종 이외에 은하콩을 추가하여 BA 4.0 ppm 용액에 첫 5.5시간 침종시킨 후 0.5시간 aeration하여 다시 증류수에 5.5시간 침종하는 방법, 첫 5.5시간에는 증류수에 침종시킨 후 0.5시간 aeration하여 다시 BA 용액에 5.5시간 침

중하는 방법과 첫 5.5시간과 두 번째 5.5시간 모두 BA 용액에 침중하는 방법으로 처리를 달리하여 재배하였다.

나) BA 처리농도의 영향

2개 시험으로 분리하여 진행시켰다. 시험 1은 종자의 최대흡수가 일어나는 시기인 첫 5.5시간 동안 BA 0, 1, 2, 4, 8 ppm으로 BA 처리농도를 달리하여 침중한 후 재배하였다.

시험 2는 최대 흡수기인 첫 5.5시간에는 증류수에 침중한 후 0.5시간 aeration 시킨 종자를 상기 시험 1과 같이 BA 농도를 0, 1, 2, 4, 8 ppm으로 달리 처리한 후 재배하였다.

다) 세근억제용 BA 투입량 조사

BA 투입량을 설문을 통하여 조사하고자 하였으나 생산업체는 판매와 관련되어 있어 설문엔 전혀 응하지 않았다. 시판콩나물의 BA 살포량을 추정하고자 2개 시험으로 분리하여 진행시켰다. 시험 1은 타제품의 콩나물 특성을 조사하기 위기 위하여 시장에서 판매되고 있는 아지매콩나물 (한빛식품), 찬마루콩나물 (폴무원), 두루찬콩나물 (서원콩나물), 옛시루콩나물 (내고향), 두리두리콩나물 (해뜨락), 아침이슬콩나물 (아침이슬)을 수거하여 이들의 형태 및 무게를 측정하였다.

시험 2는 수거된 콩나물의 하배축과 뿌리 길이의 비율, 즉 H/R ratio와 상기 “BA 처리농도의 영향”의 시험결과로부터 계산된 H/R ratio를 비교함으로써 수거제품의 BA 살포량을 추정하였다.

라) BA 및 빛처리 유무의 영향

빛과 BA의 혼용처리는 상호작용이 있기 때문에 이를 점검하고자 상기 공시품종 종자를 BA 농도를 2 ppm과 무처리로 구분하여 5시간 침중시킨 후에 3시간의 aeration 기간중 aeration 시작 30분 후에 적색광 처리를 가하거나 암처리로 구분하여 빛처리를 가한 후에 재배하였다.

4) 침중 및 aeration 방법설정

가) 최적 aeration 온도 설정

상기 공시품종 종자를 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 다음 3시간의 aeration 기간중 20, 30, 40℃로 온도를 달리하여 aeration 시킨 후에 재배하였다.

나) 최적 aeration 기간 설정

상기 공시품종 종자를 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 다음 aeration 기간을 1, 2, 3, 4시간으로 달리하였으며 aeration 시킨 후에 재배하였다.

5) 최적 관수방법 설정

가) 관수 간격에 따른 생장

하면담수 방식에서 최적 관수간격을 설정하고자 상기 공시재료 종자를 2 ppm BA 용액에 5시간 침종한 후 3시간 aeration 시켜 2, 3, 4시간으로 관수간격을 달리하여 재배하였다.

나) 관수시간에 따른 생장

하면담수 방식에서 관수시간을 설정하고자 풍산나물콩, 소원콩, 준저리를 공시 품종으로 2 ppm BA 용액에 5시간 침종한 후 3시간 aeration 시킨 종자를 3시간 간격으로 2.5, 3.0, 3.5분간 관수시간을 달리하여 6일간 재배하였다.

6) 온도변화 및 조절방법 설정

가) 상면살수 및 하면담수 방식의 재배기간중 온도변화

하면담수 및 상면살수 방식으로 재배하는 과정에서 실외, 콘크리트 건물내 판넬로 시설이 이루어진 재배사 실내 및 재배기 내의 온도변화를 자동온도 측정기 (Waterpro, Onset Co.)로 측정하였다.

나) 온도하강 방법 설정

(1) 가습기, 물흡림 및 팬 작동에 온도변화

가습기는 미스트 발생기 [JA-600, 중앙기술산업(주)]로, 물흡림 장치는 stainless로 제작된 봉에다 솔레노이드 밸브를 부착하였으며, 팬은 재배실 측창에 설치한 후 타이머로 작동시간을 제어하도록 하여 자동온도 측정기 (Waterpro, Onset

Co.)로 온도 변화를 측정하였다.

(2) 물흡입과 팬 동시 작동에 따른 온도변화

생산현장에 적용이 기대되는 물흡입 장치와 팬의 동시 처리에 따른 실내온도의 변화를 상기 항목과 같이 자동온도 측정기 (Waterpro, Onset Co.)로 온도 변화를 측정하였다.

다. 기능성 및 세균발생 억제 겸용물질 개발

1) 대체물질 선별

기능성 물질을 함유하고 있으면서도 세균형성 억제용 BA를 대체할 수 있는 물질을 탐색하고자 기존문헌 및 산업계에서 이용되고 있는 황토, 키토산, 녹차엽, 옥수수열매, 두충잎의 추출물을 20% 또는 10%로 희석 (w/w)한 용액에 5시간 침종한 후에 3시간의 aeration 시켜 재배하였다.

2) 두충잎 추출물 최적 처리방법 설정

가) 처리농도에 따른 변화

상기 시험의 결과 두충잎 추출물이 콩나물의 성장과 세균발생을 억제하는 것으로 나타나 3개 공시품종 종자를 두충잎 추출물 5%와 10% 용액 (w/w) 또는 증류수에 5시간 침종한 후에 3시간 aeration 시켜 재배였다.

나) 재배일수에 따른 변화

상기 공시품종 종자를 두충잎 추출물을 10%로 희석 (w/w)한 용액에 5시간 침종한 후에 3시간의 aeration 시켜 재배 5, 6, 7일차에 생육조사를 실시하였다.

3) 시제품 개발

가) 두충잎 추출물 정제 효과

두충잎에서 추출한 원액은 이물질이 많이 끼여 있다. 이러한 이물질의 유무가 처리효과에 미치는 영향을 파악하기 위하여 여과지 (Whatman No. 2)로 정제하거나 정제하지 않은 두충잎 추출물에 5시간 침종한 후 3시간 aeration 시켜 재배하였다.

나) 두충잎 추출물의 저장 효과

두충잎에서 추출한 원액의 저장기간을 파악하고자 원액 또는 10%로 희석하여 0, 2, 4, 6개월 동안 보관하면서 보관용액에 3개 공시품종을 5시간 침중하여 6일간 재배하였다.

다) 시제품 개발

상기 시험결과를 이용하여 시제품을 제작하였다.

라. 빛처리 방법 개선

1) LED 대체광원 평가

가) 형광등을 이용한 침중 및 재배중 빛처리의 영향

24시간의 BA 용액에 침중중 또는 재배중 적색광 또는 청색광으로 빛처리를 가할 경우 세균발생을 효과적으로 억제할 수 있다는 연구결과로부터 (Kang 등, 2002) 은하공과 한남공의 2개 공시품종 종자에 4.0 ppm BA 용액에 5.5시간 침중후 0.5시간 aeration 시키는 과정을 3회 반복한 후에 마지막에는 6시간 총 24시간 형광등 또는 암상태로 구분·처리한 후 재배하였다.

나) 대체 광원의 Spectrum 측정

상기 특허등록한 내용중 빛처리는 高價인 적색 LED를 이용하여 처리되기 때문에 처리비용이 싼 형광등을 이용한 빛처리 방법을 모색하였다. 시중에서 종류가 다양한 형광등을 구입하여 이들의 spectrum과 청색, 적색 LED plate로부터 방사되는 빛을 spectroradiometer (LI-1800, LI-COR)를 이용하여 측정하였다.

다) LED 대체광원용 형광등 평가

高價의 적색 LED를 이용한 빛처리를 탐색할 목적으로 적색광과 청색광을 많이 방사하는 3개의 형광등 ① Fluora[®] (Osram), ② FL40D [우리조명(주)], ③ Agro-Lite (Philips), 이와 반대로 초적색광의 구성비율이 많은 백열등 (L220V/30W, 조양전구)과 암상태로 3시간의 aeration 기간중 5분이 아닌 2시간 빛을 상기 3개 공시품종 종자에 처리한 후 재배하였다.

라) 선발 형광등과 LED을 이용한 빛처리 효과 비교

상기 시험의 결과로부터 3시간의 aeration중 백열등 또는 암상태로 빛을 처리하는 것보다는 형광등으로 빛을 처리하는 것이 보다 효과적이라는 결과를 얻어서 그 중에서 결과가 가장 좋은 2개의 형광등 ① Fluora[®] (Osram)과 FL40D, [우리조명(주)], 백열등 (L220V/30W, 조양전구), 적색 및 청색 LED [GF-520S, (주)좋은인상]로 3시간의 aeration 중 2시간 동안 빛을 상기 3개 공시품중 종자에 처리한 후에 재배하였다.

2) 대체광원의 처리방법 설정

가) 빛처리 기간의 영향

상기 시험의 결과로부터 3시간의 aeration 기간중 빛처리는 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]으로 처리하는 것이 가장 효과적으로 나타나 이와 이미 특허등록된 재배모형에서의 적색 LED [GF-520S, (주)좋은인상]로 3시간의 aeration 중 5, 30, 60, 120분으로 빛처리 기간을 달리하여 상기 3개 공시품중 종자에 처리한 후에 재배하였다.

나) 처리광도의 영향

빛처리에서 광도의 영향을 평가하기 위하여 3시간의 aeration 기간중 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]으로 0, 75, 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 광도를 조절하여 5분간 빛처리를 상기 3개 공시품중 종자에 가한 후에 재배하였다.

3) 다용도 빛처리기 개작

가) 다용도 빛처리기 개작 및 시작품 개발

특허등록된 “다용도 빛처리기” (실용신안 특허 제0260123호)는 高價이기 때문에 처리비용을 경감시키고자 이를 변형시켜 시작품을 제작하였다.

나) 빛처리기의 처리효과 평가

상기 “다용도 빛처리기”와 빛처리 장치가 高價인 적색 LED를 대체할 수 있는 광원으로 선발된 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]과 기존의 적색 LED [GF-520S, (주)좋은인상]으로 개작된 시작품을 이용하여 3시간의 aeration중 aeration 시작 30

분 후에 5분간 상기 두 종류의 빛처리기로 상기 3개 공시품종 종자에 빛을 처리한 후에 재배하였다.

마. 주요 결과별 생산수율 및 상품성 분석

1) 성장조절제 (BA) 처리 유무에 따른 상품성 비교

상기 시험결과가 다량재배 체계에도 적용될 수 있는가를 점검하고자 상면살수 방식에서는 11 kg을 생산할 수 있는 플라스틱 재배통에, 하면담수 방식에서는 100 kg을 생산할 수 있는 재배기를 이용하여 BA를 처리하지 않거나 2 ppm BA 용액에 5시간 침중한 준저리 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛을 처리한 후 3시간마다 상면살수 방식에서는 왕복 2회로, 하면담수 방식에서는 3분간 물을 공급하는 방식으로 재배하였다.

2) 빛처리 유무에 따른 상품성 비교

상기 시험과 같이 상면살수 방식에서는 11 kg을 생산할 수 있는 플라스틱 재배통에, 하면담수 방식에서는 100 kg을 생산할 수 있는 재배기를 이용하여 BA를 처리하지 않거나 2 ppm BA 용액에 5시간 침중한 준저리 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛을 처리하거나 처리하지 않고는 3시간마다 상면살수 방식에서는 왕복 2회로, 하면담수 방식에서는 3분간 물을 공급하는 형태로 5일간 재배하였다.

바. 생산모형의 도출 및 보완

1) 생산모형 도출

상기 시험결과를 이용하여 하면담수 방식의 재배모형을 도출하였다.

2) 도출된 모형별 확인시험

도출된 재배모형이 상면살수와 하면담수 방식에 적용될 수 있는가를 점검하고자 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 침중한 후 40분간 aeration 시켜 뜨는 종자를 건져내는 水浸, 2 ppm BA 용액에 5시간 침중, 침중이 완료된 종자는 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 상면살수 방식에서는 상면살수기를 매회 2회 왕복하는 방법으로, 하면담수 방식은 하면담수재배기 위로 약 30초간 물이

넘치도록 3분간 물을 공급하면서 재배하였다.

3) 물리적 처리에 따른 생장조절 탐색

가) 재배통 흔들음 방법에 따른 생장과 형태 변화

상면살수 방식에서 생산된 콩나물을 곧은 직립형태로 소봉지용으로는 적합하지 않다. 꼬불꼬불한 형태로 전환이 가능한가를 검토하고자 2개의 시험으로 분리하여 진행시켰다. 시험 1은 재배 시작부터 3일간 재배통을 전혀 흔들어 주지 않거나, 1일 8시간 동안 4시간마다 3회 또는 2시간마다 5회 아래와 위에 위치한 콩나물이 뒤섞여 지도록 흔들어 주면서 재배하였다.

시험 2는 침종된 콩을 재배통에 치상하여 1일, 2일 또는 3일간 상기 시험 1의 최적 결과인 1일 8시간 동안 2시간마다 5회씩 매회 3분간 재배통을 흔들어 주면서 재배하였다. 처리를 균일하게 하기 위하여 재배중인 콩나물의 상하가 완전히 뒤섞이도록 매회 3분간 재배통을 흔들어 주었다.

나) 재배통의 압착방법에 따른 생장과 형태 변화

곧게 자라 소봉지용으로 소비자의 선호도가 떨어지는 상면살수 방식과 형태가 굴곡인 하면담수 방식에서 재배중의 압착정도가 콩나물의 생장과 형태에 미치는 영향을 조사하고자 2개의 시험으로 분리·진행되었다. 시험 1은 상면살수 방식으로 재배중인 콩나물에 압착을 가하지 않거나, 플라스틱 재배통을 상하로 포개어 이들 재배통을 매일 상하로 교환하는 교호압착, 계속 압착하는 방법으로 처리하면서 재배하였다.

시험 2는 하면담수 방식에서 재배기에 침종콩을 치상한 후 압착을 가하지 않고 그대로 재배하거나, 10 kg의 stainless steel로 제작된 3개의 추로 치상 직후부터 계속 압착하거나, 상면살수 방식에서 재배통을 상하로 포개어 재배할 경우 압착이 가하여지는 재배 시작 4일째부터 계속 압착하는 방법으로 재배하였다.

3. 조사 형질 및 방법

시험결과를 설명하는데 특별히 형질조사 방법이 언급되지 않았다면 다음과 같이 행하였다. 조사는 상품으로서 출하가 가능한 대개 6일차에 실시하였으며, 발아 및 생장비율은 하배축의 길이를 기준으로 7 cm 이상 (A), 4~7 cm (B), 4 cm 이하 (C) 또

는 미발아 종자 (D)로 분류하여 전체에 대한 백분율로 환산하였다. 여타 형질은 하배축 길이가 7 cm 이상인 개체를 20개체를 취하여 세근수, 하배축 길이 및 직경, 뿌리길이, 자엽, 하배축 및 뿌리로 분리하여 이들의 생체중 및 75°C에 2일간 건조시킨 후에 이들의 건물중을 측정하였다. 세근발생 비율은 세근이 1개 이상 돌출된 개체를 전체개수에 백분율로, 개체당 세근수는 세근이 발생된 개체를 대상으로 계산하였다. 전체길이는 하배축과 뿌리 길이를 합하는 방식으로, 하배축과 뿌리 길이의 비율은 하배축 길이를 뿌리 길이로 나누는 방법으로 계산하였다. 개체당 전체 생체중과 건물중은 자엽, 하배축 및 뿌리의 생체중과 건물중을 각각 합하는 방법으로 계산하였다. 원료콩 대비 생산수율은 콩나물 생산업체의 다량생산과 같이 상면살수 방식에서는 재배통에 건조원료콩을 1.4 kg, 하면담수방식에서는 13 kg을 각각 치상한 후 6일간 재배한 후 생체중을 측정하였으며 치상된 건조원료콩의 대비로 환산하였다.

재배실의 재배통 및 재배기와 대기 및 관수 온도는 침수가 가능한 자동온도측정기 (Water Pro, Hobo Co., USA)가 항상 위치하도록 4개 방향으로 끈으로 묶어 고정시킨 후에 측정하였다. 색도는 색도계 (CM-3500d, Minolta Co., Japan)를 사용하여 L, a, b값으로, 하배축의 전단력은 Texture Analyzer (TA-XT2, Haslemere Co., England)에 Warner-Bratzler blade를 장착시켜 shearing force를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 상면살수 방식 생산모형

가. 특허출원 생산모형

콩나물의 재배모형 설정은 재배를 위한 원료콩의 침종시 세균형성 억제를 위하여 처리되는 BA는 특정 빛과의 강한 상호작용으로 BA와 빛을 동시에 처리할 경우 BA 처리량을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다 (박아정, 2000). 이러한 연구결과를 기초로 시험을 수행하여 본 과제총괄책임자인 강 등 (2003a)은 부패방지를 위하여 0.1% acetic acid와 propionic acid에 2분간 종자소독을 실시한 후 5.5시간 동안 침종과 종자를 건져서 30분 동안 aeration 시키는 과정을 1~4회 동안 반복한다. 이렇게 반복되는 침종과정의 마지막 단계에서 세균형성 억제를 위하여 4~8 ppm BA 용액에 침종한 다음 BA 처리효과를 극대화하기 위하여 3시간 동안 aeration 시켜 수확 당일까지 재배하는 것으로 콩나물의 재배모형을 “빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법 (특허 제 0382558호)”로 특허등록한 바 있다. 그러나 이러한 모형은 재배까지의 처리시간이 종업원의 근무시간인 9시간보다 길 뿐만 아니라 남해, 해남 등에서 생산된 콩은 탈곡 또는 정선이 부실함으로 인하여 미발아 종자가 대단히 많이 포함되어 있다. 이를 개선함과 아울러 이러한 모형이 하면담수 방식에도 적용되는가를 점검하여 보다 개선된 재배모형을 설정할 필요가 있다.

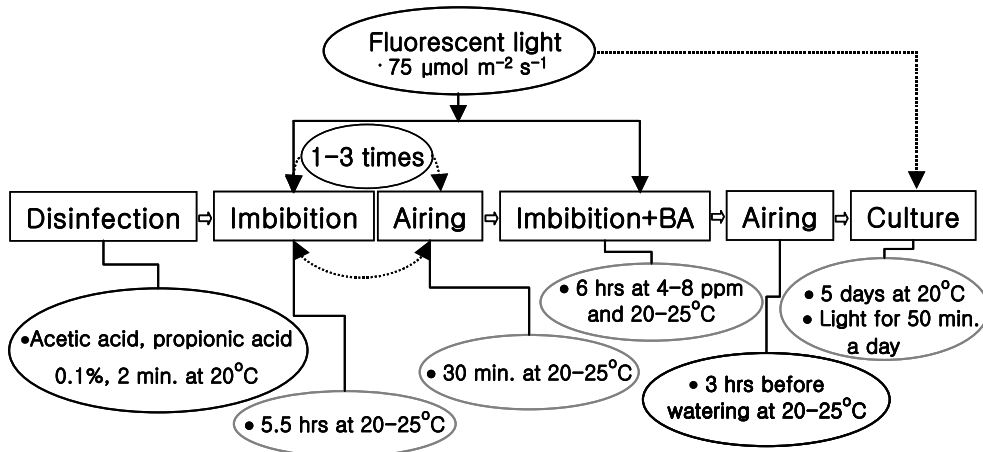


Fig. 2. Patented model for overspraying system in soybean sprout production.

나. 생산된 콩나물의 형태

상기 재배모형은 재배시 천장에 부착된 살수기가 왕복하면서 관수하는 상면살수 방식 (top of left-sided)으로 도출된 결과로서 생산된 콩나물의 형태는 곧은 직선형이다 (bottom of left-sided). 반면 물이 위에서 공급되는 것이 아니라 재배기 아래에서 공기와 함께 공급되는 하면담수 방식 (top of right-sided)으로 생산된 콩나물은 직선이 아닌 꼬불꼬불한 모양을 띄는 것이 차이점이다 (bottom of right-sided).



Photo. 1. Culture system of overspraying and underwatering for soybean sprout production and its shapes grown.

2. 하면담수식 생산모형 설정

가. 종자정선용 수침 효과

콩나물 부패와 관련된 미발아 종자를 선별해 내기 위하여 물에 5, 7, 9분 동안 침종시킨 풍산나물콩 종자를 건져서 공기중에 20, 40, 또는 60분간 aeration시킨 후 다시 침종할 경우 물위로 뜨는 종자의 비율, 즉 부유비율을 계산한 것은 Fig. 3과 같다. 부유비율은 2차례 시험 모두 처리기간이 5분에서 9분으로 길어질수록 낮아졌고 (Fig. 3 ㉠), 20분 또는 60분간 aeration시키는 것보다는 40분간 aeration 시킬 경우 가장 높았다 (Fig. 3 ㉡). 이러한 시험결과와 더불어 침종기간을 5분 이하로 단축할

수 있는가를 검토한 결과 5분 이하로 침종시킬 경우 종자의 수분흡수가 일정하지 않아 처리의 안정성이 현저히 떨어졌다. 한편 물위로 뜨는 부유종자는 종자가 기계적 상처를 받아 쪼개어졌거나 자엽이 분리된 것으로서 이러한 종자는 발아가 거의 이루어지지 않았으며, 재배에 혼입되었을 경우 대부분 부패될 뿐만 아니라 이들의 부패로 인하여 정상적으로 성장하는 콩나물의 색택도 변화되는 것으로 관찰되었다. 콩나물 재배를 위하여 침종 직전의 이러한 水浸을 통한 미발아 종자의 정선은 콩나물의 부패를 방지하기 위한 acetic acid와 같은 식품첨가물을 이용한 종자소독을 대체할 수 있는 방법으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

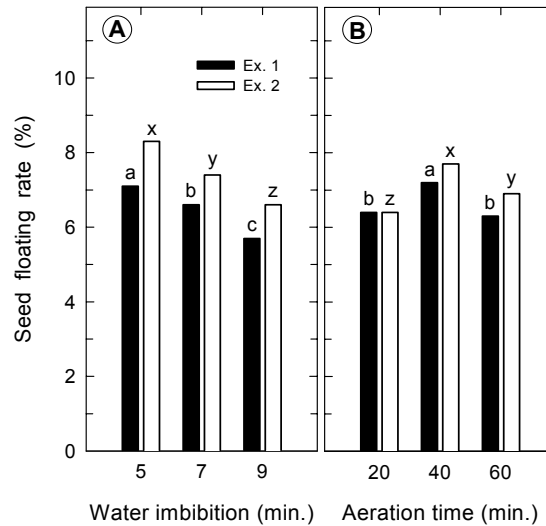


Fig. 3. Effect of water imbibition (A) and aeration (B) time on floating rate of soybean (cv. Pungsannamulkong) seeds. Bars having different letters within the same experiment are significantly different at LSD.05.

부패의 원인이 되는 미발아 종자를 상기 시험의 최적결과와 같이 5분간 침종시킨 종자를 40분 aeration 시킨 후에 다시 침종시켜 물에 뜨는 종자를 제거하는 水浸方法과 상기 특허등록된 상면살수 방식의 재배모형에서 도출한 0.1% acetic acid에 2분간 종자소독한 후 재배한 콩나물의 발아 및 생육정도는 Table 1과 같다. 공시품종 모두 水浸을 이용한 종자정선이 acetic acid를 이용한 종자소독보다 상품화가 가능한 하배

축 길이가 4 cm 이상인 A+B급의 비율이 높았는데, 이는 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급의 비율이 높은 것에 기인된 결과로 보였다. 이에 반하여 공시품종 모두 상품화가 불가능한 C+D급은 水浸을 이용한 종자정선보다는 acetic acid를 이용한 종자소독에서 높았는데 이는 하배축 길이가 4 cm 이하의 비정상 개체의 비율보다는 미발아 종자의 비율이 현저히 증가된 결과에 기인된 것으로 나타났다.

Table 1. Comparison of seed imbibition and acetic acid treatments in composition rates of soybean sprouts classified by the hypocotyl lengths after cultured for 6 days.[†]

Parameters		Normal		Abnormal	No-germ	A+B	C+D
Cultivars	Treatments	> 7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	< 4 cm (C)	0 cm (D)		
%							
Eunhakong	Imbibition	69.8	9.6	7.6	13.1	79.4a [§]	20.6d
	Acetic acid	66.2	8.0	7.8	18.0	74.2b	25.8c
Pungsan-namulkong	Imbibition	63.1	9.8	9.8	17.3	72.9b	27.1c
	Acetic acid	57.8	10.0	9.1	23.1	67.8c	32.2b
Junjery	Imbibition	52.2	11.1	6.9	29.8	63.3c	36.7b
	Acetic acid	41.8	9.8	5.3	43.1	51.6d	48.4a

[†] After seed cleaning of 5 minute imbibition into water and then 40 minute aeration, or 2 minute imbibition into 0.1% acetic acid solution, the seeds were soaked for 6 hours into 1 ppm BA solution, and aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl lengths of the soybean sprouts cultured for 6 days.

[§] For comparison of 6 combined treatments of cultivars and treatments. Values followed by the same letter are not significantly different by DMRT (P = 0.05).

상기 水浸을 이용한 종자정선과 acetic acid를 이용한 종자소독 후에 재배한 콩나물의 세근형성과 하배축과 뿌리의 성장 정도는 Table 2와 같다. 세근형성 비율과 개체당 형성된 세근수는 풍산나물콩에서 acetic acid 처리에 비하여 水浸 處理에서 적었던 반면, 여타 공시품종에서는 뚜렷한 차이가 없어 水浸과 acetic acid 처리에 따른 세근형성 정도는 품종에 따라 다른 반응을 보였다. 하배축과 뿌리 길이는 은하콩을 제외하고는 하배축이 길면 뿌리도 길어졌다 하여도 이들 길이가 풍산나물콩은 acetic acid 처리에서, 준저리는 水浸 處理에서 상대적으로 길었다. 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 준저리에서 水浸 處理할 경우 상대적으로 굵어지는 경향을 보였다.

상기 水浸方法을 이용한 종자정선과 acetic acid를 이용한 종자소독 후에 재배한

콩나물의 개체당 각부위 및 전체생체중은 Table 3과 같다. 은하콩과 풍산나물콩은 水浸 處理에 비하여 acetic acid 처리에서 각부위 모두 무게가 많아 전체생체중도 많았던 반면, 준저리는 이와 상반된 결과를 보였다. 은하콩과 풍산나물콩은 水浸을 이용한 종자정선보다는 acetic acid를 이용한 종자소독으로 생산수율이 높아질 것으로 예상되나 처리 후에 생산된 콩나물은 어두운 유백색을 띠 뿐만 아니라 상품 가능한 하배측 길이가 4 cm 이상의 비율이 낮아져서 (Table 1) 전체적인 생산수율을 바로 비교하는 데에는 무리가 따른다고 할 수 있다.

Table 2. Comparison of seed imbibition and acetic acid treatments in lateral root formation, hypocotyl, root lengths and hypocotyl diameters in middle and hook part.[†]

Parameters		Lateral root formation		Lengths		Hypocotyl diameters	
Cultivars	Treatments	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Middle	Hook
		— % —	no. sprout ⁻¹	— cm sprout ⁻¹ —		— mm sprout ⁻¹ —	
Eunhakong	Imbibition	3.0b [‡]	0.7bc	11.9b	5.0b	2.40a	1.50a
	Acetic acid	1.0c	0.3c	11.7b	5.4ab	2.40a	1.53a
Pungsannamulkong	Imbibition	2.1bc	0.7bc	11.1c	4.9b	1.95bc	1.37bc
	Acetic acid	6.9a	1.3a	11.6bc	5.9a	2.10b	1.50a
Junjery	Imbibition	1.0c	0.9ab	12.9a	5.4ab	2.03b	1.40b
	Acetic acid	0.4c	0.5bc	11.9b	4.9b	1.80c	1.30c

[†] After seed cleaning of 5 minute imbibition into water and then 40 minute aeration, or 2 minute imbibition into 0.1% acetic acid solution, the seeds were soaked for 6 hours into 1 ppm BA solution, and aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

[‡] For comparison of 6 combined treatments of cultivars and treatments. Values followed by the same letter are not significantly different by DMRT (P = 0.05).

소형 재배기를 이용한 상기 시험결과가 대량생산 체계에서도 재현될 수 있는가를 검토하고자 준저리를 공시재료로 상기와 같이 水浸을 통한 종자정선과 acetic acid를 이용한 종자소독 후에 100 kg의 콩나물을 생산할 수 있는 하면담수재배기로 재배하여 그 생산수율을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 원료콩 대비 생산된 콩나물의 생체중을 비교한 생산수율은 水浸을 이용한 종자정선과 acetic acid를 이용한 종자소독의 방법간에 차이가 없었다. 생산수율에서는 두 처리간 차이가 없을지라도 종자소독용으로 이용된 acetic acid가 환경오염 유발인자로서 작용할 수 있기 때문에 水浸을 이

용한 종자소독이 환경보존과 참살이 (wellbeing) 식품의 생산·공급적 측면에서 보다 나은 처리방법으로 사료된다.

Table 3. Comparison of seed imbibition and acetic acid treatments in fraction and total fresh weights, economic yield of soybean sprouts.[†]

Parameters		Fresh weights			
Cultivars	Treatments	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
		mg sprout^{-1}			
Eunhakong	Imbibition	239.8	444.3	44.3	728.4ab [‡]
	Acetic acid	251.6	460.7	48.7	761.0a
Pungsannamulkong	Imbibition	229.5	403.2	34.9	667.6bc
	Acetic acid	238.5	438.9	37.7	715.1b
Junjery	Imbibition	201.2	416.2	35.6	653.0cd
	Acetic acid	187.1	390.2	30.4	607.7d

[†], [‡] Referred to the footnotes of Table 2.

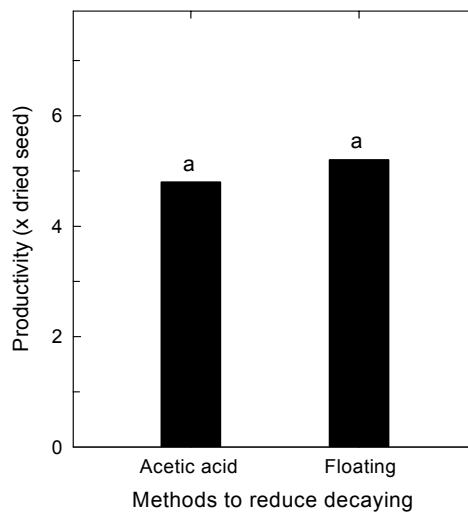


Fig. 4. Effect of seed imbibition and acetic acid treatments on productivity of soybean sprouts (cv. Junjery) cultured in the underwatering production system. Bars having the same letter are not significantly different at LSD.05.

나. 침종방법 설정

재배온도를 22℃와 25℃로 달리하여 수행된 시험결과가 유사하여 가열하지 않고 재배할 수 있는 22℃에서 수행된 시험결과를 다음과 같다. 침종시간을 3, 5, 7시간으로 달리하여 처리한 후 재배한 콩나물의 발아 및 생육정도는 Table 4와 같다. 침종기간을 달리하여도 소원콩이 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급과 상품화가 가능한 4 cm 이상의 A+B급의 비율이 가장 높은 것으로 조사되었다. 한편 침종기간이 3시간에서 7시간으로 길어질수록 미발아 개체는 감소되었고, 3시간보다는 5시간 이상 침종시킬 경우 상품화가 가능한 4 cm 이상의 A+B급의 비율이 증가되는 결과를 보였다.

Table 4. Effect of imbibition period on composition rate of soybean sprouts classified by their hypocotyl length.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ	A+B	C+D
	> 7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	< 4 cm (C)	0 cm (D)		
	%					
Cultivars (C)						
Pungsangnamulkong	75.4	7.9	14.2	2.4	83.3	16.7
Sowonkong	85.0	4.3	6.8	3.9	82.3	10.8
Junjery	89.1	3.9	4.9	2.1	93.0	7.0
LSD.05	3.1	2.3	2.1	ns	3.4	3.5
Imbibition period (hrs.; P)						
3	79.3	5.9	10.5	4.3	85.2	14.8
5	84.5	5.0	7.8	2.7	89.5	10.5
7	85.7	5.2	7.6	1.4	91.0	9.0
LSD.05	3.1	ns	2.1	2.3	3.4	3.5
C × P	**	ns	ns	*	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for the above periods into 2 ppm BA solution and then illuminated with red light for 5 minutes of the 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

침종시간을 3, 5, 7시간으로 달리하여 처리한 후 재배한 콩나물의 세근형성, 하배축 및 뿌리 길이 및 하배축 직경은 Table 5와 같다. 세근발생에서는 세근발생 비율은 소원콩에서 가장 낮았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 많았던 반면, 개체당 세근수

는 준저리에서 가장 적고, 소원콩, 풍산나물콩 순으로 많이 형성되었다. 하배축과 뿌리 길이는 준저리에서 가장 길었으며, 풍산나물콩과 소원콩은 거의 비슷한 것으로 조사되었다. 그러나 하배축의 중간과 hook 부분의 직경은 소원콩이 가장 굵고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 가늘어지는 경향을 보였다. 한편 침종기간에 따른 영향으로는 하배축 및 뿌리 길이, 하배축의 중간부분과 hook 직경은 침종기간간에 차이가 없었으나 침종기간이 3시간에서 7시간으로 늘어날수록 세균발생 비율과 개체당 세균수는 감소하는 경향을 보였다. 상품성에 가장 큰 영향을 미치는 세균형성으로 볼 때 3시간보다는 적어도 5시간 이상 처리하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

침종시간을 3, 5, 7시간으로 달리하여 처리한 후 재배한 콩나물의 생체중과 건물중은 Table 6과 같다. 개체당 전체 생체중은 소원콩에서 가장 많고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 적어졌는데 이는 주로 하배축의 생체중 차이에 기인되는 것으로 조사되었다. 그러나 개체당 전체 건물중은 생체중과 유사하였으나 이는 주로 자엽의 무게 차이에 기인되는 것으로 나타났다. 한편 침종기간에 따른 영향으로는 개체당 전체생체중은 침종기간이 가장 짧은 3시간에서 가장 적었으며 이는 주로 하배축 생체중이 적었던 데 기인되는 것으로 조사되었으며, 5시간과 7시간 침종간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 하배축 성장, 세균발생 및 생산수율을 고려할 경우 적어도 5시간 이상 침종하는 것이 바람직하다고 할 수 있으나, 침종 이후 BA 처리효과를 극대화시키기 위한 3시간의 aeration을 고려할 경우 1일 9시간 근무하는 콩나물 생산업체 종사자의 노동시간을 감안할 경우 침종시간은 5~6시간에 한정된다고 할 수 있다. 따라서 5시간으로 침종시간을 한정시켜 여타 재배과정을 최적화하는 것이 바람직한 접근 방법으로 사료된다.

다. BA 처리 및 처리량 경감방법 설정

1) BA 처리시기의 영향

콩 종자를 5.5시간 침종시킨 후 0.5시간 aeration을 반복하는 방법으로 24시간 침종시킬 경우 수분함량의 변화는 Fig. 5와 같다. 수분은 침종 후 첫 5.5시간 동안 주로 흡수되었으며, 그 이후에는 거의 흡수가 일어나지 않는 것으로 나타났다. 2개 공시품종의 수분함량의 평균은 첫 5.5시간 침종시킨 직후에는 59.85%, 30분간 aeration시킨 후 다시 5.5시간 침종시킬 경우 61.55%로써 두 번째 5.5시간의 침종기간 동안 1.70% 증가되는 것으로 조사되었다.

Table 5. Effect of imbibition period on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lateral root formation		Lengths		Hypocotyl diameters	
	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Middle	Hook
	— % —	no. sprout ⁻¹	— cm sprout ⁻¹ —	— mm sprout ⁻¹ —	— mm sprout ⁻¹ —	— mm sprout ⁻¹ —
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	72.3	6.2	12.5	5.5	2.03	1.69
Sowonkong	65.6	5.5	12.0	5.4	2.30	1.77
Junjery	78.5	4.8	13.1	6.2	1.86	1.54
LSD.05	9.1	1.1	0.4	0.7	0.11	0.07
Imbibition period(hrs.; P)						
3	86.7	6.1	12.3	5.6	2.01	1.70
5	74.5	5.9	12.3	5.7	2.11	1.64
7	55.2	4.6	12.6	5.8	2.07	1.66
LSD.05	9.1	1.1	ns	ns	ns	ns
C × P	**	ns	**	*	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for the above periods into 2 ppm BA solution and then illuminated with red light for 5 minutes of the 3 hour aeration, and after 6 day culture, the sprouts having hypocotyl length of longer than 7 cm were measured. ns, *, ** Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

Table 6. Effect of imbibition period on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	— mg sprout ⁻¹ —				— mg sprout ⁻¹ —			
Cultivars (C)								
Pungsangkong	291.0	514.9	42.5	848.4	73.0	22.6	3.2	98.7
Sowonkong	311.4	631.5	37.2	980.1	86.3	27.2	2.7	116.2
Junjery	204.2	467.9	36.2	708.3	44.8	21.0	2.5	68.3
LSD.05	33.7	33.0	4.7	63.7	13.5	1.8	0.3	15.1
Imbibition period (hrs.; P)								
3	254.8	501.1	40.3	796.2	65.0	22.3	3.0	90.4
5	278.1	547.0	37.0	862.1	66.5	24.2	2.7	93.4
7	273.7	566.2	38.6	878.5	72.6	24.3	2.7	99.5
LSD.05	ns	33.0	ns	63.7	ns	1.8	0.3	ns
C × P	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Referred to the footnotes of Table 5.

콩 종자의 수분흡수에 대한 이상의 결과는 aeration 없이 계속 침종을 가한 김동연 등(1988)의 보고와 유사하였다. Aeration 없이 계속 원료콩을 침종할 경우 일어나는 soaking injury를 방지하기 위한 이상의 乾水浸 方式에서 관찰되는 수분흡수 형태를 콩나물 재배에 적용되고 있는 식품첨가물을 이용한 종자소독, 기능성 물질의 처리 등에 활용할 수 있을 것이다.

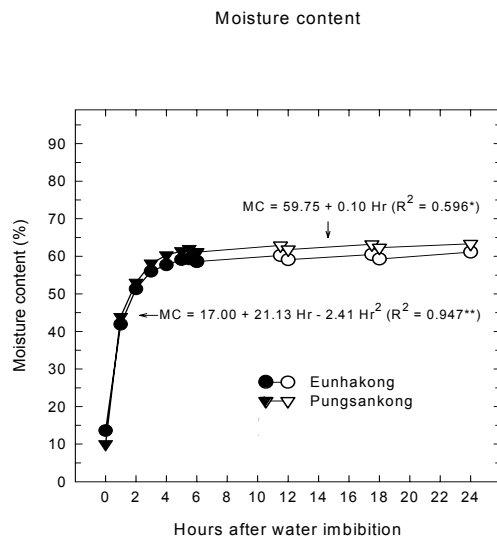


Fig. 5. Water absorption of soybean seeds affected by imbibition period.

이상에서 관찰된 콩 종자의 수분 흡수 형태를 이용하여 흡수가 급격히 일어나는 첫 5.5시간, 흡수가 아주 완만한 두 번째 5.5시간 또는 두 단계 모두 BA 4.0 ppm 용액에 침종한 후 6일간 재배한 콩나물의 발아 및 성장 정도는 Table 7과 같다. 발아와 관련된 조사항목 모두 공시품종과 BA 처리시기간에는 상호작용이 없어 품종과 BA 처리시기의 효과만 있는 것으로 분석되었다. 하배축 길이가 4 cm 이상으로 상품화가 가능한 A+B급의 비율은 소원콩에서 가장 높고, 재래종 준저리, 풍산나물콩, 은하콩 순으로 감소하였는데, 이러한 A+B급의 비율 감소는 A와 B급 비율의 감소와 C급 비율의 증가에 기인되는 것으로 나타났다. 한편 BA 처리시기에 따른 발아로는 A+B급의 비율은 첫 5.5시간과 두 번째 5.5시간을 BA로 처리한 것은 11시간의 침종 기간 전체를 BA로 처리한 것보다 높았다. 그러나 첫 5.5시간과 두 번째 5.5시간에

BA를 처리할 경우 A+B급의 비율은 차이가 없었다고 할지라도 두 번째 5.5시간에 BA를 처리할 경우 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급의 비율이 높은 것으로 조사되었다. 따라서 두 번째 5.5시간에 BA를 처리하는 것이 첫 5.5시간에 BA를 처리하는 것보다 비록 상품으로 출하 가능한 A+B급의 비율에서는 차이가 없다 할지라도 A급의 비율이 높아 발아와 성장 정도로 평가할 경우 최적 BA 처리시기로 평가된다.

Table 7. Germination and growth of soybean sprouts affected by imbibition time to BA solution.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ.	A+B	C+D
	>7 cm (A) [§]	4~7 cm (B)	<4 cm (C)	0 cm (D)		
	%					
Cultivars (C)						
Eunhakong	26.0	17.9	50.4	5.7	43.9	56.1
Pungsankong	26.1	25.6	40.4	7.9	51.7	48.3
Sowon	44.5	32.7	17.2	5.6	77.3	22.7
Junjery	40.0	25.8	29.3	7.9	62.7	37.3
LSD.05	7.4	7.9	5.3	ns	4.1	4.1
BA treatment time (T) [‡]						
1st 5.5 hours	32.8	27.0	31.3	8.9	59.8	40.2
2nd 5.5 hours	39.2	21.6	34.8	4.4	60.8	39.2
Whole 11 hours	28.4	27.7	36.8	7.1	56.1	43.9
LSD.05	6.4	ns	4.5	3.4	3.6	3.6
C × T	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed into distilled water except the above imbibition period done with 4.0 ppm BA solution lasted totally for 11 hours, and then illuminated 5 minutes with red light during 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Soaking into the BA solution was done for the 1st 5.5 hours, the 2nd 5.5 hours and the whole period in the Stage 1, 2, and 1+2, respectively.

[§] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the above imbibition.

ns Nonsignificant between treatment levels or factors.

이러한 BA 처리시기가 세근 발생, 하배축과 뿌리의 길이 및 하배축 중간과 hook 부분의 직경에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 8과 같다. 세근은 공시품종 및 BA 처리시기 모두 관찰되지 않았다. 하배축과 뿌리의 길이는 공시품종간 차이가 없

었으나 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 소원콩이 가장 큰 반면, 재래종 준저리가 가장 적었다. 한편 BA 처리시기에 따른 하배축과 뿌리의 길이는 첫 5.5시간과 두 번째 5.5시간을 BA로 처리한 것은 11시간의 침종기간 전체를 BA로 처리한 것보다 길었으나, 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 이와는 반대로 11시간의 침종기간 전체를 BA로 처리할 경우 좁아지는 것으로 나타났다.

Table 8. Morphological characters of soybean sprouts affected by imbibition time to BA solution.[†]

Parameters	Lateral root - no. sprout ⁻¹ -	Lengths [§]		Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl - cm sprout ⁻¹ -	Root	Hypocotyl - mm sprout ⁻¹ -	Hook
Cultivars (C)					
Eunhakong	0.0	9.2	2.7	2.32	1.62
Pungsankong	0.0	8.9	2.7	2.23	1.79
Sowonkong	0.0	8.8	2.7	2.47	1.91
Junjery	0.0	9.2	2.6	2.17	1.42
LSD.05	-	ns	ns	0.05	0.06
BA treatment time (T) [‡]					
1st 5.5 hours	0.0	9.3	2.9	2.29	1.65
2nd 5.5 hours	0.0	9.4	2.9	2.22	1.67
Whole 11 hours	0.0	8.4	2.3	2.39	1.75
LSD.05	-	0.3	0.1	0.04	0.05
C × T	-	*	**	**	**

[†] Seeds were imbibed into distilled water except the above imbibition period done with 4.0 ppm BA solution lasted totally for 11 hours, and then illuminated 5 minutes with red light during 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Soaking into the BA solution was done for the 1st 5.5 hours, the 2nd 5.5 hours and the whole period in the Stage 1, 2, and 1+2, respectively.

[§] Length and diameter of >7 cm among the sprouts cultivated for 6 days after the above imbibition.

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

하배축과 뿌리의 길이 및 하배축 직경과 관련된 형질 모두 공시품종과 BA 처리시간에 상호작용이 있어 이를 도시한 것은 Fig. 6과 같다. 하배축과 뿌리의 길이는

두 번째 5.5시간의 하배축 길이를 제외하고는 BA 처리시기별 품종간 차이가 있다고 할지라도 일정한 경향이 없었던 반면, 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 BA 처리 시기에 관계없이 소원콩이 굵은 것으로 나타났다. 콩나물 콩으로 최근 육성되어 증식중에 있는 소원콩은 백립종이 은하콩과 풍산나물콩에 비하여 적으나 통통한 형태를 보인다고 할 수 있어 추후 소원콩에 대한 콩나물과 관련된 형질의 세밀한 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

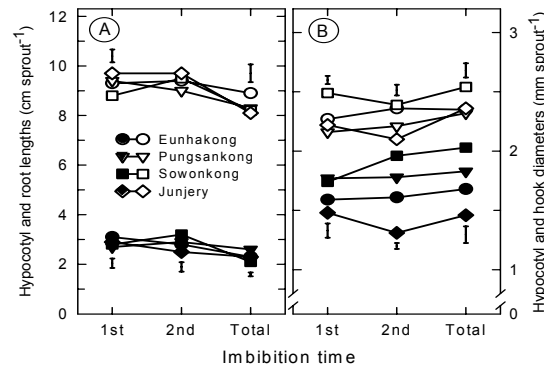


Fig. 6. Effect of imbibition time to BA 4.0 ppm solution on hypocotyl (hollowed) and root (filled) length in (A), and diameters of middle (hollowed) and hook (filled) parts of hypocotyl diameters in (B). 1st, 2nd and Total in the X axis mean the imbibition times for the first 5.5 hours, the second 5.5 hour and total 11 hours, respectively. The bars on the symbols indicate the values of LSD.05.

한편 BA 처리시기가 콩나물의 생체중과 건물중에 미치는 영향은 Table 9와 같다. 콩나물의 생체중과 건물중은 자엽중을 제외하고는 BA 처리시간 차이가 없었으며, 하배축의 생체중을 제외하고는 공시품종과 BA 처리시간에 상호작용도 없는 것으

로 분석되었다. 한편 공시품종의 생체중은 은하콩에서 가장 많고, 소원콩, 풍산나물콩, 준저리 순으로 작아졌으나, 전체건물중은 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 생체중과 백립중에 대한 조사결과는 종자의 크기에 기인된다고 할 수 있으나 소원콩에 비하여 백립중이 큰 풍산나물콩이 전체생체중은 오히려 적고, 전체건물중은 차이가 없어 콩나물로 재배되는 과정에서 저장물질의 전환 효율은 품종간 차이를 보이는 것으로 사료된다.

Table 9. Fresh and dry weights of soybean sprouts affected by imbibition time to BA solution.[†]

Parameters	Fresh weight [§]				Dry weight			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
mg sprout ⁻¹								
Cultivars (C)								
Eunhakong	321.6	508.9	37.3	867.8	76.4	22.6	2.1	101.1
Pungsankong	269.1	369.1	31.2	669.4	62.6	19.2	1.9	83.7
Sowon	256.9	453.9	33.0	743.8	60.4	19.9	1.9	82.2
Junjery	234.1	401.7	31.4	667.2	52.9	17.0	1.6	71.5
LSD.05	16.9	13.7	4.3	28.6	5.1	4.0	0.2	5.9
BA treatment time (T) [‡]								
1st 5.5 hours	264.4	430.9	32.7	728.0	62.9	18.6	1.9	83.4
2nd 5.5 hours	267.3	438.5	32.7	738.5	62.1	21.2	1.8	85.1
Whole 11 hours	279.5	430.8	34.2	744.5	64.2	19.1	1.9	85.2
LSD.05	14.6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × T	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed into distilled water except the above imbibition period done with 4.0 ppm BA solution lasted totally for 11 hours, and then illuminated 5 minutes with red light during 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Soaking into the BA solution was done for the 1st 5.5 hours, the 2nd 5.5 hours and the whole period in the Stage 1, 2, and 1+2, respectively.

[§] Fresh and dry weights of >7 cm among the sprouts cultivated for 6 days after the above imbibition.

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

재배기간보다는 침종기간에 BA를 처리하는 것이 처리농도를 낮출 수 있으며 (강

충길 등, 1989a), 24시간 BA 4 ppm에 침종시켜야 세균발생을 방지할 수 있는 것으로 보고되고 있어서 (강충길 등, 1996; 강진호 등, 2003a), 이러한 BA 처리 방법으로는 BA 처리량을 현저히 줄인다는 것은 불가능하다. 그러나 본 시험의 결과에서는 BA 처리시기가 콩나물의 발아, 세균발생, 형태 및 생장에 미치는 영향이 아주 미미하기 때문에 BA 흡수량을 줄이기 위하여는 첫 5.5시간은 물에 침종한 후 두 번째 5.5시간에 BA 4 ppm 용액에 침종하는 것이 바람직한 처리방법이라 할 수 있다.

이상의 종자 수분흡수에 대한 결과로부터 BA 처리비용을 계산한 것은 Table 10과 같다. 첫 5.5시간 침종시의 수분함량은 59.85%, 두 번째 5.5시간 동안 수분함량의 증가는 1.70%, 11시간 계속 침종시킬 경우 61.55%로써 (Fig. 5) 이러한 수분함량을 기준으로 콩 종자 1포 (40 kg)에 흡수되는 물의 양은 각각 23.94, 0.68, 24.62 ℓ로 계산되며 이에 포함된 BA 양은 각각 0.09576, 0.00272, 0.09848 g에 해당된다. 현재 25 g의 BA 1병 가격은 503,000원으로 원료콩 종자 1포 (40 kg)의 BA 처리비용은 각각 1,927원, 55원, 1,981원으로 계산된다. 그러므로 첫 5.5시간보다는 두 번째 5.5시간 동안 BA를 처리할 경우 처리비용은 각각 1/35, 1/36로 감소되기 때문에 처리시기에 따라 생산단가가 변화된다고 할 수 있다.

Table 10. Cost analysis for BA treatment time during the imbibition in production of soybean sprouts.[†]

BA treatment time	Increment of moisture content	Water uptake	Absorbed amount of BA	Cost for BA treatment [‡]
	— % —	ℓ 40 kg seeds ⁻¹	g 40 kg seeds ⁻¹	Won 40 kg seeds ⁻¹
1st 5.5 hours [†]	59.85	23.94	0.09576	1,927
2nd 5.5 hours	1.70	0.68	0.00272	55
Whole 11 hours	61.55	24.62	0.09848	1,981

[†] Soaking into the BA solution was done for the 1st 5.5 hours, the 2nd 5.5 hours and the whole period in the Stage 1, 2, and 1+2, respectively.

[‡] Calculated by ₩ 503,000, selling price of BA 25 g (Source: 2002-2003 Sigma catalog).

이상의 시험결과는 수분흡수가 많은 침종 시작 첫 5.5시간 또는 11시간 BA를 처리하는 것보다는 수분흡수가 둔화되는 두 번째 5.5시간에 BA를 처리할 경우 처리비

용을 대폭 절감할 수 있을 뿐만 아니라 상품으로 출하 가능한 A+B급의 비율, 특히 상품성이 가장 좋은 A급의 비율이 높은 반면, 생체중과 건물중에서는 처리간 차이가 없는 것으로 요약될 수 있다. 단체급식용 콩나물 생산에서 불가피하게 세균형성 억제용으로 BA를 처리할 경우 처리량과 처리비용을 경감하기 위하여는 수분흡수가 왕성히 일어나는 초기보다는 침종 후 흡수가 완만한 시기에 BA를 처리하는 것이 합리적일 것으로 사료된다.

2) BA 처리농도의 영향

가) 최대흡수기에 BA 처리

종자의 흡수가 최대로 일어나는 첫 5.5시간에 은하콩, 풍산나물콩, 소원콩 및 준저리 종자를 증류수, BA 1, 2, 4, 8 ppm에 5시간 침종한 후 6일간 재배한 콩나물의 하배축 길이를 조사한 후 하배축 길이가 7 cm 이상, 4~7 cm, 4 cm 이하 및 미발아 개체로 분리하여 그 비율을 계산한 결과는 Fig. 7과 같다. 4개 부류의 구성비율 모두 BA 처리농도에 따른 품종간 차이가 있었으나, 하배축 길이가 7 cm 이상과 4 cm 이하에서 품종간 차이가 크고, 그 차이는 2개군으로 대별되었다. 하배축 길이가 7 cm 이상이 차지하는 비율은 소원콩과 준저리에서 높고 은하콩과 풍산나물콩에서 낮았던 반면, 하배축 길이가 4 cm 이하의 비율은 7 cm 이상이 차지하는 비율과 반대의 경향을 보였다. 한편 2 ppm 이상의 BA 처리농도에서는 처리농도가 증가할수록 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율은 감소하였으나 4~7 cm와 4 cm 이하가 차지하는 비율은 증가되는 경향을 보였다. 하배축 길이가 4 cm 이상일 경우 상품화가 가능하다고 할 수 있으나 (강진호 등, 2003a), 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율이 높을수록 보다 많은 부가가치를 창출할 수 있기 때문에 품종선택과 처리되는 BA의 농도조절이 우선적으로 고려되어야 할 것으로 보인다.

종자의 흡수가 최대로 일어나는 첫 5.5시간에 처리되는 BA 농도가 상품성과 관련된 세균의 발생, 하배축 길이 및 직경, 뿌리 길이에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 10과 같다. 세균발생은 소원콩에서 가장 많았으며, 풍산나물콩과 준저리에서 가장 적었다. 이러한 결과는 최근 나물콩으로 육성되어 재배농가에 보급되고 있는 소원콩의 생장이 여타 공시품종에 비하여 빠른 결과에 기인된 것으로 분석된다. 한편 BA 처리농도에 따른 세균 발생은 BA를 전혀 처리하지 않을 경우 많았던 반면, 1~2 ppm에서는 현저히 줄었으며, 4 ppm 이상에서는 전혀 관찰되지 않았다. 4 ppm

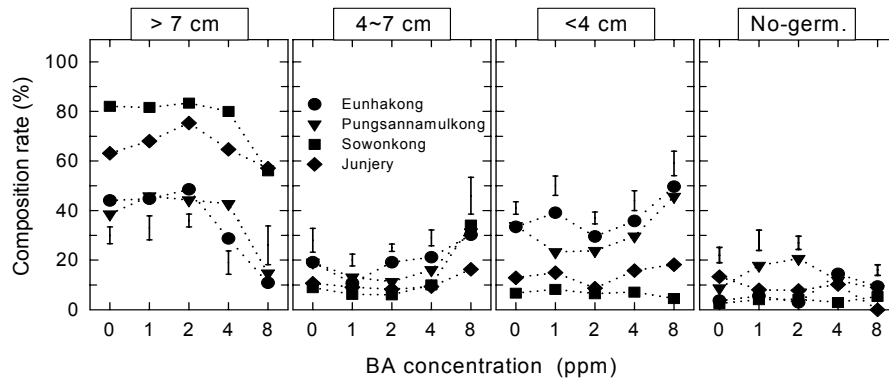


Fig. 7. Effect of BA concentration on germination and growth of soybean sprouts sorted by their hypocotyl length. The sprouts were cultivated for 6 days after the BA treatment. The vertical bars indicate values of LSD.05.

Table 10. Effect of BA concentration treated at maximum water absorption stage on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lateral root formation		Lengths			Hypocotyl diameters	
	Rate — % —	Number no sprout ⁻¹	Hypocotyl — cm —	Root — cm —	Total — cm sprout ⁻¹ —	Middle — mm sprout ⁻¹ —	Upper
Cultivars (C)							
Eunhakong	14.6	1.3	10.0	4.6	14.6	2.32	1.59
Pungsannamulkong	14.3	0.5	9.3	5.3	14.6	2.04	1.41
Sowonkong	32.0	2.0	10.0	4.5	14.5	2.37	1.65
Junjery	9.7	0.5	11.2	4.4	15.6	1.98	1.43
LSD.05	2.7	0.1	0.2	0.2	0.4	0.05	0.09
BA concentration (ppm; B)							
0	50.1	3.6	11.2	8.6	19.8	1.91	1.43
1	32.4	1.3	11.2	6.0	17.2	2.09	1.39
2	5.7	0.4	10.7	4.2	14.9	2.24	1.64
4	0.0	0.0	9.6	2.8	12.4	2.32	1.66
8	0.0	0.0	8.0	1.8	9.8	2.33	1.48
LSD.05	3.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.06	0.10
C x B	**	**	**	**	**	**	**

[†] Seeds were imbibed for 5.5 hours at the above BA solutions, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

** Significant at 0.01 probability.

이상의 BA를 처리하여야 세균이 전혀 형성되지 않는다는 강충길 등 (1989a, 1996, 1997)의 보고와 유사한 이상의 시험결과로부터 재배 시작 4일 후에 일제히 돌출하는 세균의 발생억제용으로 성장조절제를 일정 농도 이하로 처리하는 경우나 전혀 처리하지 않는 경우 재배중인 콩나물의 수확시기가 아주 중요한 요인으로 사료된다.

BA 처리농도에 따른 콩나물의 하배축의 길이 및 직경의 변화는 Fig. 8 (A), (B)와 같다. 하배축 길이는 처리농도가 1 ppm까지는 동일하거나 다소 증가하였으며, 그 이상의 농도에서는 감소되는 경향을 보였다. 처리농도에 관계없이 준저리에서 가장 길었던 반면, 풍산나물콩에서 가장 짧았으며 처리농도가 낮을수록 품종간 차이는 큰 경향을 보였다 (Fig. 8 (A)). 한편 하배축의 직경은 BA를 처리하지 않을 경우 공시품종간 차이가 없었으나, BA를 처리할 경우 은하콩과 소원콩에 비하여 풍산나물콩과 준저리에서 가는 것으로 조사되었다 (Fig. 8 (B)).

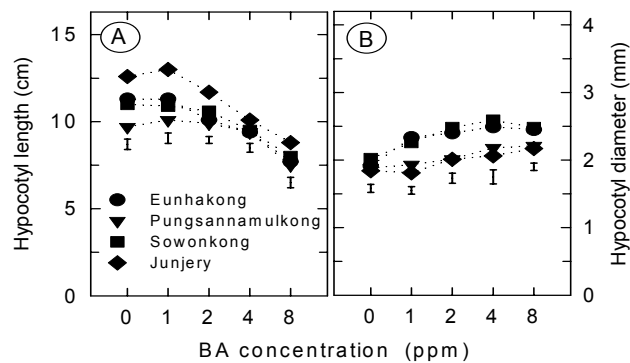


Fig. 8. Effect of BA concentration treated at maximum water absorption stage on hypocotyl length (A) and diameter (B) of soybean sprouts. The sprouts were cultivated for 6 days after the BA treatment. The vertical bars indicate values of LSD.05.

BA 처리농도에 따른 콩나물의 자엽, 하배축, 뿌리의 생체중과 건물중은 Table 11과 같다. 개체당 전체생체중은 은하콩과 소원콩에서 높았고, 준저리, 풍산나물콩 순

으로 감소하였다. 이러한 전체 생체중의 차이는 자엽과 하배축의 생체중의 차이에 기인되었으며, 주된 식용부위인 하배축 생체중은 소원콩에서 가장 높았고, 은하콩, 준저리, 풍산나물콩 순으로 감소된 반면, 자엽의 생체중은 은하콩에서 가장 높았고, 소원콩이 그 다음이었다. 전체 및 각 부위별 건물중도 생체중과 유사한 반응을 보였다. 그러나 자엽, 하배축 및 뿌리의 생체중에서 공시품종과 BA 처리농도간 상호작용이 있어 이를 도시한 것은 Fig. 9로 은하콩을 제외한 3개 품종은 2 ppm으로 BA를 처리할 경우 주로 하배축의 증가로 인하여 전체 생체중이 증가되는 경향을 보였다. 대개 콩나물의 자엽을 제거한 후에 조리하는 단체급식으로 이용될 경우 생체중과 건물중 모두 자엽의 무게가 가장 많은 은하콩보다는 소원콩의 식용부위가 보다 많아 경제적인 것으로 분석된다.

Table 11. Effect of BA concentration treated at maximum water absorption stage on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Eunhakong	305.4	547.1	35.8	888.3	77.0	26.1	2.4	105.5
Pungsankong	210.6	400.3	28.7	639.6	51.1	17.4	2.1	70.5
Sowonkong	244.9	580.3	35.2	860.4	56.4	25.4	2.3	84.0
Junjery	205.2	451.8	27.7	684.7	46.7	20.7	1.9	69.2
LSD _{.05}	12.0	21.2	2.9	29.1	3.4	0.9	0.2	4.2
BA concentration (ppm; B)								
0	233.8	408.0	48.2	689.9	59.5	20.0	3.2	82.8
1	231.9	507.9	30.1	769.9	56.6	22.5	2.3	81.3
2	247.3	549.7	29.9	826.8	57.3	23.4	1.9	82.6
4	255.8	527.7	27.0	810.5	58.0	22.8	1.7	82.5
8	238.8	481.1	24.1	744.0	57.5	23.3	1.7	82.5
LSD _{.05}	13.4	23.7	3.3	32.5	ns	1.0	0.2	ns
C x B	*	**	**	**	ns	ns	*	ns

[†] Seeds were imbibed for 5.5 hours at the above BA solutions, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

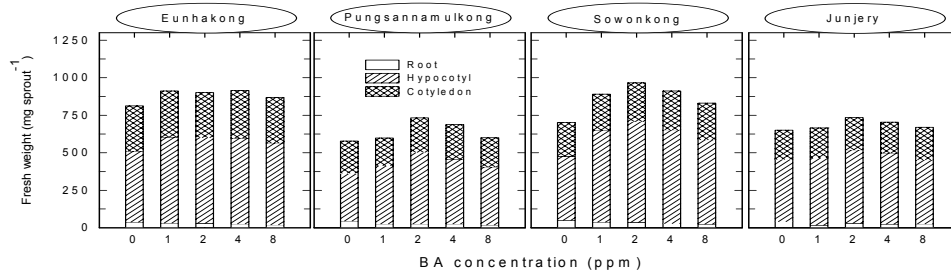


Fig. 9. Effect of BA concentration and soybean cultivars on their component fresh weights. The sprouts were cultivated for 6 days after the BA treatment.

나) 최대흡수기 이후에 BA 처리

건조종자를 5.5 시간 증류수에 침종시켜 0.5시간 aeration 시킨 종자를 증류수, BA 1, 2, 4, 8 ppm에 5.5시간 침종한 후 6일간 재배한 콩나물의 하배축 길이가 7 cm 이상, 4~7 cm, 4 cm 이하 및 미발아 개체로 분리하여 그 비율을 계산한 결과는 Fig. 10과 같다. 상품성이 가장 좋은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율은 BA 처리농도에 관계없이 준저리에서 가장 높았으며 풍산나물콩과 소원콩은 BA를 처리하지 않을 경우 비슷한 비율을 보였으나 BA 처리농도가 높아질수록 풍산나물콩에서 그 비율이 많이 감소되어 가장 낮은 것으로 조사되었다. 그러나 상품화가 가능한 하배축 길이가 4~7 cm 비율과 비정상개체인 <4 cm 비율은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율과는 반대의 결과를 보였다.

BA 처리농도가 상품성과 관련된 세근의 발생, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 12와 같다. 세근형성 비율은 공시품종간 차이가 없었으나, 개체당 발생 세근수는 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 준저리에서 적었다. 하배축과 뿌리 길이, 이들을 합한 전체길이는 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 준저리에서 길었으며 뿌리에 대한 하배축의 길이 비율은 준저리에서 적은 것으로 분석되었다. 하배축도 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 준저리에서 가는 경향을 보였다.

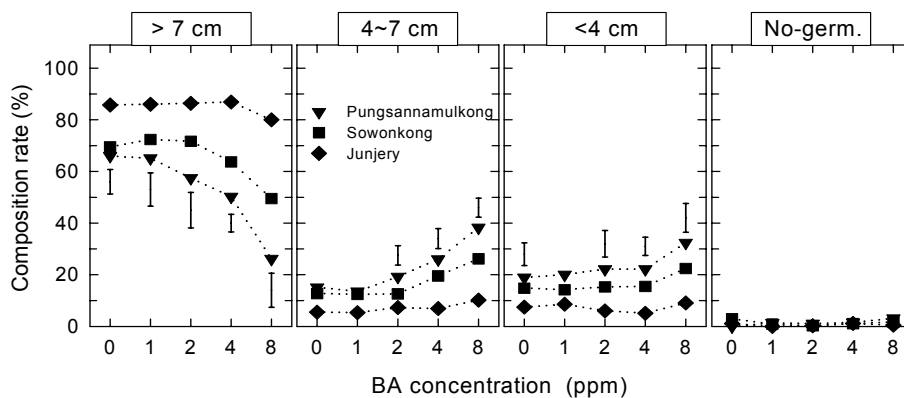


Fig. 10. Effect of BA concentration treated at lag stage after maximum water absorption on germination and growth of soybean sprouts sorted by their hypocotyl length. The sprouts were cultivated for 6 days after the BA treatment. The vertical bars indicate values of LSD.05.

Table 12. Morphological characters of soybean sprouts affected by concentration of BA treated after maximum water absorption of its seeds.[†]

Parameters	Lateral root formation		Lengths			Hypocotyl diameter	
	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Total	Middle	Upper
	— % —	m sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹			mm sprout ⁻¹	
Cultivars (C)							
Pungsannamulkong	12.7	1.4	10.6	4.2	14.8	2.09	1.47
Sowonkong	14.9	1.4	10.3	4.3	14.6	2.34	1.68
Junjery	17.9	0.8	11.5	5.4	16.9	1.91	1.45
LSD.05	ns	0.1	0.2	0.2	0.4	0.04	0.03
BA concentration (ppm, B)							
0	61.4	3.4	11.7	7.2	18.9	1.82	1.34
1	14.4	2.5	11.5	5.9	17.4	1.97	1.48
2	0.0	0.0	11.2	4.4	15.6	2.01	1.50
4	0.0	0.0	10.4	3.4	13.8	2.28	1.63
8	0.0	0.0	8.9	2.4	11.3	2.50	1.73
LSD.05	7.7	0.2	0.3	0.3	0.5	0.06	0.04
C × B	**	**	**	**	ns	**	**

[†] Seeds were imbibed for 5.5 hours at the above BA solutions after imbibed into distilled water for the first 5.5 hours of maximum water absorption stage, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

한편 BA 처리농도에 대한 반응으로서 증류수에 침중한 무처리와 1 ppm BA 농도에서 세근이 형성되었는데 1 ppm의 BA를 처리할 경우 개체당 세근수보다는 세근 형성 비율이 현저히 감소되는 것으로 조사되었다. 하배축과 뿌리 길이, 이들을 합한 전체길이는 BA 처리농도가 증가할수록 짧아졌던 반면, 뿌리에 대한 하배축의 길이 비율은 커져 BA 처리농도가 증가할수록 하배축보다는 상대적으로 뿌리의 신장이 더욱 억제되는 것으로 나타났다. 하배축의 중간과 hook 부분의 직경도 BA 처리농도가 증가할수록 굵어지는 경향을 보였다. 물의 흡수가 가장 많이 일어나는 침중 초기를 지난 이후에 2 ppm BA 농도를 처리하여도 세근이 전혀 형성되지 않은 이상의 시험 결과는 4 ppm의 BA를 처리하여야 세근이 전혀 형성되지 않는다는 강충길 등(1989a, 1996)의 시험결과와 비교하여 종자의 BA 흡수량을 현저히 줄인 것으로 판단된다.

생산수율 및 상품성과 관련된 하배축 길이와 굵기에서 공시품종과 BA 농도간 상호작용이 있어 이를 도시한 것은 Fig. 11 (A), (B)와 같다. 하배축 길이는 증류수에 침중한 무처리를 제외하고는 준저리에서 가장 길었으며 풍산나물콩과 소원콩은 처리농도별 차이가 없었던 반면, 하배축 직경은 길이와 반대의 경향을 보였다.

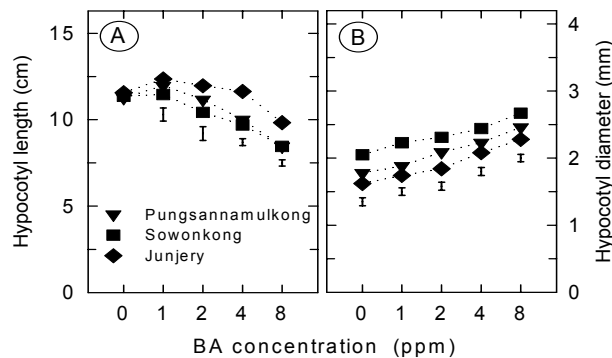


Fig. 11. Effect of BA concentration treated at lag stage after maximum water absorption on hypocotyl length (A) and diameter (B) of soybean sprouts. The sprouts were cultivated for 6 days after the BA treatment. The vertical bars indicate values of LSD.05.

BA 처리농도에 따른 콩나물의 자엽, 하배축, 뿌리의 생체중과 건물중은 Table 13 과 같다. 개체당 전체생체중은 소원콩이 가장 많았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 적어졌으며, 이러한 전체생체중의 차이는 주로 자엽 생체중의 차이에서 기인되는 것으로 조사되었다. 이와 더불어 개체당 전체건물중도 전체생체중과 유사한 반응을 보였다. 한편 BA 처리농도에 따른 반응으로서 BA 처리농도가 증가할수록 개체당 전체생체중도 증가하는 경향을 보였는데 이는 자엽, 하배축과 뿌리 생체중 모두의 증가에 기인되는 것으로 나타났으며, 개체당 전체건물중도 전체생체중과 유사한 반응을 보였다.

Table 13. Effect of BA concentration treated at lag stage after maximum water absorption on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Pungsankong	221.8	366.0	28.6	616.4	53.7	18.4	2.5	74.6
Sowonkong	227.4	447.2	27.2	701.8	55.6	21.2	2.3	79.1
Junjery	172.6	368.5	28.0	569.1	38.2	16.7	2.5	57.4
LSD.05	12.2	17.9	ns	26.3	3.0	2.3	ns	4.4
BA concentration (ppm, B)								
0	190.7	296.2	37.8	524.8	47.9	16.1	3.7	67.7
1	201.3	410.2	21.2	632.7	48.4	18.8	2.5	69.7
2	200.9	419.2	22.7	642.8	48.5	19.1	2.2	69.8
4	218.1	420.9	25.5	664.5	49.8	19.7	2.0	71.5
8	225.2	423.2	32.5	680.8	51.2	20.1	2.0	73.3
LSD.05	15.7	23.1	3.9	34.0	3.8	2.9	0.2	ns
C × B	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5.5 hours at the above BA solutions after imbibed into distilled water for the first 5.5 hours of maximum water absorption stage, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

3) 세균억제용 BA 투입량 조사

가) 타제품 특성조사

BA는 식물체에 존재하는 hormone의 일종이라 할 수 있다. 그러나 콩나물의 세균발생 억제용으로 이용되고 있는 인돌비 등에 포함된 BA는 인위적으로 합성한 화학제로 이를 국가기관에서는 농약으로 분류하고 있으며, 친환경농산물 인증 무농약콩나물 허가시에는 이의 이용을 엄격히 규제하고 있다. 그러나 생산자는 경제적 이득이 크다는 이유로 BA를 계속 사용하고 있다. 이러한 생산자와 소비자의 이해관계 때문에 BA의 이용 유무를 떠나서 이에 대한 논란은 계속될 것으로 예상된다. 이러한 논란에 대한 기초자료로 활용하고자 현재 국내 시장에서 판매되고 있는 무농약 콩나물을 수거하여 형태적 형질과 생체중을 조사한 결과는 Table 14와 같다. 세균은 대부분의 제품에서 거의 관찰되지 않았으며, 세균이 가장 많았던 제품은 개체당 0.9 개이었다. 주요 형태적 형질 및 생체중이 나타내는 범위로는 하배축은 8.0 ~ 10.9 cm, 뿌리는 3.6 ~ 7.6 cm, 하배축 직경은 2.05 ~ 2.47 mm, 개체당 전체생체중은 452.3 ~ 690.4 mg에 해당되었다. 시판중인 제품을 시장에서 제품을 수거하여 조사한 이러한 결과로부터 시판중인 콩나물은 형태와 크기는 일정하지 않다고 할 수 있다.

Table 14. Growth and morphological characters of the soybean sprouts collected from the markets.[†]

Commercial brands	Lateral roots	Length		Diameters		Fresh weights			
		Hypocotyl	Root	Hypocotyl	Hook	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	no. sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹	mm sprout ⁻¹	mm sprout ⁻¹	mg sprout ⁻¹			
1	0.0	9.1	4.2	2.18	1.64	139.0	373.2	20.0	512.2
2	0.9	8.0	7.6	2.08	1.40	155.5	296.8	31.5	452.3
3	0.0	9.8	3.6	2.05	1.23	161.4	392.8	27.4	554.2
4	0.0	10.9	3.8	2.47	1.81	152.3	538.1	21.6	690.4
5	0.1	9.2	4.4	2.16	1.40	183.8	376.0	32.4	559.8
6	0.4	9.8	3.9	2.10	1.54	158.3	358.5	29.7	516.8
Mean	0.2	9.5	4.6	2.17	1.50	158.4	389.2	27.1	547.6

[†] Products cultured at different companies were collected and measured.

나) BA 투입량 추정

콩나물 생산에 BA를 적용할 경우 하배축의 길이는 약간 짧아지는 반면, 뿌리

의 길이가 현저히 짧아지는 것이 일반적 특징이다. 이러한 특성을 이용하여 최대흡수기와 최대흡수기 이후의 BA 처리농도에 따른 뿌리에 대한 하배축 길이의 비율, 즉 H/R ratio를 Table 10과 Table 12로부터 각각 계산하여 도시한 것은 Fig. 12 ㉠ 및 ㉡와 같으며, 시중에 판매중인 콩나물의 조사치인 Table 14로부터 계산한 H/R ratio는 Fig. 12 ㉢와 같다. H/R ratio는 최대흡수기 이후에 BA를 처리하는 것보다 최대흡수기에 BA를 처리할 경우 높다고 할지라도 처리시기에 관계없이 BA 처리농도가 증가할수록 2차 함수식으로 증가하는 경향을 보였다.

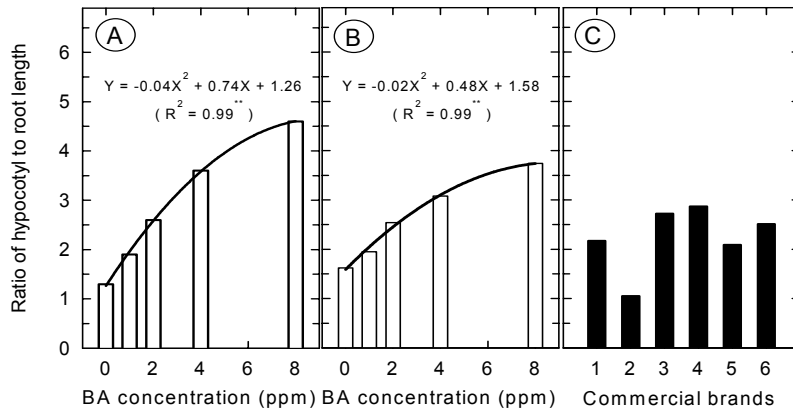


Fig. 12. Ratios of hypocotyl to root length affected by BA treatment concentrations at maximum water absorption stage (A) and its lag stage (B), and of the commercial brands collected from the markets (C). The sprouts were cultured for 6 days after imbibed for 5 hours at different BA solutions.

한편 “Commercial brand 2”를 제외한 시판중인 콩나물의 H/R ratio는 최대흡수기에 BA를 처리할 경우는 1~3 ppm, 최대흡수기 이후에 BA를 처리할 경우는 1~4 ppm의 범위에 속하는 것으로 나타났다. 따라서 시판 콩나물은 1~4 ppm의 BA가 처리되는 것으로 추정될 뿐만 아니라 나아가 소비자가 친환경농산물 인증품 무농약콩나물에서도 BA가 투입되고 있다는 의혹을 가질 수 있다는 측면으로 해석할 수 있다. 그러나 BA가 전혀 처리되지 않는 것과 비슷한 비율을 보인 “Commercial brand 2”와 같은 제품도 생산·판매되고 있기 때문에 개별 생산업체는 소비자의 신뢰도를

확보하여 제품경쟁력을 높이기 위하여는 뿌리보다는 하배축의 길이가 길어지는 원인을 보다 명확하게 제시할 필요가 있다고 사료된다.

4) BA 및 빗처리 유무의 영향

가) BA 처리량 경감방법 설정

2 ppm BA 또는 증류수에 5시간 침종한 후 3시간의 aeration중 5분간 적색광을 처리하거나 암상태에서 경과시킨 후 재배한 콩나물의 발아 및 생육정도는 Table 15와 같다. 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상인 A+B급의 비율은 풍산나물콩에서 가장 낮았고, 소원콩과 준저리간에는 차이가 없는 것으로 조사되었다. 한편 BA를 처리하지 않은 무처리에 비하여 BA를 처리할 경우 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급의 비율은 증가하는 반면, 하배축 길이가 4~7 cm의 비율은 감소되어, 이들을 합한 A+B급에서의 비율은 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 aeration 기간중 적색광을 처리할 경우 암상태로 aeration 시키는 것보다는 비정상개체의 비율은 적은 반면, 미발아 개체의 비율이 증가되는 경향을 보였다.

2 ppm BA 또는 증류수에 5시간 침종한 후 3시간의 aeration중 5분간 적색광을 처리하거나 암상태에서 경과시킨 후 재배한 콩나물의 세근형성, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경은 Table 16과 같다. 세근발생에 미치는 영향에서는 세근발생 비율은 풍산나물콩에서 가장 높았으며, 소원콩과 준저리간에는 차이가 없었던 반면, 개체당 세근수는 준저리에서 가장 적고, 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었다. 하배축 길이는 소원콩에서, 뿌리 길이는 준저리에서 가장 길었으며, 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 소원콩에서 가장 굵었고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 가늘어지는 경향을 보였다. 한편 BA를 처리하지 않은 것에 비하여 BA를 처리할 경우 세근형성 비율과 개체당 세근수는 감소되고 하배축과 뿌리 길이도 짧아졌던 반면, 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 굵어지는 것으로 나타났다. 암상태에서 aeration 시키는 것보다는 적색광을 처리할 경우 하배축 길이가 약간 짧아지는 것을 제외하고는 빗처리 유무간에 차이가 없었다.

2 ppm BA 또는 증류수에 5시간 침종한 후 3시간의 aeration중 5분간 적색광을 처리하거나 암상태에서 경과시킨 후 재배한 콩나물의 개체당 생체중 및 건물중은 Table 17과 같다. 개체당 전체 생체중은 상기시험의 결과와 같이 소원콩에서 가장 많고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 적어졌는데 이는 주로 하배축의 생체중 차이에 기

인되는 것으로 조사되었다. 그러나 개체당 전체건물중은 준저리에서 가장 적었으며 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었다. BA를 처리하지 않은 것에 비하여 BA를 처리할 경우 개체당 전체생체중, 자엽중, 하배축중이 증가되었던 반면, 근중은 감소되었다. 개체당 전체건물중은 BA 처리 유무간에 차이가 없었으나, 각부위별 건물중은 각부위별 생체중과 유사한 결과를 보였다. 한편 aeration 기간중 빛처리 유무간에는 차이가 거의 없는 것으로 조사되었다.

Table 15. Combined treatment effect of BA and light on composition rate of soybean sprouts classified by their hypocotyl length.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ.	A+B	C+D
	>7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	<4 cm (C)	0 cm (D)		
	%					
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	77.2	10.3	9.4	3.1	87.5	12.5
Sowonkong	88.1	5.0	5.8	1.0	93.2	6.8
Junjery	90.6	3.0	5.5	0.9	93.6	6.4
LSD.05	3.1	2.1	1.9	1.0	2.3	2.3
BA concentration (ppm; B)						
0	83.6	7.9	7.1	1.4	91.5	9.1
2	87.0	4.3	6.7	1.9	91.3	8.1
LSD.05	2.5	1.7	ns	ns	ns	ns
Light quality during imbibition (L)						
Dark	85.0	6.0	8.2	0.9	91.0	9.1
Red	85.6	6.3	5.7	2.4	91.9	8.1
LSD.05	ns	ns	1.5	0.8	ns	ns
C × B	**	ns	*	ns	*	*
C × L	ns	ns	ns	**	ns	ns
B × L	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × B × L	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution or distilled water, and then illuminated with red light for 5 minutes of the 3 hour aeration or not immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

이상의 발아 및 성장정도, 형태, 및 생체중에 미치는 빛의 처리효과가 미미한 것은 Kang 등 (2002, 2003), 강충길과 김영구 (1997)는 4 ppm의 BA를 처리하여 시험을 수행한 결과로서 BA 처리농도가 높을수록 빛과의 강한 상호작용으로 빛처리 효과가 크게 나타날 것으로 보인다. 그러나 처리농도가 낮은 2 ppm BA 용액에 5시간 침중시켜 콩나물을 생산하는 것이 상품성과 생산수율을 높이면서도 세균의 발생을 줄일 수 있어서 BA 이용을 규제하지 않는 단체급식용 제품생산에서 활용할 수 있는 결과로 판단된다.

Table 16. Combined treatment effect of BA and light on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lateral root formation		Lengths		Hypocotyl diameters	
	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Middle	Hook
	— % —	no sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹		mm sprout ⁻¹	
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	88.6	7.5	12.3	6.1	1.85	1.43
Sowonkong	83.7	7.8	12.9	6.0	2.01	1.53
Junjery	83.4	6.1	12.3	7.3	1.71	1.40
LSD.05	4.0	0.8	0.2	0.5	0.06	0.05
BA concentration (ppm; B)						
0	99.8	9.3	12.9	7.1	1.71	1.28
2	70.6	5.0	12.1	5.8	2.00	1.61
LSD.05	3.2	0.6	0.2	0.4	0.05	0.04
Light quality 5-hour during imbibition (L)						
Dark	86.2	7.9	12.6	6.5	1.86	1.43
Red	84.3	6.9	12.3	6.3	1.86	1.46
LSD.05	ns	ns	0.2	ns	ns	ns
C × B	*	*	**	ns	**	ns
C × L	ns	**	*	*	ns	ns
B × L	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × B × L	*	ns	ns	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution or distilled water, then illuminated with red light for 5 minutes the different light sources for 2 hours of the 3 hour aeration or not, and after 6 day culture, the sprouts having hypocotyl length of longer than 7 cm were measured.

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

Table 17. Combined treatment effect of BA and light on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Pungsankong	268.7	472.3	56.9	797.9	67.4	22.3	4.1	93.8
Sowonkong	280.7	548.8	53.0	882.5	61.9	24.2	3.9	90.0
Junjery	201.1	392.7	49.3	643.1	42.4	18.5	3.2	64.1
LSD.05	14.0	19.1	3.8	32.3	4.8	1.0	0.2	5.8
BA concentration (ppm; B)								
0	234.2	386.7	63.9	684.8	59.6	19.3	4.6	83.5
2	266.1	555.9	42.2	864.2	54.9	24.0	2.8	81.7
LSD.05	11.4	15.6	3.1	26.4	3.9	0.8	0.2	ns
Light quality 5-hour during imbibition (L)								
Dark	243.2	476.4	51.4	771.0	56.8	22.4	3.7	82.9
Red	257.1	466.1	54.8	778.0	57.7	21.0	3.7	82.4
LSD.05	11.4	ns	3.1	ns	ns	0.8	ns	ns
C × B	ns	*	**	*	ns	ns	ns	ns
C × L	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*
B × L	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
C × B × L	ns	*	**	*	**	ns	*	*

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution or distilled water, then illuminated with red light for 2 hours of the 3 hour aeration or not, and after 6 day culture, the sprouts having hypocotyl length of longer than 7 cm were measured.

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

다. Aeration 방법설정

1) 최적 aeration 온도 설정

BA 용액에 침중한 후 첫 관수를 시작할 때까지 침중중자가 공기에 노출되어 있는 3시간 동안 각각 20, 30 및 40℃로 유지한 후 6일간 나물을 재배하여 조사한 결과는 Fig. 13, 14, 15와 같다. 콩나물의 발아 및 성장에 미치는 영향을 구명하고자 하 배축 길이로 분류하여 그 비율을 도시한 것은 Fig. 13으로서 aeration 온도간에는 뚜

릿한 차이가 없었다. 그러나 공시품종간에는 뚜렷한 차이가 있었는데, 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급 비율은 소원콩에서 가장 높았던 반면, 준저리에서 가장 낮았다 (Fig. 13).

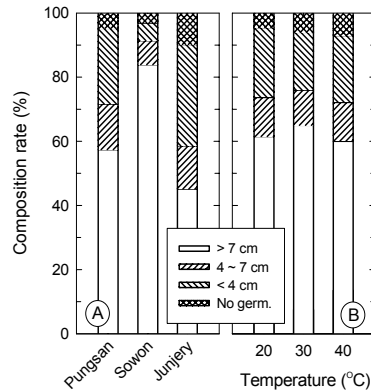


Fig. 13. Effect of cultivar (A) and aeration temperature (B) on composition rates of soybean sprouts classified by their hypocotyl length after germination. Pungsan and Sowon in Fig. A are the abbreviations of Pungsannamulkong and Sowonkong, respectively.

상품성에 가장 큰 영향을 미치는 세근형성 비율 (Fig. 14)과 생산수율과 관련된 생체중 (Fig. 15)도 콩나물의 발아 및 성장과 유사한 경향으로 aeration 온도보다는 공시품종의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 세근형성 비율은 풍산나물콩에서 가장 높았으며, 소원콩, 준저리 순으로 감소하였던 (Fig. 14) 반면, 개체당 생체중은 소원콩에서 가장 높았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 감소하였다 (Fig. 15).

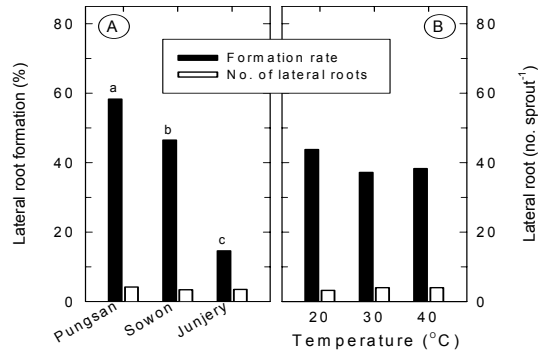


Fig. 14. Effect of cultivar (A) and aeration temperature (B) on lateral root formation (filled bars) and its number (hollowed bars) of soybean sprouts. Pungsan and Sowon in Fig. (A) are the abbreviations of Pungsannamulkong and Sowonkong, respectively. In Fig. (A), bars having different letters indicate significant difference at 5% level of LSD.

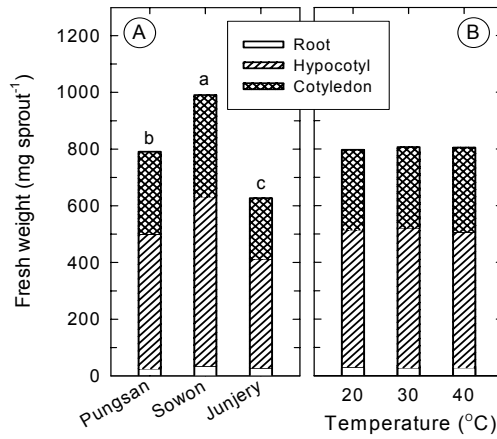


Fig. 15. Effect of cultivar (A) and aeration temperature (B) on cotyledon, hypocotyl, root and their total fresh weights of soybean sprouts. Pungsan and Sowon in Fig. (A) are the abbreviations of Pungsannamulkong and Sowonkong, respectively. Bars having the same letter indicate insignificant difference at 5% level of LSD.

BA의 흡수와 직접 관련된 수분 흡수는 침중 온도가 높을 경우 많고 빠르며, 침중 직후 첫 6시간내에 집중적으로 일어나는 것으로 보고되고 있다 (배경근 등, 2002). 그러나 imbibition injury로 인한 발아율 감소를 방지하기 위하여 8시간 이내로 침중시킨 종자를 건져 공기중에 노출시킬 경우 노출 온도에 따라 BA 용액의 수분 증발정도는 다르기 때문에 BA의 처리효과도 다를 것으로 예상되었으나 (Woodstock & Taylorson, 1981), 노출 온도, 즉 aeration 온도는 콩나물의 발아, 생장 세근발생 등에는 영향이 없는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 콩나물 생산회사의 재배시설을 고려한 온도범위내에서 BA 침중 직후부터 첫 관수까지 침중된 콩을 유지하여도 콩나물의 생장, 형태 및 생산수율은 영향을 받지 않을 것으로 사료된다.

2) Aeration 기간의 영향

BA 용액에 침중한 후 재배를 위한 첫 관수까지의 기간이 발아 및 생육 정도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 18과 같다. 공시품종중에서 하배축 길이가 4 cm 이상으로 상품화가 가능한 A+B급의 비율은 최근에 육성된 소원콩에서 가장 높고, 재래종 준저리, 풍산나물콩 순으로 낮아졌다. 이러한 차이는 주로 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급의 차이에 기인되는 것으로 나타났다. 그러나 침중 직후 첫 관수까지의 기간은 처리간 차이가 없어 발아 및 발아 이후 하배축 신장에는 영향을 미치지 않았다. 그러므로 BA 처리 후 첫 관수까지의 長短이 발아 및 하배축 신장에 미치는 영향보다는 품종의 영향을 크게 받는다고 할 수 있다.

BA 처리 이후 첫 관수까지 기간이 상품성과 가장 밀접히 관련된 세근형성, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 19와 같다. 세근 발생개체 비율과 개체당 세근수 모두 풍산나물콩과 준저리에 비하여 소원콩에서 많았다. 첫 관수까지의 aeration 기간이 1시간에서 4시간으로 늘어날수록 세근형성 비율은 비례하여 감소하였으나, 개체당 세근수는 3시간까지 감소하는 것으로 조사되었다. 하배축과 뿌리 길이, hook 직경은 2시간 이상 aeration 시킨 것에 비하여 1시간 aeration 시킬 경우 길고 굵었던 반면, 하배축 중간부분의 직경은 aeration 기간간에 차이를 보이지 않았다. 이러한 시험결과는 BA 용액에 침중한 후 재배를 위한 첫 관수까지의 기간이 하배축의 길이와 직경보다는 세근의 발생에 더 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

Table 18. Effect of aeration period after BA treatment on composition rate of soybean sprouts classified by their hypocotyl length.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ	A+B	C+D
	>7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	<4 cm (C)	0 cm (D)		
	%					
Cultivar (C)						
Pungsannamulkong	40.5	18.1	29.6	11.9	58.6	41.4
Sowonkong	77.6	10.2	10.2	2.0	87.8	12.2
Junjery	51.9	17.3	26.9	3.9	69.2	30.8
LSD.05	5.0	3.5	2.7	2.9	3.6	3.6
Aeration period (hrs; P)						
1	57.6	14.4	23.4	4.6	72.0	28.0
2	55.5	15.5	23.3	5.8	71.0	29.0
3	55.2	16.9	22.3	5.6	72.1	28.0
4	58.4	14.0	19.9	7.8	72.4	27.6
LSD.05	ns	ns	3.2	ns	ns	ns
C × P	*	ns	*	ns	*	*

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then aerated for different periods immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

Table 19. Effect of aeration period after BA treatment on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lateral root formation		Lengths		Hypocotyl diameters	
	Rate	Number	Hypocotyl	Root	Middle	Hook
	— % —	— no. sprout ⁻¹ —	— cm sprout ⁻¹ —	— mm sprout ⁻¹ —		
Cultivar (C)						
Pungsannamulkong	2.5	0.2	10.5	4.1	2.25	1.53
Sowonkong	18.6	2.2	11.7	5.6	2.44	1.83
Junjery	3.8	0.7	12.0	4.0	2.15	1.64
LSD.05	4.7	0.3	0.3	0.3	0.07	0.04
Aeration period (hrs; P)						
1	11.0	1.4	11.8	5.2	2.27	1.71
2	9.4	1.1	11.1	4.6	2.28	1.65
3	6.8	0.8	11.3	4.2	2.28	1.64
4	5.9	0.8	11.3	4.2	2.29	1.67
LSD.05	3.1	0.4	0.4	0.3	ns	0.04
C × P	ns	*	*	**	ns	ns

[†] Referred to the footnotes of Table 18.

이상의 시험결과는 강충길 등 (1997)이 BA 처리 후 첫 관수까지 2시간 이상을 경과시켜야 세균발생 억제를 위한 BA 처리효과를 높일 수 있다고 보고한 결과와 유사하였다. 그러나 강충길 등 (1997)은 3시간 이상의 aeration 효과를 검증하지 못하였기 때문에 이들과 본 연구결과를 종합하면 세균형성 억제용 BA를 처리한 이후 첫 관수까지 3~4시간 정도는 침종콩을 공기중에 노출시켜야 처리효과를 극대화할 수 있을 것이다.

BA 처리 이후 첫 관수까지의 경과시간에 따른 공시품종과 처리별 생체중 및 건물중은 Table 20과 같다. 전체 및 각 부위별 생체중은 소원콩에서 가장 많았으며, 풍산나물콩, 준저리 순으로 감소하였다. 각공시품종의 건물중도 이와 유사한 반응을 보였다.

Table 20. Effect of aeration period after BA treatment on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivar (C)								
Pungsankong	246.9	493.5	46.6	787.0	59.1	20.4	2.3	81.8
Sowonkong	283.9	563.3	48.4	892.6	62.3	23.1	2.4	87.7
Junjery	227.2	450.2	42.5	720.0	53.4	17.6	2.0	73.0
LSD.05	10.8	17.2	3.4	28.0	3.2	0.9	0.2	4.0
Aeration period (hrs; P)								
1	267.5	526.4	52.1	846.0	60.0	20.9	2.5	83.4
2	244.5	488.2	43.6	776.3	58.6	20.3	2.2	81.1
3	248.7	494.4	43.9	787.0	56.7	20.0	2.2	78.9
4	250.1	496.4	43.8	790.2	57.8	20.2	2.1	80.1
LSD.05	12.5	19.9	3.8	32.4	ns	ns	0.2	ns
C × P	ns	**	ns	*	ns	*	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then aerated for different periods immediately before 6 day culture.

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

한편 aeration 기간에 따른 건물중은 거의 차이가 없었으나, 생체중에서는 1시간 aeration을 가할 경우 자엽, 하배축, 뿌리와 이들의 합계치인 전체 생체중도 가장 많았으나, 이보다 aeration 기간이 길어질수록 각부위별 및 전체 생체중은 처리간 차이

가 없었다. 따라서 생산수율 측면에서는 1시간 aeration 시키는 것이 합리적이라 할 수 있으나 콩나물 상품성에 현저히 영향을 미치는 세근의 발생을 고려할 경우 (Table 19) BA 처리 직후부터 재배를 위한 첫 관수까지는 적어도 3~4시간 정도는 침종된 콩을 공기중에 노출시키는 것이 세근형성을 억제하여 상품화율을 높일 수 있는 적절한 방법으로 사료된다.

라. 최적 관수방법 설정

1) 관수간격에 따른 생장

하면담수 방식에서 관수간격을 달리하여 재배한 콩나물의 발아 및 생장정도, 개체당 세근수, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 생체중과 건물중은 Table 21과 같다. 관수간격을 2, 3, 4시간으로 달리할 경우 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율은 풍산나물콩에서 가장 낮았던 반면, 소원콩과 준저리간에는 차이가 없었다. 소원콩은 타공시품종에 비하여 개체당 세근수는 적은 반면, 하배축 직경, 개체당 생체중과 건물중은 굵고 많았다. 한편 관수간격에 대한 영향으로는 상품화율과 관련된 하배축 길이로 분류한 비율은 관수간격간 차이가 있었다. 개체당 세근수는 관수간격이 가장 긴 4시간에서 가장 많았으며, 하배축 길이와 중간부분의 직경, 개체당 생체중은 3시간의 관수 간격에서 가장 길고 굵고 많았다. 이상의 시험결과를 요약하면 상품화율, 세근형성, 생산수율 및 물 소비량을 고려할 경우 하면담수 방식으로 재배시에는 3시간마다 관수하는 것이 적절하다고 할 수 있다.

2) 관수시간에 따른 생장

하면담수 방식에서 관수시간을 달리하여 재배한 콩나물의 발아 및 생장정도, 개체당 세근수, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 생체중과 건물중은 Table 22와 같다. 하면담수 방식으로 재배할 경우 관수시간을 2.5, 3.0, 3.5분으로 달리할 경우 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상인 비율은 준저리에서 가장 높았던 반면, 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었다. 개체당 세근수는 품종간 차이가 없었지만 하배축과 뿌리 길이는 준저리에서, 하배축 직경과 개체당 생체중은 소원콩에서 가장 굵고 많았다. 한편 관수시간의 영향으로는 관수시간이 가장 짧은 2.5분 처리에서 상품화율과 관련된 하배축 길이가 4 cm 이상인 비율, 개체당 세근수, 하배축 직경과 개체당 생체중이 가장 적거나 가늘었다. 3분과 3.5분 처리는 하배축과 뿌리 길

Table 21. Effect of water supplying interval on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsankong	87.3	12.7	1.2	10.8	4.0	2.24	1.71	843.8	84.1
Sowonkong	91.5	8.4	0.6	11.1	3.9	2.47	1.77	918.6	93.4
Junjery	92.9	7.1	1.3	11.3	5.2	2.12	1.73	690.7	66.9
LSD.05	4.4	4.4	0.6	ns	0.4	0.06	0.05	42.7	10.7
Supplying interval (hrs; I)									
2	90.5	9.5	0.7	10.2	4.0	2.26	1.71	795.1	77.0
3	89.3	10.7	0.7	11.5	4.5	2.35	1.75	864.5	84.3
4	92.0	8.0	1.6	11.6	4.7	2.22	1.75	784.4	81.2
LSD.05	ns	ns	0.6	0.6	0.4	0.06	ns	42.7	ns
C × I	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

ns, * Nonsignificant or significant at 0.05 probability, respectively.

Table 22. Effect of water supplying period on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsankong	85.1	14.9	2.1	10.7	4.5	2.21	1.72	839.5	95.2
Sowonkong	86.8	13.2	1.6	10.7	4.2	2.44	1.89	868.4	92.1
Junjery	94.0	6.0	1.7	11.5	5.3	1.96	1.58	687.1	66.7
LSD.05	7.6	7.6	ns	0.6	0.5	0.09	0.07	39.7	6.1
Supplying period (min.; P)									
2.5	82.2	17.8	1.1	10.9	3.3	2.10	1.68	726.8	77.5
3.0	91.7	8.3	1.7	11.6	5.0	2.20	1.71	853.3	89.4
3.5	91.9	8.1	2.5	10.4	5.7	2.31	1.80	814.9	87.1
LSD.05	7.6	7.6	0.7	0.6	0.5	0.09	0.07	39.7	6.1
C × P	ns	ns	ns	**	**	**	ns	*	ns

[†] * Referred to the footnotes of Table 21.

이와 하배축 직경은 같았으나 개체당 생체중은 3분 처리에서 높았다. 따라서 형태 및 생산수율을 고려할 경우 3분간 관수하는 것이 바람직한 방법으로 사료된다.

마. 온도변화 및 조절방법 설정

1) 하면담수 및 상면살수 방식에서 재배기간중 온도변화

가) 하면담수 방식의 재배기간중 온도변화

하면담수 방식으로 재배되는 재배실과 재배기 내의 온도변화는 Fig. 16과 같다. 실외온도의 편차가 있음에도 불구하고 재배실은 콘크리트 건물내에 스틸로폼 단열재를 설치한 결과 실내온도는 거의 일정하게 유지되었다. 실외와 실내간의 온도편차는 3°C 정도이었으며, 재배기 내의 온도는 실내온도, 즉 재배사의 대기온도보다는 약 2°C 정도 낮은 20°C 이하로 조사되었다. 콩나물이 자라고 있어 재배실보다 온도가 높을 것으로 예상되는 재배기 내의 온도가 낮은 것은 16°C 내외로 유지되는 지하수를 3시간마다 물에 침수되도록 관수하기 때문에 일어난 현상으로 분석된다.

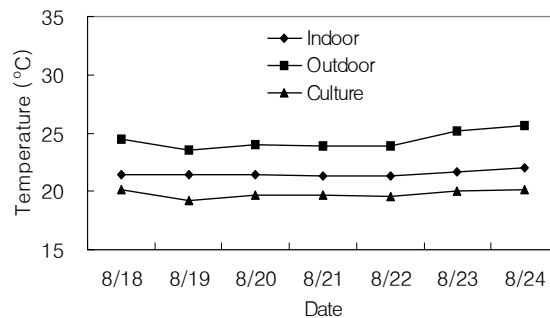


Fig. 16. Temperature change in underwatering culture of soybean sprouts.

나) 상면살수 방식의 재배기간중 온도변화

상면살수 방식으로 재배되는 재배실과 재배통 내의 온도변화는 Fig. 17과 같다. 측정기간 실외온도의 등락이 있었으나 재배사의 실내온도는 일정하게 유지되었으나, 플라스틱 재배통 내의 온도는 재배 시작 3일째에 2°C 정도 상승하는 것으로 조사되었다. 상기 하면담수 재배기와 비교하여 볼 때 플라스틱 재배통 내의 온도는 20°C

이상으로 예측되어 온도가 높은 특성을 보였다. 하면담수와 상면살수의 관수 방식에서 비롯한 이러한 온도 차이가 콩나물의 부패와 관련된 병원균의 창궐에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

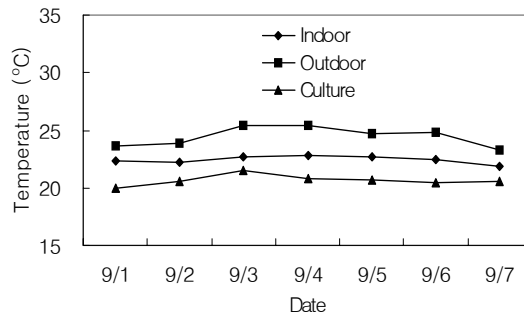


Fig. 16. Temperature change in overspraying system of soybean sprouts culture.

2) 온도하강 방법 설정

가) 가습기, 물흡림 및 팬 작동에 온도변화

가습을 위한 미스트 발생기, 물흡림 및 팬을 단독으로 작동시킬 경우의 온도 변화는 Fig. 17과 같다. 미스트 발생기와 물흡림 장치의 가동 유무간에는 실내온도의 차이가 거의 없는 것으로 예측되었다 (Fig. 17 top; middle). 그러나 팬을 작동할 경우 1°C 정도 온도하강 효과가 있는 것으로 나타났다 (Fig. 17 bottom). 따라서 미스트 발생기와 물흡림 장치보다는 팬이 온도하강에 더욱 효과적인 장치로 판단된다. 이러한 미스트 발생기, 팬, 물흡림 장치를 가동하더라도 온도하강의 효과가 미미한 반면, 상기 하면담수 또는 상면살수의 관수방식이 온도 변화에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 따라서 온도 상승이 심하게 일어나는 여름철에는 재배기간중 관수간격 또는 관수시간을 적절히 조절하여 재배기 또는 재배통 내의 온도 상승이 심하게 일어나지 않도록 함으로서 고온성 부패균에 의한 부패가 일어나지 않도록 하는 것이 합리적 방안으로 평가된다. 관수간격 또는 관수시간은 여분의 시설과 장치를 요구하지 않아 설비된 장치를 단순히 조작함으로써 가능하기 때문에 추후 이에 따른 세밀한 온도 변화를 추적할 필요가 있는 것으로 사료된다.

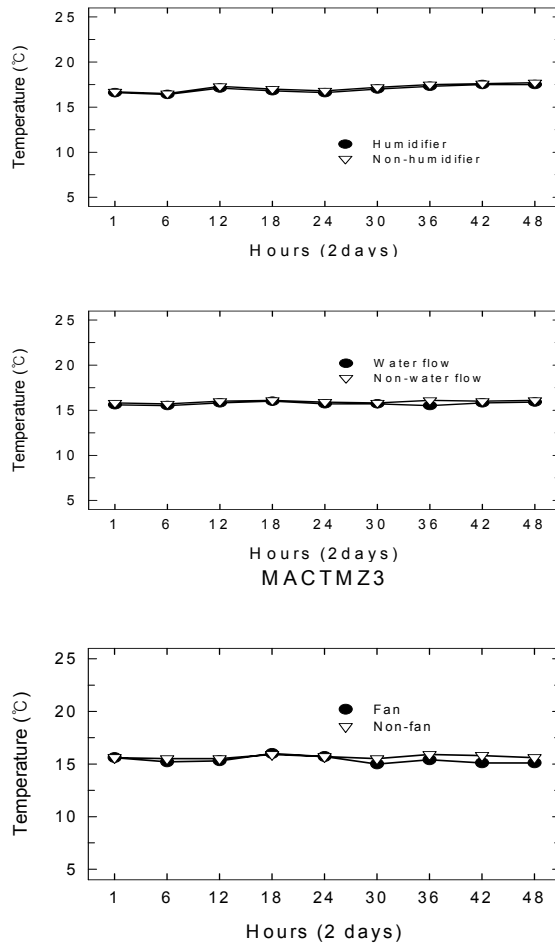


Fig. 18. Temperature affected by operation of mist sprayer, water flow or fan in soybean sprout culture room.

나) 물흡림과 팬 가동에 따른 온도변화

재배실 바닥으로 물흡림, 측창 팬을 단독 또는 동시에 작동시킬 경우의 온도 변화는 Fig. 19와 같다. 상기 개별 시험결과와는 달리 물흡림 장치와 팬을 분리하여 단독으로 가동시킬 경우 온도가 높은 일수가 많았으나, 이들 장치를 동시에 작동시킬 경우 대조구와 차이가 없는 것으로 계측되었다. 이러한 장치들을 설치하여 작동

시키면 온도를 낮출 것으로 예상되었으나 이들 장치는 온도를 하강시키는 효과가 아주 미미한 것으로 나타나 여름철 온도상승으로 인한 부패가 문제가 되는 콩나물 재배에서 재배실, 나아가 재배기 내의 온도를 낮출 수 있는 대안을 마련하여야 할 것으로 사료된다.

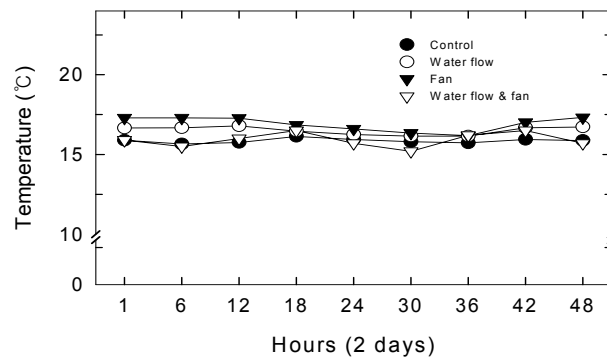


Fig. 19. Temperature affected by operation of water flow and fan in soybean sprout culture room.

3. 기능성 및 세균발생 억제 겸용물질 개발

가. 세균형성 억제용 대체 물질 선별

풍산나물콩, 소원콩 및 준저리 3개 공시품종 종자를 녹차와 두층 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산을 10%로 희석한 용액에 5시간 침종한 후 6일간 재배된 콩나물의 세균형성 비율과 개체당 세균수는 Fig. 19와 같다. 세균형성 비율은 3개 공시품종을 평균할 경우 두층잎 추출물을 처리할 경우 가장 낮았던 반면, 여타 처리간에는 차이가 없었다. 평균 세균형성 비율이 가장 낮았던 두층잎 추출물 처리에서 세균형성 비율은 소원콩에서 가장 높았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 감소하였다 (Fig. 19 (A)). 한편 세균이 형성된 개체당 세균수도 3개 공시품종을 평균할 경우 세균형성 비율과 유사한 결과를 보였다. 개체당 세균수는 공시품종간 차이가 없었던 키토산을 제외한 처리에서는 소원콩에서 가장 많았으며, 풍산나물콩, 준저리 순으로 감소되었다 (Fig. 19 (B)). 이러한 시험결과로부터 기능성 또는 식물체로부터 분리된 천연물질

이 콩나물의 상품성과 가장 관련이 깊은 세근의 형성에 미치는 영향이 제각기 다르기 때문에 이들의 이용시 세심한 주의가 필요하다고 할 수 있다.

SBARP1A

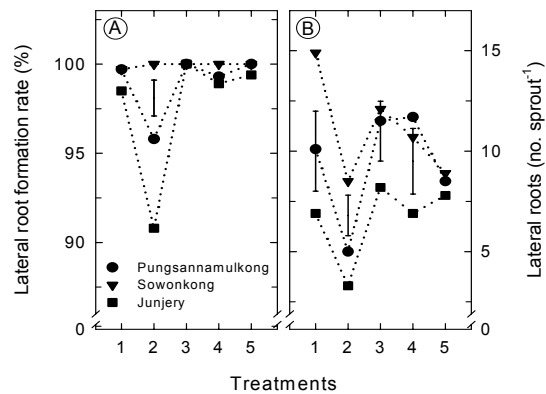


Fig. 19. Effect of plant extract, ocher and chitosan treatments on lateral root formation rate and its number per sprout. Treatment 1, 2, 3, 4, and 5 mean extracts of tea leaves, hard rubber tree leaves, and corn kernels, ocher and chitamate, respectively, treating their 10% solutions. Bars on the treatment indicate values of LSD.05.

녹차와 두충 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산을 10%로 희석한 용액에 풍산나물콩, 소원콩 및 준저리의 3개 공시품종 종자를 5시간 침종한 후 6일간 재배된 콩나물의 세근형성 비율과 개체당 세근수는 Fig. 20과 같다. 상품성이 가장 좋은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율은 처리에 관계없이 풍산나물콩과 소원콩간에 차이가 없었으며 그 비율도 높았던 반면, 준저리에서는 아주 낮았으며, 특히 두충잎 추출물을 처리할 경우 극히 낮은 것으로 나타났다. 상품화가 가능한 하배축 길이가 4~7 cm에서는 두충잎 추출물 처리를 제외하고는 준저리에서 가장 높은 경향을 보였다. 발아는 되었으나 하배축 길이가 짧거나 비정상개체로 상품화가 불가능한 하배축 길

이가 4 cm 이하의 비율 역시 처리에 관계없이 풍산나물콩과 소원콩간에 차이가 없었으며 그 비율도 아주 낮았던 반면, 준저리에서는 매우 높았으며, 특히 두충잎 추출물을 처리할 경우 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 미발아 종자는 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산을 처리할 경우 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 준저리에서 높은 것으로 조사되었다.

2D Graph 1

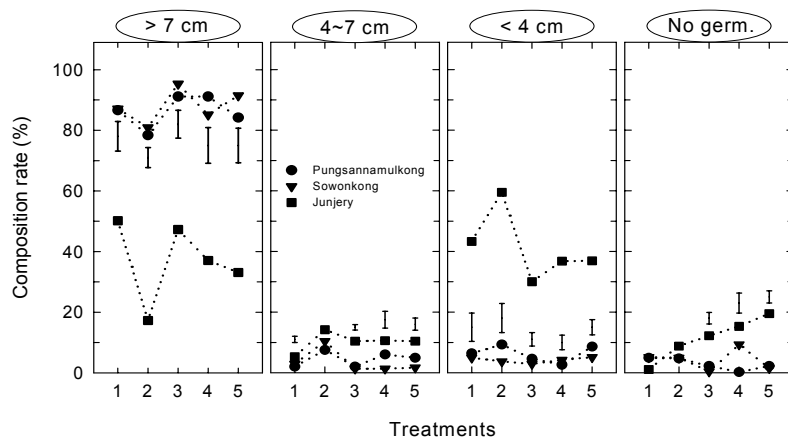


Fig. 20. Effect of plant extract, ocher and chitosan treatments on germination and growth of soybean sprouts sorted by their hypocotyl lengths. Treatment 1, 2, 3, 4, and 5 mean extracts of tea leaves, hard rubber tree leaves, and corn kernels, ocher and chitosan, respectively, treating their 10% solutions. Bars on the treatment indicate values of LSD.05.

녹차와 두충 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산을 10%로 희석한 용액에 5 시간 침중한 후 6일간 재배된 콩나물의 하배축, 뿌리 및 전체길이, 하배축과 뿌리 길이 비율 (H/R ratio), 하배축 직경은 Table 23과 같다. 풍산나물콩과 소원콩은 하배축, 뿌리 및 전체 길이에서 차이가 없었던 반면, 이들 품종에 비하여 준저리는 하배축 및 뿌리 길이가 모두 짧아 그 결과 전체길이도 짧았다. 하배축과 뿌리 길이의 비율 (H/R ratio)도 이들 길이와 유사한 경향을 보였다. 한편 하배축 중간 또는 hook 부분의 직경은 소원콩에서 가장 굵고, 준저리, 풍산나물콩 순으로 가늘어졌다.

녹차와 두충 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산 처리의 영향으로 전체 길이는 녹차잎 추출물 처리에서 가장 길고, 옥수수 종자 추출물과 황토, 키토산, 두충잎 추출물 순으로 짧아졌다. 이러한 전체 길이는 하배축과 뿌리 길이의 長短에 따라 영향을 받는다고 하나 하배축보다는 뿌리 길이의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 한편 H/R 비율은 이들의 길이와는 반대로 전체길이가 길수록 낮아지는 경향을 보였다. 하배축 중간 부분의 직경은 처리간 차이가 없었으나 hook 부분의 직경은 키토산 처리에서 가장 가늘었으며 여타 4개 처리에서는 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Table 23. Treatment effect of additives and plant extracts on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lengths			H/R ratio	Hypocotyl diameters	
	Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook
	cm sprout ⁻¹				mm sprout ⁻¹	
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	13.7	8.8	22.5	1.56	1.72	1.20
Sowonkong	14.0	8.7	22.7	1.61	1.85	1.34
Junjery	11.3	8.1	19.4	1.40	1.77	1.26
LSD.05	0.4	0.5	0.8	0.11	0.12	0.05
Additives and plant extracts (A)						
Tea leaves	13.9	9.7	23.6	1.43	1.73	1.27
Hard rubber tree leaves	10.9	6.8	17.7	1.60	1.78	1.29
Corn kernel	13.6	8.7	22.3	1.56	1.78	1.29
Ocher	13.4	8.9	22.3	1.51	1.79	1.27
Chitomate	13.2	8.7	21.9	1.52	1.81	1.20
LSD.05	0.5	0.7	1.01	0.14	ns	0.07
C × A	ns	*	*	ns	ns	**

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 10% of additives and plant extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

녹차와 두충 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산을 10%로 희석한 용액에 5시간 침중한 후 6일간 재배된 콩나물의 개체당 각부위 및 전체 생체중과 건물중은 Table 24와 같다. 공시품종별 전체생체중은 준저리에서 가장 적었으며 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었다. 전체생체중에서 이러한 품종간 차이는 부분적으로

뿌리의 생체중 차이에서 기인되나 주로 하배축 생체중의 차이에서 기인되는 것으로 조사되었다. 가공시품종별 건물중도 생체중과 유사한 결과를 보였다. 녹차와 두충 잎, 옥수수 종자 추출물, 황토 및 키토산이 생체중과 건물중에 미치는 영향으로 전체생체중은 녹차잎 추출물 처리에서 가장 많았던 반면, 두충잎 추출물 처리에서 가장 적었으며, 하배축과 뿌리 생체중도 이와 유사한 경향을 보였다. 개체당 전체건물중은 개체당 전체생체중이 가장 적었던 두충잎 추출물 처리에서 자엽 무게가 현저히 높아 가장 많았던 반면, 황토 희석액 처리에서 가장 적었다.

Table 24. Treatment effect of additives and plant extracts on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Pungsannamulkong	226.3	438.4	66.9	731.6	54.3	20.4	3.9	78.6
Sowonkong	240.3	460.2	68.1	768.6	56.6	20.5	4.1	81.2
Junjery	206.8	303.5	38.9	549.3	47.2	14.6	4.0	64.8
LSD.05	ns	20.2	4.6	58.8	3.5	0.9	0.3	4.2
Additives and plant extracts (A)								
Tea leaves	223.5	429.2	62.6	715.3	52.5	19.6	4.0	76.2
Hard rubber tree leaves	214.8	353.0	52.5	620.3	57.6	16.9	3.5	78.0
Corn kernel	219.2	421.7	59.7	700.7	52.1	19.0	3.9	75.0
Ocher	210.3	410.5	59.0	679.8	49.8	17.9	3.3	71.0
Chitomate	254.6	389.1	56.0	699.7	51.4	19.1	3.7	74.2
LSD.05	ns	26.1	6.0	76.0	4.5	1.2	0.4	5.4
C × A	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	**

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 10% of additives and plant extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.
ns, *, ** Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

나. 두충잎 추출물 처리농도에 따른 변화

1) 처리 농도에 따른 변화

침중시 두충잎 추출물 처리농도에 따른 콩나물의 세근형성 비율과 개체당 형성 세근수를 조사한 결과는 Fig. 21과 같다. 공시품종 모두 5%의 두충잎 추출물 또는 물에 침중시킬 경우 세근이 형성되었다. 그러나 희석비율을 10%로 높일 경우 소원콩은 거의 세근이 형성되었으나, 준저리에서 크게 감소되었다. 개체당 형성 세근수는 희석농도에 관계없이 소원콩에서 가장 많았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 적어졌다. 이와 아울러 세근수는 두충잎 추출물이 아닌 물에 희석할 경우 가장 많았으며, 희석농도를 5%에서 10%로 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 두충잎 추출물 처리에 따른 세근형성은 품종에 따라 차이를 보인다고 할지라도 두충잎 추출물 처리로 콩나물의 상품성에 가장 큰 영향을 미치는 세근형성을 줄이기 위하여는 적어도 10%의 희석농도로 처리하여야 할 것으로 사료된다.

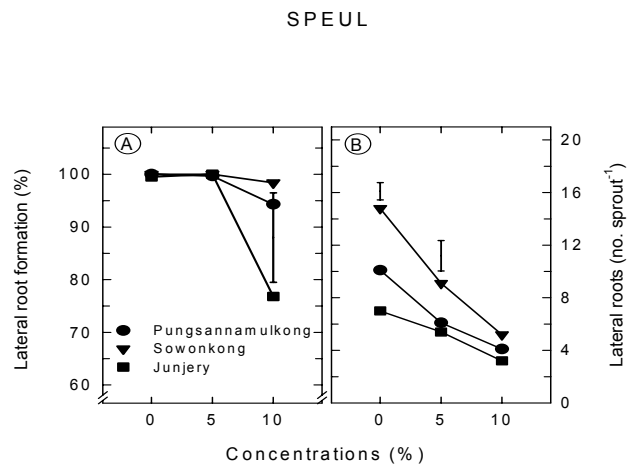


Fig. 21. Treatment concentration effect of hard rubber tree leaf extracts on rate of lateral root formation (A) and number of lateral roots (B) of soybean sprouts. The vertical bars indicate values of LSD.05.

침중시 두충잎 추출물 농도를 달리하여 처리한 후 6일간 재배한 콩나물의 하배축 길이를 조사하여 이들을 비율로 환산한 결과는 Fig. 22와 같다. 상품성이 가장 좋은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율은 처리농도 모두 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었던 반면, 준저리에서 가장 낮았다. 그러나 대조구인 물에 처리한 것과 5%

농도로 처리한 것에서는 큰 차이가 없었던 반면, 10%로 처리농도를 증가시킬 경우 현저히 감소하였다. 발아는 되었으나 판매가 불가능한 하배축 길이가 4 cm 이하의 비정상 개체 비율은 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율과 정반대의 결과를 보였다. 그러나 하배축 길이가 4~7 cm 비율은 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 물 또는 5% 농도로 처리할 경우 준저리에서 가장 높았던 반면, 10% 처리농도에서는 공시품종간 차이가 없었으며 미발아개체 비율에서도 처리농도에 관계없이 공시품종간 차이가 없었다.

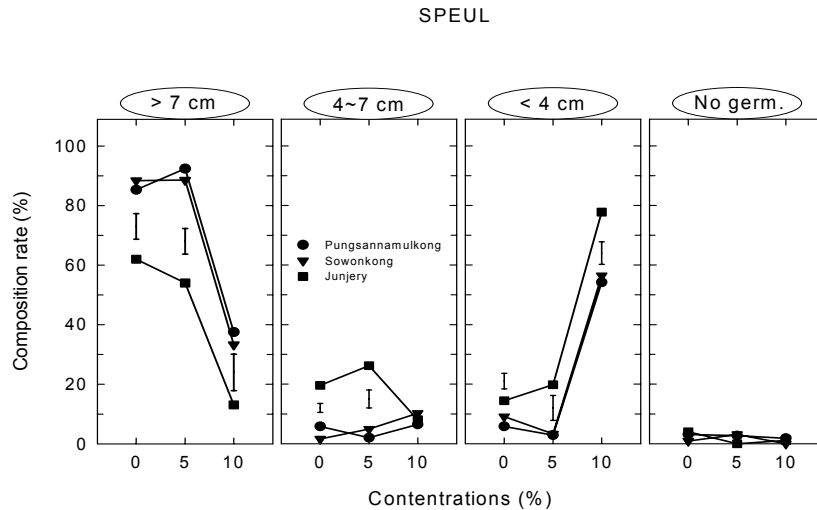


Fig. 22. Treatment concentration effect of hard rubber tree leaf extracts on germination and growth of soybean sprouts sorted by their hypocotyl lengths. Bars on the treatment indicate values of LSD.05.

침종시 두층잎 추출물 농도를 달리하여 처리한 후 재배한 콩나물의 형태를 조사한 결과는 Table 25와 같다. 하배축, 뿌리 및 이들을 합한 전체 길이는 풍산나물콩과 소원콩간에는 차이가 없었으며, 이들 품종에 비하여 준저리에서 짧은 것으로 조사되었다. 하배축 중간과 hook 부분의 직경에서 각공시품종의 반응도 이들 길이와 유사한 결과를 보였다. 한편 두층잎 추출물 처리농도가 증가할수록 하배축, 뿌리 및 전체 길이는 짧아졌던 반면, 하배축 길이에 대한 뿌리 길이의 비율인 H/R ratio는

10% 처리농도에서 가장 높아 처리농도가 증가할수록 뿌리의 신장이 상대적으로 크게 억제되는 것으로 분석되었다. 이와 더불어 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 굵어지는 경향을 보였다. 따라서 두층잎 추출물 처리농도가 10%로 증가할수록 하배축에 비하여 뿌리의 신장이 상대적으로 많이 억압되는 대신에 직경이 굵어진다고 할 수 있다.

Table 25. Treatment concentration effect of hard rubber tree leaf extracts on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lengths			H/R ratios	Hypocotyl diameters	
	Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook
	cm sprout ⁻¹				mm sprout ⁻¹	
Cultivars (V)						
Pungsannamulkong	12.2	8.3	20.5	1.47	1.88	1.33
Sowonkong	12.5	8.0	20.5	1.56	1.96	1.42
Junjery	10.4	6.9	17.3	1.50	1.77	1.28
LSD.05	0.4	0.6	1.0	ns	0.08	0.05
Concentrations (%; C)						
0	13.9	9.4	23.7	1.48	1.81	1.30
5	11.9	8.0	19.5	1.49	1.83	1.33
10	9.3	5.8	15.1	1.60	1.94	1.40
LSD.05	0.4	0.6	1.1	0.10	0.08	0.05
V × C	**	*	**	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into different concentrations of hard rubber tree leaf extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.
ns, *, ** Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probabilities, respectively.

침종시 두층잎 추출물 농도를 달리하여 처리한 후 재배한 콩나물의 개체당 각부위 및 전체 생체중과 건물중을 조사한 결과는 Table 26과 같다. 전체생체중은 소원콩에서 가장 많았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 감소하였다. 이러한 전체생체중에서 품종간 차이는 주로 하배축 생체중의 차이에 기인되는 것으로 나타났다. 전체건물중에서 품종간 차이도 전체생체중과 유사하였다. 한편 추출물 처리농도에 대한 변화로서 전체생체중은 처리를 가하지 않은 무처리에 비하여 처리농도를 10%로 증가할수록 감소하였으며 이러한 전체생체중에서의 감소는 주로 하배축 생체중 감소에

기인되는 것으로 조사되었다. 한편 개체당 전체건물중은 두충잎 추출물의 처리농도 간에 차이가 없었다. 따라서 두충잎 추출물을 처리할 경우 BA를 처리하지 않고도 세균발생을 억제하고 하배축이 짧으면서도 굵은 콩나물을 생산할 수 있을 것으로 판단되나 비정상 개체가 증가하기 때문에 이를 극복할 수 있는 방법이 아울러 모색되어야 할 것으로 사료된다.

Table 26. Treatment concentration effect of hard rubber tree leaf extracts on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (V)								
Pungsannamulkong	209.0	381.6	58.8	649.3	53.4	18.1	3.5	75.0
Sowonkong	234.2	419.5	53.7	707.4	57.8	19.5	3.7	81.0
Junjery	197.3	291.1	40.0	528.3	54.5	14.9	2.9	72.3
LSD.05	15.7	21.5	7.8	39.3	ns	1.1	0.3	5.9
Concentrations (%; C)								
0	211.3	422.5	55.4	689.0	50.2	29.8	3.7	73.8
5	210.8	365.1	56.7	632.6	55.5	17.0	3.4	76.0
10	218.3	304.9	40.3	563.5	60.0	15.5	4.9	78.4
LSD.05	ns	21.5	7.4	39.3	4.9	1.1	0.3	ns
V × C	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into different concentrations of hard rubber tree leaf extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.
ns, * Nonsignificant or significant at 0.05 probability, respectively.

2) 재배일수에 따른 변화

두충잎 추출물 10% 희석액에 5시간 침종한 후 재배일수를 달리하여 조사한 콩나물의 세균형성 비율 및 개체당 형성된 세균수는 Fig. 23과 같다. 세균은 재배 5일 후 풍산나물콩에서는 거의 모든 개체에서 형성되었고, 소원콩, 준저리 순으로 형성비율이 낮아졌던 반면, 재배 6일 후부터는 공시품종 모두 거의 모든 개체에서 세균이 형성되었다. 개체당 세균수에서 각공시품종의 반응은 재배 일수가 길어지면 계속 증가하였으나 준저리에서 가장 적고, 풍산나물콩, 소원콩 순으로 증가하는 많아지는 경

향을 보였다. 이러한 시험결과로부터 두충잎 추출물에 침종시켜 콩나물을 재배할 경우에는 초기 세근이 형성되는 개체의 비율은 품종간 차이가 많은 반면, 재배 후기로 갈수록 그 차이가 현저히 줄어들었으나, 세근이 형성된 개체별 세근수는 재배일수에 관계없이 일정하게 유지된다고 할 수 있다. 따라서 시중에 유통되고 있는 대부분의 콩나물이 준저리를 원료로 사용하고 있기 때문에 준저리에 두충잎 추출물을 처리하여 콩나물을 재배할 경우 형성되는 세근수도 적고 재배일수가 길어져도 세근의 증가 폭도 적어 유통기간이 길어질 수 있을 것으로 예상된다.

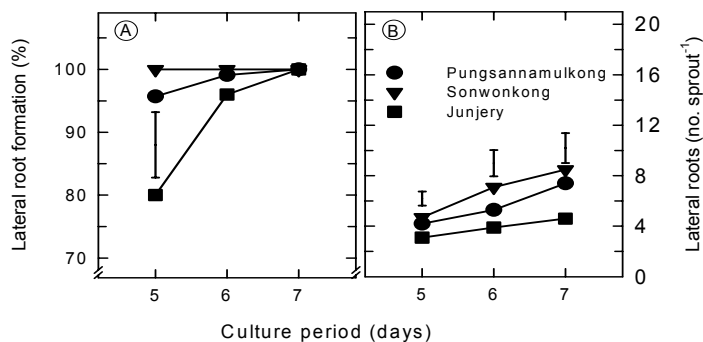


Fig. 23. Effect of culture periods on lateral root formation rate (A) and lateral roots per sprout (B) of soybean sprouts. The vertical bars indicate values of LSD.05.

두충잎 추출물 10% 희석액에 5시간 침종한 후 재배일수를 달리하여 하배축 길이를 기준으로 7 cm 이상, 4~7 cm, 4 cm 이하 및 미발아 개체를 조사한 후 이들의 비율을 환산한 결과는 Table 27과 같다. 두충잎 추출물 처리농도에서와 같이 풍산나물콩과 소원콩은 하배축 길이 및 미발아개체 비율에서 거의 차이가 없었다. 그러나 준저리는 하배축 길이가 7 cm 이상의 비율이 극히 적은 반면, 발아는 되었으나 비정상개체인 4 cm 이하의 비율이 66%로 현저히 높았으며 이로 인하여 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상인 비율이 30%로 아주 낮아 두충잎 추출물을 처리할 경우 준저리에 대한 억제정도가 큰 것으로 나타났다. 한편 재배일수의 영향으로 재배일수가 길어질수록 미발아 개체의 감소보다는 4~7 cm 비율의 감소로 7 cm 이상

의 비율이 증가되는 경향을 보였다. 따라서 두충잎 추출물 처리는 상대적으로 발아를 억제하여 생산수율을 낮추는 대신 세균형성을 억제하여 상품성을 높이는 효과가 있다고 할 수 있어 이에 대한 연구가 심도 있게 진행되어야 할 것으로 사료된다.

두충잎 추출물 10% 희석액에 5시간 침중한 후 재배일수를 달리하여 재배한 콩나물의 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 중간과 hook 부분의 직경을 조사한 결과는 Table 28과 같다. 하배축, 뿌리 및 전체 길이에서는 풍산나물콩과 소원콩은 거의 비슷하였으나 준저리는 이들보다 짧았으며, 하배축 중간과 hook 부분의 직경도 소원콩에서 가장 굵었고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 가늘어졌다. 한편 재배일수의 영향으로는 재배일수가 길어질수록 하배축, 뿌리 및 전체 길이, 뿌리에 대한 하배축 길이의 비율, 하배축 중간과 hook 부분의 직경도 길고 많아지고 굵어졌다.

Table 27. Imbibition effect of hardy rubber tree leaf extracts on composition rate of soybean sprouts classified by their hypocotyl length.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ	A+B	C+D
	> 7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	< 4 cm (C)	0 cm (D)		
	%					
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	65.6	14.4	12.5	7.5	80.0	20.0
Sowonkong	72.0	14.8	9.8	3.4	86.8	13.2
Junjery	19.5	9.9	66.9	3.7	29.4	70.6
LSD.05	13.2	7.3	6.0	ns	8.9	8.8
Culture period (days; P)						
5	35.4	26.0	31.5	7.1	61.4	38.6
6	55.5	9.0	29.6	5.9	64.5	35.5
7	66.2	4.1	28.1	1.6	70.3	29.7
LSD.05	13.1	7.4	6.1	ns	8.8	8.8
C × P	ns	**	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 10% solution of hardy rubber tree leaf extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

Table 28. Imbibition effect of hardy rubber tree leaf extracts on morphological characters of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lengths			H/R ratio	Hypocotyl diameters	
	Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook
	cm sprout ⁻¹				mm sprout ⁻¹	
Cultivars (C)						
Pungsannamulkong	11.9	7.2	19.1	1.65	1.75	1.22
Sowonkong	11.7	6.7	18.4	1.75	1.91	1.36
Junjery	9.9	5.9	15.8	1.68	1.62	1.18
LSD.05	0.6	0.6	1.0	ns	0.07	0.05
Culture period (days; P)						
5	9.0	6.0	14.8	1.50	1.72	1.18
6	10.6	6.7	17.3	1.58	1.76	1.28
7	13.9	7.1	21.2	1.96	1.79	1.31
LSD.05	0.6	0.6	1.0	0.20	0.07	0.05
C × P	**	**	**	ns	**	**

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 10% solution of hardy rubber tree leaf extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture. ns, ** Nonsignificant or significant at 0.01 probability, respectively.

두충잎 추출물 10% 희석액에 5시간 침종한 후 재배일수를 달리하여 재배한 콩나물의 각부위와 전체 생체중 및 건물중을 조사한 결과는 Table 29와 같다. 개체당 전체 생체중 및 건물중은 소원콩에서 가장 많았고, 풍산나물콩, 준저리 순으로 적어졌다. 그러나 재배일수에 따른 변화로서 개체당 전체 생체중은 재배일수가 길어질수록 증가하였는데 이는 거의 전적으로 하배축 생체중의 증가에 기인되었다. 개체당 전체건물중은 재배일수가 길어짐으로서 하배축 건물중이 증가함에도 불구하고 자엽의 건물중이 현저히 감소함으로서 감소하는 경향을 보였다.

Table 29. Imbibition effect of hardy rubber tree leaf extracts on fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Pungsannamulkong	221.7	372.5	66.4	660.6	58.7	16.1	3.6	78.4
Sowonkong	264.7	406.6	70.3	741.6	60.2	17.6	4.0	81.8
Junjery	163.5	257.5	41.7	462.7	49.0	13.2	2.9	65.1
LSD.05	12.3	20.4	7.0	32.7	4.4	0.9	0.4	5.1
Culture period (days; P)								
5	209.7	266.3	47.1	523.1	58.0	13.1	3.0	74.1
6	216.2	315.5	54.2	585.9	56.6	15.1	3.4	75.1
7	224.0	454.8	77.1	755.9	53.3	18.7	4.1	76.1
LSD.05	12.3	20.4	7.0	32.7	4.4	0.9	0.4	ns
C × P	**	**	**	**	**	**	**	**

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 10% solution of hardy rubber tree leaf extracts, and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

** Significant at 0.01 probability, respectively.

3) 시제품 개발

가) 두충잎 추출물 정제 효과

두충잎 추출물을 이물질이 있는 상태 또는 여과지에 여과하여 침종 처리한 후에 재배한 콩나물의 성장과 형태는 Table 30과 같다. 하배축 길이로 분류한 바 상품으로 출하 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율은 준저리는 풍산나물콩과 소원콩에 비하여 아주 낮았으며, 세근형성, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 전체 생체중과 건물중도 적거나 짧았다. 그러나 추출물의 여과 유무의 효과를 보면 상품화율, 형태 및 생산수율과 관련된 조사형질 모두 여과 유무에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 두충잎 추출물을 저장을 하지 않고 바로 이용할 경우에는 시간과 경비를 줄이기 위하여 정제하지 않고 그대로 이용하는 것이 편리할 것으로 사료된다.

Table 30. Filtering effect of hardy rubber tree leaf extracts on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsankong	88.9	11.1	3.9	7.3	10.9	1.91	1.38	641.7	80.4
Sowonkong	92.9	7.1	4.8	6.9	10.7	2.05	1.46	685.1	88.5
Junjery	34.2	65.8	2.7	5.7	9.0	1.77	1.32	447.8	64.0
LSD.05	6.4	6.4	0.6	0.7	0.6	0.07	0.03	44.8	6.1
Filtering (F))									
No-filtering	72.4	27.5	3.6	6.5	10.3	1.92	1.37	601.8	78.6
Filtering	71.6	28.5	4.0	6.8	10.1	1.90	1.39	581.2	76.6
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × P	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into its 10% solutions and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

나) 두충잎 추출물의 저장 효과

두충잎 추출물의 저장기간을 달리하여 풍산나물콩, 소원콩, 준저리 3개 공시품종 종자를 저장기간이 다른 두충잎 추출물 10% 용액에 침종 처리한 후에 재배한 콩나물의 성장과 형태를 조사한 평균치는 Table 31과 같다. 원액을 그대로 저장하는 것에 비하여 10% 용액으로 희석시켜 저장할 경우 상품화율과 관련된 하배축 길이가 4 cm 이상인 비율이 높고, 하배축과 뿌리 길이가 길었던 반면, 개체당 세근수가 많았다. 따라서 저장전 희석 유무가 콩나물의 성장과 형태에 미치는 영향은 거의 같기 때문에 저장의 편리성을 감안한다면 원액을 저장하다가 필요할 경우 10%로 희석하여 사용하는 것이 바람직한 방법으로 사료된다.

Table 31. Effect of storage period of hardy rubber tree leaf extracts on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean (cv. Pungsannamulkong, Sowonkong and Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		Total weights	
	> 4 cm [‡]	< 4 cm		Hypocotyl	Root	Middle	Upper	Fresh	Dry
	----- % -----		no. sprout ⁻¹	— cm sprout ⁻¹ —		— mm sprout ⁻¹ —		— mg sprout ⁻¹ —	
Storage concentration (%; C)									
10	91.2	8.9	4.1	10.7	7.6	1.80	1.31	583.7	74.2
100	82.8	17.1	3.5	9.7	6.5	1.82	1.33	566.5	76.9
LSD.05	1.5	1.5	0.3	0.1	0.1	ns	ns	ns	ns
Period (months; P)									
0	90.7	9.3	4.2	10.2	6.7	1.81	1.32	587.2	81.7
2	87.2	12.8	4.1	9.9	7.0	1.76	1.32	540.0	73.3
4	85.4	14.4	3.8	10.4	7.0	1.75	1.26	577.3	74.5
6	84.7	15.4	4.4	10.3	7.4	1.92	1.39	596.0	72.7
LSD.05	2.1	2.2	0.4	0.2	0.2	0.04	0.04	27.3	4.7
C × P	**	**	**	**	**	**	*	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into different solutions and then aerated for 3 hours immediately before 6 day culture.

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

다) 시제품 개발

이상의 시험결과를 이용하여 세균 발생억제 처리제로 두충잎 추출물 원액을 여과하여 제조하였다.

4. 빛처리 방법 개선

가. LED 대체광원 평가

1) 형광등을 이용한 침중 및 재배중 빛처리의 영향

이미 학계에 보고된 선행시험의 결과 침중 및 재배중 적색광과 청색광의 처리가 세균발생을 억제한다는 보고 (Kang 등, 2002)로부터 빛처리 비용을 경감시킬 수 있는 정보를 얻고자 적색광과 청색광의 비율이 많은 형광등을 이용하여 24시간의

침종기간 및 재배중 1일 50분간 형광등을 이용하여 빛처리한 결과 세근발생은 Fig. 24와 같다. 세근은 24시간의 침종기간 내내 형광등을 이용한 빛처리를 가할 경우 재배중 1일 50분의 형광등을 이용한 빛처리에 관계없이 전혀 돌출되지 않았다. 그러나 24시간의 침종중 빛을 처리하지 않고 재배중 빛을 처리할 경우 세근발생이 일부 억제되었다고 하나 세근의 돌출이 많은 것으로 조사되었다.

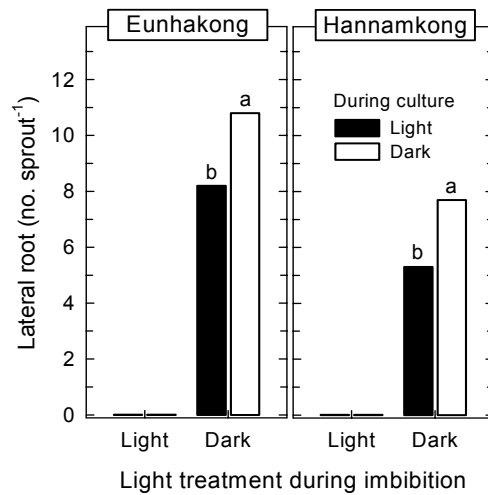


Fig. 24. Effect of fluorescent light treatment during 24 hour imbibition and 6 day culture on lateral root formation of soybean sprouts. Light treatments was lasted during the imbibition but done 50 minutes a day during the culture. Bars having different letters within the same cultivar and light treatment during the imbibition are significantly different at LSD.05.

한편 침종 및 재배중 형광등을 이용하여 빛을 처리하여 6일간 재배한 후 하배축의 길이를 기준으로 발아 및 성장정도를 분류하여 분산분석한 결과와 공시품종과 재배중 광질처리에 대한 결과는 Table 32 및 33과 같다. 은하콩과 한남콩의 공시품종간과 침종중 광질처리의 개별 수준간에 차이가 있었고, 이들 2개 요인간에 상호작용만 있는 것으로 분석되었다 (Table 32). 각요인간 상호작용이 있는 공시품종과 재배

중 형광등을 이용한 빛처리는 공시품종 모두 암상태보다는 형광등을 이용하여 빛처리할 경우 상품성이 가장 좋은 하배축 길이가 7 cm 이상인 A급과 하배축 길이가 4 cm 이상으로 판매 가능한 A+B급의 비율이 많아지는 것으로 나타났다 (Table 33).

Table 32. Analysis of variance using composition rates of the hypocotyl lengths affected by the light treatments (LT) during 24 hour imbibition and 6 day culture.[†]

Parameters	Normal		Abnormal	No-germ	A+B	C+D
	> 7 cm (A) [‡]	4~7 cm (B)	< 4 cm (C)	0 cm (D)		
Cultivars (C)	**	**	**	**	*	**
LT during imbibition (LI)	**	ns	**	**	**	**
LT during culture (LC)	*	ns	ns	ns	ns	ns
C x LI	**	**	**	**	**	**
C x LC	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LI x LC	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x LI x LC	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Under darkness or fluorescent light illumination, the seeds were soaked in 4.0 ppm BA solution for 6 hours after three times of aeration for 0.5 hour following 5.5 hour water imbibition. Fluorescent light treatments during the imbibition and the culture were done 24 hours and 50 minutes a day, respectively.

[‡] Hypocotyl length of soybean sprouts cultured for 6 days after 24 hour imbibition. ns, *, ** Nonsignificant or significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

침종 및 재배중 형광을 이용하여 빛처리를 하면서 6일간 재배한 콩나물의 하배축 길이 및 직경, 뿌리 길이를 측정하여 상호작용이 있는 공시품종과 재배중 광질처리의 결과는 Table 34와 같다. 공시품종 모두 하배축과 뿌리, 하배축과 뿌리를 합한 전체 길이는 형광등을 이용한 빛처리시 짧아지는 반면, 하배축 직경은 굵어지는 것으로 나타났다.

Table 33. Effect of fluorescent light treatment during 24 hour imbibition on composition rate of soybean seed germination and sprout development.[†]

Cultivars	Light treatments	Normal		Abnormal	No-gem	A+B	C+D
		> 7 cm (A) [*]	4~7 cm (B)	< 4 cm (C)	0 cm (D)		
%							
Eunhakong	Fluorescent	51.7	17.3	6.0	25.0	69.0	31.0
	Dark	44.7	21.3	20.0	14.0	66.0	34.0
Hannamkong	Fluorescent	57.7	14.6	9.0	18.7	72.3	27.7
	Dark	46.6	10.5	5.6	37.3	57.1	42.9
	LSD.05	3.0	4.1	2.3	5.4	5.0	4.9

[†] Under darkness or fluorescent light illumination, the seeds were soaked in 4.0 ppm BA solution for 6 hours after three times of aeration for 0.5 hour following 5.5 hour water imbibition. Fluorescent light treatments during the imbibition and the culture were done 24 hours and 50 minutes a day, respectively.

^{*} Hypocotyl length of soybean sprouts cultured for 6 days after 24 hour imbibition.

Table 34. Effect of fluorescent light treatment during 24 hour imbibition on hypocotyl length and its diameter of soybean sprout.[†]

Cultivars	Light treatments	Lengths			Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl	Root	Total	Middle	Hook
cm sprout ⁻¹						
Eunhakong	Fluorescent	8.8	1.5	10.2	1.9	2.0
	Dark	9.8	2.6	12.4	1.7	1.8
Hannamkong	Fluorescent	8.9	2.2	11.1	1.8	2.0
	Dark	10.8	3.9	14.7	1.7	1.8
mm sprout ⁻¹						
LSD.05						
		0.5	0.1	0.5	0.1	0.1

[†] Under darkness or fluorescent light illumination, the seeds were soaked in 4.0 ppm BA solution for 6 hours after three times of aeration for 0.5 hour following 5.5 hour water imbibition. Fluorescent light treatments during the imbibition and the culture were done 24 hours and 50 minutes a day, respectively.

^{*} Hypocotyl length (cm sprout⁻¹) of soybean sprouts cultured for 6 days after the 24 hour imbibition.

ns Nonsignificant or no-interaction between treatments or treatment factors.

침종 및 재배중 형광을 이용하여 빛처리를 하면서 6일간 재배한 콩나물의 생체중 고 건물중은 Table 35 및 Table 36과 같다. 생체중의 변화로는 재배중 형광등을 이

용한 광질처리로 전체생체중이 증가되었으며 이는 자엽과 하배축의 증가에 의한 것으로 조사되었으며, 이러한 경향은 은하콩에서 큰 경향을 보였다 (Table 35). 전체건물중도 형광등을 이용한 재배중 빛처리와 유사한 경향을 보였다 (Table 36).

Table 35. Effect of fluorescent light treatment during 24 hour imbibition on cotyledon, hypocotyl, root, total fresh weights and economic yield of soybean sprout[†].

Cultivars	Light treatments	Cotyledon	Hypocotyl	mg sprout ⁻¹		
				Root	Total	Economic yield
Eunhakong	Fluorescent	385	411	26	822	437
	Dark	340	349	33	722	383
Hannamkong	Fluorescent	385	328	36	749	364
	Dark	327	306	39	672	345
LSD.05		14	22	3	27	23

[†] Under darkness or fluorescent light illumination, the seeds were soaked in 4.0 ppm BA solution for 6 hours after three times of aeration for 0.5 hour following 5.5 hour water imbibition. Fluorescent light treatments during the imbibition and the culture were done 24 hours and 50 minutes a day, respectively.

[‡] Hypocotyl length (cm sprout⁻¹) of soybean sprouts cultured for 6 days after the 24 hour imbibition.

Table 36. Effect of fluorescent light treatment during 24 hour imbibition on cotyledon, hypocotyl, root, total dry weights and economic yield of soybean sprout[†].

Cultivars	Light treatments	Cotyledon	Hypocotyl	mg sprout ⁻¹		
				Root	Total	Economic yield
Eunhakong	Fluorescent	66.4	22.0	2.3	90.7	24.3
	Dark	60.4	19.2	3.5	83.2	22.8
Hannamkong	Fluorescent	67.8	17.2	3.1	88.1	20.3
	Dark	58.6	15.6	4.2	78.3	19.8
LSD.05		3.0	1.3	0.3	2.6	1.4

[†], [‡] Referred to the footnotes of Table 35.

2) 대체 광원의 Spectrum

대체 광원으로 빛처리에 이용할 형광등의 spectrum을 측정한 결과는 Fig. 25와 같다. 청색광, 적색광 LED는 peak band가 각각 450 nm, 660 nm로 측정되었으며, 백열등은 infra-red의 비율이 극단적으로 많았다. 그러나 청색광과 적색광의 비율이 많은 형광등은 적색광 (660 nm)과 초적색광 (730 nm)의 비율, R/FR ratio에서 FL40D에서 가장 높고, Philips, Osram 제품 순으로 감소되는 것으로 나타났다.

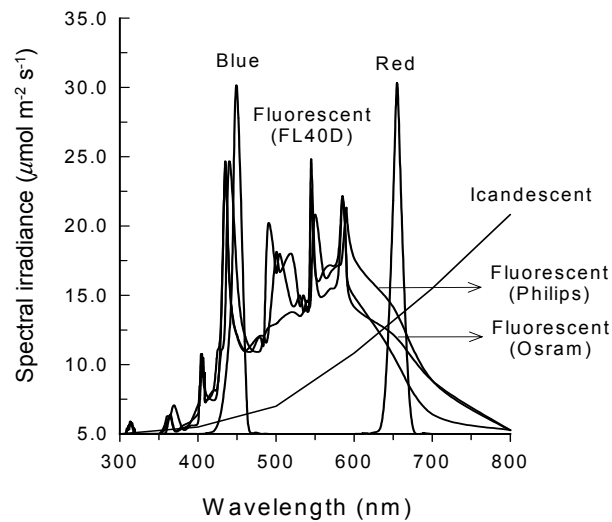


Fig. 25. Spectrum of light sources used in the experiments. Measurement was done with spectroradiometer (LI-1800, LI-COR)

3) LED 대체광원용 형광등 평가

침중 및 재배중의 빛처리는 효과가 있다고 할지라도 이를 생산현장에 적용하는 것은 불가능하기 때문에 침중 직후와 재배 직전의 aeration 기간에 빛을 처리하여도 동일한 효과를 거둘 수 있다는 결과를 얻은 바 있다 (강진호 등, 2003a). 형광등을 이용한 상기 시험의 결과가 aeration 기간에 처리되는 빛도 동일한 효과를 가지고

Table 37. Effect of storage period of hardy rubber tree leaf extracts on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsankong	71.9	28.1	2.4	10.6	9.3	1.78	1.41	3.4	75.2
Sowonkong	93.1	6.9	4.5	10.6	8.6	1.98	1.47	3.3	76.9
Junjery	83.4	16.6	4.1	12.7	8.4	1.76	1.22	2.9	66.9
LSD.05	2.8	2.8	0.4	0.2	0.3	0.05	0.04	0.3	5.0
Light sources (L)									
Fluorescent1 (Osram)	81.1	18.9	3.1	10.9	8.4	1.89	1.40	3.3	76.0
Fluorescent2 (FL40D)	81.2	18.8	3.2	11.3	8.8	1.83	1.35	3.1	72.1
Fluorescent3 (Phillips)	84.9	15.1	4.8	12.0	9.3	1.79	1.34	3.5	73.3
Incandescent	81.8	18.2	2.9	10.8	8.4	1.89	1.27	2.5	71.4
Dark	85.0	15.0	4.2	11.5	9.1	1.80	1.48	3.5	72.3
LSD.05	3.6	3.6	0.6	0.3	0.4	0.07	0.05	ns	ns
C × P	ns	ns	**	**	*	*	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then illuminated with the different light sources for 2 hours of the 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

있는지를 구명하고자 5시간 2 ppm BA 용액에 침종한 콩을 재배를 위한 첫 관수가 시작되기 직전 3시간의 aeration중 형광등으로 2시간 빛처리를 한 결과 발아 및 생장, 세균형성, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 생체중과 건물중은 Table 37과 같다. 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율은 소원콩은 가장 높았으며, 형광등중에서는 암상태와 Phillips 제품을 이용한 빛처리시 가장 높은 것으로 나타났다. 세균은 백열등 처리에서 세균이 돌출된 개체비율이 가장 높은 반면, 세균이 돌출된 개체당 세균수는 상대적으로 적었다. 개체당 세균수는 하배축 길이로 분류할 경우 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율이 가장 높았던 암상태와 Phillips 제품을 이용한 빛처리시 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 암상태와 Phillips 제품을 이용한 빛처리시 하배축과 뿌리의 길이도 길어졌으나 하배축 중간부위의 직경은 오히려 가늘어지는 것으로 나타났다. 그러나 개체당 생체중과 건물중은 빛처리간에는 차

이가 없었다. 따라서 상품성에 가장 큰 영향을 미치는 세근형성과 하배축의 직경을 기준으로 형광등을 이용한 빛처리는 Osram과 FL40D를 이용하는 것이 보다 합리적인 빛처리 방법으로 사료된다.

4) 선발 형광등과 LED을 이용한 빛처리 효과 비교

상기 시험의 결과로부터 형광등 중에서 Osram과 FL40D를 이용하는 것이 보다 양호한 것으로 나타나 이들과 청색광과 적색광의 처리효과를 비교하고자 5시간 2 ppm BA 용액에 침중한 콩을 재배를 위한 첫 관수가 시작되기 직전 3시간의 aeration중 형광등으로 2시간 빛처리한 결과 발아 및 생장, 세근형성, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 생체중과 건물중은 Table 38과 같다. 적색광을 처리할 경우 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율이 대체적으로 높다고 하나 통계적 차이가 없었으며, 개체당 세근수는 Osram 형광등으로 빛처리할 경우 가장

Table 38. Effect of different light sources on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsankong	68.0	32.0	2.6	11.2	9.9	1.75	1.30	566.9	76.2
Sowonkong	90.1	9.9	5.5	11.9	9.2	1.90	1.56	681.9	79.8
Junjery	83.6	16.4	5.5	13.2	9.7	1.80	1.30	614.8	68.6
LSD.05	3.2	3.2	0.4	0.4	0.3	0.05	0.04	32.2	4.1
Light sources (L)									
Fluorescent1 (Osram)	79.9	20.1	4.9	11.9	10.1	1.93	1.50	618.7	76.2
Fluorescent2 (FL40D)	79.9	20.1	4.7	12.4	9.9	1.89	1.27	648.3	75.9
Incandescent	80.6	19.4	4.5	12.6	9.7	1.66	1.63	617.1	75.9
Red LED	82.6	17.4	4.5	12.1	9.3	1.77	1.33	613.2	75.0
Blue LED	79.9	20.1	3.9	11.5	9.2	1.81	1.20	608.6	71.4
LSD.05	ns	ns	0.6	0.5	0.4	0.06	0.06	ns	ns
C × P	*	*	**	ns	ns	**	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then illuminated with the different light sources for 2 hours of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

많았으며 청색 LED 처리시 가장 적은 것으로 조사되었다. 하배축 길이는 백열등 처리는 가장 긴 반면, 하배축 직경은 가장 가늘었다. 반면 형광등중에서 Osram과 FL40D 제품간에는 세균발생, 하배축의 길이 및 직경 등 조사형질간 차이가 없었으나 전체생체중은 FL40D에서 많은 것으로 조사되었다. 그러므로 대체광원으로는 형광등 FL40D를 활용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

나. 대체광원의 처리방법 설정

1) 빛처리 기간의 영향

상기 시험의 결과로부터 3시간의 aeration 기간중 빛처리는 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]로 처리하는 것이 가장 효과적으로 나타나 이미 특허등록된 재배모형에서의 적색 LED [GF-520S, (주)좋은인상]로 3시간의 aeration 중 5, 30, 60, 120분으로 빛처리 기간을 달리하여 처리한 후에 6일간 재배한 콩나물의 발아 및 성장정도, 하배축 및 뿌리 길이, 하배축 직경, 생체중과 건물중에 대한 풍산나물콩, 소원콩, 준처리 3개 공시품종의 평균치는 Table 39와 같다. 형광등과 적색광의 빛처리간에는 하배축 길이로 분류한 비율간에는 차이가 없었으나, 3시간의 aeration 기간중 30분 이상 빛을 처리하는 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율이 높은 것으로 조사되었다. 그러나 개체당 세균수는 적색광 처리보다는 형광등으로 빛처리할 경우 오히려 많았으며 빛처리가 가장 긴 120분 처리에서 가장 많았다. 뿌리 길이 및 하배축 중간부분의 직경도 적색광 처리보다는 형광등으로 빛처리할 경우 길었으며, 하배축과 뿌리 길이는 5분간 처리시 가장 길었다.

한편 개체당 생체중과 건물중은 적색광 LED와 형광등을 이용한 빛처리간에 차이가 없었던 반면, 빛의 처리기간이 가장 짧은 5분간 처리시 가장 많았다. 5분간 적색광을 처리할 경우 세균발생이 가장 적었다는 기존의 연구보고 (강진호 등, 2003a)와 5분간 빛처리를 할 경우 생장이 가장 좋았던 이상의 결과로부터 처리단가가 비싸 생산현장에 적용하는 데에는 문제가 많은 LED를 이용한 적색광 처리를 처리단가가 싸면서도 쉬이 구입할 수 있는 형광등을 이용한 빛처리로 대체 가능하다고 할 수 있다.

Table 39. Effect of light treatment period on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean (cv. Pungsannamulkong, Sowonkong and Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		Total weights	
	> 4 cm [‡]	< 4 cm		Hypocotyl	Root	Middle	Upper	Fresh	Dry
	— % —		no. sprout ⁻¹	— cm sprout ⁻¹ —		— mm sprout ⁻¹ —		— mg sprout ⁻¹ —	
Light sources (L)									
Fluorescent (FL40D)	78.8	21.2	7.6	13.9	10.4	1.85	1.36	689.8	74.1
Red LED	78.7	21.3	6.4	13.7	10.0	1.81	1.37	675.9	73.3
LSD.05	ns	ns	0.4	ns	0.2	0.02	ns	ns	ns
Light treatment period (min.; P)									
5	76.5	23.5	7.2	14.1	10.4	1.80	1.32	709.7	77.1
30	80.3	19.7	6.3	13.8	10.1	1.88	1.38	680.8	71.6
60	79.4	20.5	7.0	13.5	10.0	1.82	1.34	668.8	74.5
120	78.8	21.2	7.6	13.7	10.2	1.82	1.41	672.2	71.5
LSD.05	2.5	2.5	0.6	0.2	0.3	0.03	0.02	27.5	3.3
C × P	ns	ns	**	ns	**	**	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then illuminated with the different light sources for 2 hours of the 3 hour aeration immediately before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

2) 처리광도의 영향

침종된 종자를 3시간의 aeration 기간중 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]으로 0, 75, 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 로 광도를 조절하여 5분간 빛처리를 가한 후에 재한 콩나물의 발아 및 성장정도, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 생체중과 건물중은 Table 40 과 같다. 타공시품중에 비하여 소원콩은 상품화율과 관련된 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율이 가장 높았고, 하배축 중간부분의 직경과 개체당 생체중이 가장 많았던 반면, 개체당 세근수도 많았다. 한편 빛처리의 영향으로는 상품화가 가능한 4 cm 이상의 비율은 빛을 가하지 않은 암상태보다는 빛을 가할 경우 증가되었으며 75와 150 μmol 의 처리광도간 차이는 없는 것으로 조사되었다. 광도를 달리 처리하여도 개

체당 세근수, 뿌리 길이와 하배축 직경에서는 차이가 없었던 반면, 하배축 길이 및 개체당 생체중은 광도가 가장 높은 150 μmol 처리에서 가장 길고 많았다. 이상의 시험결과로부터 aeration 기간중 처리되는 형광등 빛은 발아 이후 성장을 촉진시킨다고 할 수 있다.

Table 40. Effect of light intensity on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts. [†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsannamulkong	61.1	38.9	3.9	10.6	9.7	1.93	1.45	574.9	76.6
Sowonkong	90.6	9.4	7.3	11.8	9.3	2.00	1.47	694.4	76.0
Junjery	81.2	18.8	3.9	12.5	9.0	1.87	1.18	641.6	66.3
LSD.05	3.1	3.1	0.8	0.4	ns	0.06	0.10	10.5	3.4
Light intensity (μmol ; D)									
0	73.9	26.1	5.0	11.5	9.4	1.93	1.35	630.3	70.0
75	78.7	21.3	5.1	11.5	9.2	1.91	1.34	631.5	72.8
150	80.2	19.8	4.9	12.0	9.4	1.96	1.41	649.3	76.2
LSD.05	3.1	3.1	ns	0.4	ns	ns	ns	10.5	3.4
C × P	ns	ns	**	**	ns	**	**	**	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then illuminated for 5 minutes of the 3 hour aeration, and after 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

다. 다용도 빛처리기 개작

1) 다용도 빛처리기 개작 및 시작품 개발

발아는 종자내의 적색광과 초적색광에 대한 광가역적 반응을 보이는 Phytochrome 기작에 의하여 조절된다. 본 과제의 총괄책임자는 과제를 시작하기 전에 적색 발광다이오드 (light emitting diode; LED)를 이용하여 “다용도 빛처리기”를 제작하여 특허등록을 한 바 있다 (실용신안 특허 제0260123호) [(주)좋은인상 & 강

진호, 2001] (<Photo. 2의 좌측 2개 사진>). “다용도 빛처리기”의 본체는 ① Frame, ② Conveyor, ③ 2,640개의 diode로 구성된 LED plate, ④ Controller로 구성되어 있다. 그러나 LED를 이용한 “다용도 빛처리기”는 高價이기 때문에 영세업자가 대부분인 콩나물 생산업체에서 이를 이용하는 것은 어려움이 있다. BA 처리와 강한 상호작용을 보여 BA 처리량을 줄일 수 있는 것으로 평가되는 빛처리의 처리비용을 경감시키기 위하여 빛처리기의 제작단가를 낮추어야만 한다. 이를 위하여 특허등록된 “다용도 빛처리기”를 구성하고 있는 4개 부분을 LED plate는 형광등으로, 가변식인 Controller은 고정식으로 바꾸어 ① Frame, ② Conveyor로 구동되는 형태로 시작품으로 개작하였다 (<Photo. 2의 우측 2개 사진>). 이러한 시작품은 제작비용이 1/5 가까이 줄게되어 판매단가를 대폭 낮출 수 있기 때문에 콩나물 생산업체에서 이를 이용하는 부담을 대폭 줄였다.

<LED 이용 다용도 빛처리기>

<대체광원을 이용한 빛처리 개작기>



Photo. 2. The automatic conveyor system combined light treatment and drying, and the modified system using fluorescent light.

2) 빛처리기의 처리효과 평가

상기와 같이 개작된 빛처리기가 高價의 적색 LED로 만든 “다용도 빛처리기”를 대체할 수 있는가를 점검하고자 적색 LED를 대체할 수 있는 광원으로 선발된 형광등 [FL40D, 우리조명(주)]과 기존의 적색 LED [GF-520S, (주)좋은인상]로 만든 빛처리기를 이용하여 3시간의 aeration 중 aeration 시작 30분 후에 5분간 빛을 처리한 후에 재배한 콩나물의 발아 및 성장정도, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 생체중과 건물중은 Table 41과 같다. 타공시품중에 비하여 소원콩은 상품화가 가능한 하배축 길이가 4 cm 이상의 비율, 하배축 직경과 개체당 생체중이 높거나 굵고 많았던 반면, 풍산나물콩은 개체당 세근수가 많았다. 한편 빛처리의 영향으로는 조사형질

모두 빛처리기간 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 BA와 강한 상호작용을 보이는 것으로 보고된 빛처리 (Kang 등, 2002)는 高價의 LED를 이용한 적색광 처리보다는 低價의 형광등을 이용한 개작기로도 빛처리 효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

Table 41. Light treatment effect with light treatment equipments on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyl rate		Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		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)									
Pungsannamulkong	89.8	10.2	6.3	12.7	6.5	2.18	1.76	781.2	83.1
Sowonkong	93.2	6.8	3.6	12.3	6.0	2.56	2.09	930.4	95.4
Junjery	28.6	61.4	2.3	9.7	5.0	2.20	1.78	613.2	71.0
LSD.05	3.8	3.8	1.2	0.4	0.4	0.12	0.06	40.7	5.6
Light treatment (L)									
Fluorescent	73.9	26.1	3.7	11.7	5.9	2.31	1.86	785.2	83.5
Red	73.8	26.2	4.4	11.4	5.7	2.32	1.89	764.6	82.8
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × L	ns	ns	*	*	**	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with red or fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

5. 주요 결과별 생산수율 및 상품성 분석

가. 생장조절제 처리량에 따른 상품성 변화

상기 시험결과가 다량재배 체계에도 적용될 수 있는가를 점검하고자 상면살수 방식에서는 11 kg을 생산할 수 있는 플라스틱 재배통에, 하면담수 방식에서는 100 kg을 생산할 수 있는 재배기를 이용하여 BA를 처리하지 않거나 2 ppm BA 용액에 5시간 침중한 준저리 종자를 3시간 aeration 시켜 3시간마다 상면살수 방식에서는

양복 2회로, 하면담수 방식에서는 3분간 물을 공급하는 방법으로 재배된 콩나물의 개체당 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 생체중과 건물중은 Table 42와 같다. 개체당 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 개체당 생체중은 하면담수 방식보다는 상면살수 방식으로 재배할 경우 길어지거나 많았던 반면, 하배축 중간부분의 직경은 상면살수 방식보다는 하면담수 방식으로 재배할 경우 굵어졌다. 한편 BA 처리의 영향으로는 BA를 처리하지 않은 것에 비하여 BA를 처리할 경우 개체당 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 개체당 생체중이 많고 길었던 반면, 하배축 직경은 오히려 하면담수 방식에서 굵은 것으로 조사되었다. 따라서 관수 방식과 BA 처리 유무는 콩나물의 성장과 형태 모두에 영향을 미친다고 할 수 있다.

Table 42. Effect of BA treatment under different culture system on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.

Parameters	Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		Total weights	
		Hypocotyl	Root	Middle	Upper	Fresh	Dry
	no. sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹	mm sprout ⁻¹	mm sprout ⁻¹	mm sprout ⁻¹	mg sprout ⁻¹	mg sprout ⁻¹
Culturing method (C)							
Overspraying	7.7	13.1	11.4	1.82	1.43	633.8	63.5
Underwatering	3.2	9.7	8.2	1.92	1.37	518.9	63.3
LSD.05	1.2	0.4	0.7	0.06	ns	31.3	ns
BA concentration (ppm; B)							
0	9.2	12.8	12.3	1.63	1.18	501.9	62.2
2	1.7	11.0	8.3	2.11	1.62	650.7	64.6
LSD.05	1.2	0.9	1.7	0.06	0.06	31.3	ns
C × L	*	*	ns	ns	**	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with red or fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

그러나 다량생산체계에서 원료콩 투입 대비 생체중의 증가를 생산수율로 표시한 결과는 Fig. 26과 같다. 생산수율은 재배방식에 관계없이 BA를 처리하지 않은 것에

비하여 BA를 처리할 경우 높았으나, BA 처리량이 같을 경우 재배방식간에는 차이가 없는 것으로 조사되었다. 그러므로 콩나물의 형태와 개체당 생장은 관수방식과 BA 처리 유무의 영향을 받는다 할지라도 생산수율은 BA 처리 유무에 주로 영향을 받는다고 할 수 있다. 따라서 생산수율이 극히 중시되는 단체급식용 콩나물을 생산하는 회사는 BA 처리에만 극도로 민감할 수 있는 반면, BA를 처리할 수 없는 친환경농산물 인증 무농약콩나물을 생산하는 회사는 관수방식에 집중하여야 할 것으로 보인다.

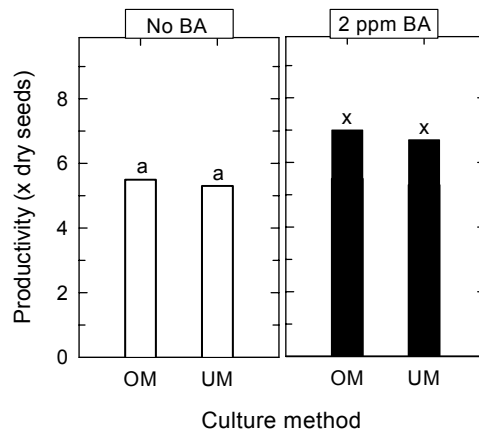


Fig. 26. Productivity affected by BA treatment and culture method of soybean sprouts. OM and UM indicate overspraying and underwatering methods, respectively. Two bars having different letters are significantly different at LSD.05.

BA를 처리하지 않거나 처리한 후 재배방식을 달리하여 재배한 콩나물의 명도, 색도 및 전단력은 Table 43과 같다. 하배축의 명도는 상면살수 방식에 비하여 하면답수 방식으로 재배할 경우 높았던 반면, 뿌리의 명도와 전단력은 오히려 상면살수 방식으로 재배할 경우 높았다. 하배축과 뿌리 모두 색도 a에서는 재배방식간 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 BA 처리의 영향으로는 BA를 처리하지 않은 것에 비하여 BA를 처리할 경우 하배축의 명도, 하배축과 뿌리의 색도 b가 높아서 BA를 처리할 경우 생산된 콩나물이 보다 노란색을 띤다고 할 수 있다. 이상의 시험결과를 요

약하면 하면담수 방식으로 재배할 경우 생산수율은 같으나 세근이 적게 형성되어 상품성이 증가시킬 것으로 보이며, BA를 처리하지 않은 것에 비하여 BA를 처리하면 생산수율과 명도 및 색도에서 밝고 노란색을 많이 띄어 상품성이 좋을 것으로 평가된다. 상품을 선택하는 소비자의 취향을 고려하지 않는다면 BA를 처리하여 생산하는 것도 고려할 수 있는 것으로 사료된다.

Table 43. Effect of water supplying method and BA treatment on colour and cutting resistance of soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyls			Roots			Cutting resistance
	L [‡]	a	b	L	a	b	
	no. sprout ⁻¹						g sprout ⁻¹
Culturing method (C)							
Overspraying	37.03	-0.72	8.90	47.41	1.09	12.13	b 2393.56
Underwatering	40.42	-0.14	11.78	44.20	1.11	11.56	1902.99
LSD.05	2.75	ns	1.15	1.64	ns	ns	262.97
BA concentration (ppm; B)							
0	36.06	-0.31	9.54	45.14	0.79	11.23	2150.04
2	41.39	-0.55	11.14	46.46	1.40	12.46	2146.52
LSD.05	2.75	ns	1.15	ns	ns	1.12	ns
C × B	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into different BA concentration, and then illuminated with red light for 5 minutes of the 3 hour aeration before culturing.

[‡] L, brightness; a, + red ~ - green; b, + yellow ~ - blue.

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

나. 빗처리 유무에 따른 상품성 비교

빗처리가 다량재배 체계에도 적용될 수 있는가를 점검하고자 상면살수 방식에서는 11 kg을 생산할 수 있는 플라스틱 재배통에, 하면담수 방식에서는 100 kg을 생산할 수 있는 재배기를 이용하여 BA를 처리하지 않거나 2 ppm BA 용액에 5시간 침종한 준저리 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빗처리한 다음 3시간마다 상면살수 방식에서는 왕복 2회로, 하면담수 방식에서는 3분간 물을 공급하는 방법으로 재배된 콩나물의 개체당 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경,

생체중과 건물중은 Table 44와 같다. 개체당 형성된 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 생체중은 하면담수 방식보다는 상면살수 방식으로 재배할 경우 길어지거나 많이 형성되었던 반면, 하배축 중간부분의 직경은 상면살수 방식보다는 하면담수 방식으로 재배할 경우 굵어져서 상기 시험의 결과와 동일한 것으로 조사되었다. 한편 암상태에서 aeration시키는 것보다는 형광등을 처리할 경우 개체당 세근수, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 중간부분의 직경, 생체중은 많거나 길고 가늘어지는 것으로 나타났다 (Table 48). 한편 빛처리 유무에 따른 투입된 원료콩 무게 대비 생산수율은 BA처리 유무를 평균할 경우 6.3배 정도로 빛처리 유무간 차이가 없었다.

Table 44. Effect of BA treatment under different culture system on composition rate of hypocotyl, morphological characters, total fresh and dry weights of soybean sprouts.[†]

Parameters	Lateral roots	Lengths		Hypocotyl diameters		Total weights	
		Hypocotyl	Root	Middle	Upper	Fresh	Dry
	— no sprout ⁻¹ —	— cm sprout ⁻¹ —		— mm sprout ⁻¹ —		— mg sprout ⁻¹ —	
Culturing method (C)							
Overspraying	7.2	14.3	12.1	1.88	1.41	652.7	64.3
Underwatering	1.9	9.0	8.0	2.05	1.38	531.3	65.0
LSD.05	0.7	0.2	0.3	0.05	ns	20.1	ns
BA concentration (ppm; B)							
0	7.5	12.0	12.1	1.78	1.23	533.9	65.8
2	1.6	11.3	8.0	2.14	1.56	650.1	63.7
LSD.05	0.7	0.2	0.3	0.05	0.07	20.1	ns
Light treatment (L)							
Dark	5.5	12.0	10.7	2.05	1.39	607.6	65.9
Fluorescent	3.6	11.3	9.4	1.87	1.40	576.3	63.4
LSD.05	0.7	0.2	0.3	0.05	ns	20.1	ns
C × B	**	**	ns	**	**	**	**
C × L	ns	**	**	*	ns	ns	ns
B × L	**	**	**	**	**	**	**
C × B × L	ns	ns	**	**	ns	**	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with red or fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] Hypocotyl length of the sprouts cultivated for 6 days after the aeration.

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

BA를 처리하지 않거나 처리한 후 재배방식을 달리하여 재배한 콩나물의 명도, 색도 및 전단력은 Table 45와 같다. 하면담수와 상면살수의 재배방식간, BA 처리 유무간의 차이는 하배축의 명도를 제외하고는 상기 시험의 결과와 같은 경향을 보였다. 빛처리 유무간 차이로는 암상태로 aeration 시키는 것보다 형광등으로 빛을 처리할 경우 뿌리의 색도 a와 b에서 높은 것으로 조사되었다. 이상의 시험결과를 요약하면 빛처리가 상품성과 밀접하게 관련된 세균형성을 줄이는 것 이외에는 생산수율과 품질에 미치는 영향은 미미하고 할 수 있다.

Table 45. Effect of water supplying method, BA and light treatments on colour and cutting resistance of 5-day old soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Hypocotyls			Roots			Cutting resistance
	L [‡]	a	b	L	a	b	
	m. sprout ⁻¹						- g sprout ⁻¹ -
Culturing method (C)							
Overspraying	38.49	-0.74	9.12	35.23	0.55	10.78	2018.47
Underwatering	39.35	-0.27	11.33	43.12	0.64	10.23	2172.30
LSD.05	ns	ns	1.26	ns	ns	ns	ns
BA concentration (ppm; B)							
0	36.45	-0.57	9.51	43.15	0.36	10.03	2167.53
2	41.38	-0.45	10.94	45.12	0.83	10.99	2023.24
LSD.05	2.02	ns	1.26	ns	ns	0.79	ns
Light treatment (L)							
Dark	39.11	-0.58	10.11	42.58	0.09	9.17	2042.49
Fluorescent	38.72	-0.43	10.34	45.80	1.10	11.85	2148.28
LSD.05	ns	ns	ns	ns	0.56	0.79	ns
C × B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × L	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
B × L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C × B × L	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with red or fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] L, brightness; a, + red ~ - green; b, + yellow ~ - blue.

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

6. 생산모형의 도출 및 보완

가. 생산모형 도출

상기 시험결과를 이용하여 하면담수 방식의 재배모형을 도출하면 Fig. 27과 같다. 재배모형은 부패의 원인이 되는 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시켜 뜨는 종자를 건져내면서 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨다. 침종이 완료된 종자는 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 7일간 재배하는 일련의 과정으로 요약된다.

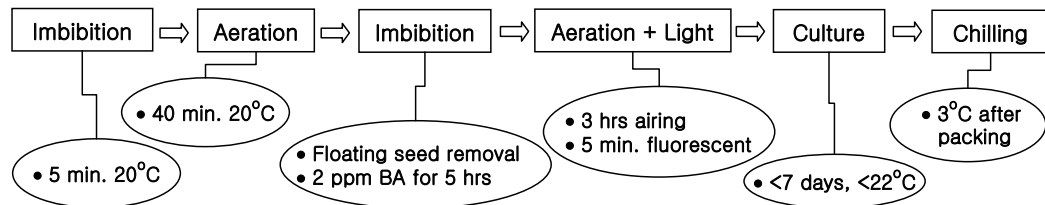


Fig. 27. Proposed model in underwatering system of soybean sprout production.

그러나 상기 모형에서 종자정선용 水浸은 Fig. 2의 상면살수 방식 재배모형에서 제시된 0.1% acetic 또는 propionic acid에 2분간 행하는 종자소독방법으로 대체할 수 있다. 상기 모형에서는 콩나물의 90% 정도가 단체급식용으로 소비되고 있기 때문에 BA 사용에 대한 규제가 없어 2 ppm BA 용액을 침종처리하여도 가능하다고 할 수 있다. 그러나 친환경농산물 인증 무농약콩나물은 BA 사용을 엄격히 규제하고 있기 때문에 水浸을 이용한 종자정선후 5시간 침종시킨 후 BA 처리효과를 극대화시킬 수 없기 때문에 침종된 종자를 바로 재배통에 치상한 후 재배를 위한 관수를 시작하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다.

나. 도출된 모형별 확인시험

재배방법으로 구분되는 상면살수와 하면담수의 관수방법에 따른 콩나물의 세근형성, 하배축과 뿌리 길이, 하배축의 중간 부분과 자엽 바로 아래 hook 부분의 직경을 조사한 결과는 Table 46과 같다. 콩나물의 상품성과 관련된 개체당 세근수는 상면살수 방식보다는 하면담수 방식에서 많이 형성되었다. 하배축과 뿌리길이를 합한 전체 길이는 상면살수 방식과 하면담수 방식간에 차이가 없었다. 그러나 하배축 길이는

하면담수 방식으로 재배한 것에 비하여 상면살수 방식으로 재배할 경우 길었던 반면, 뿌리 길이는 하배축 길이와는 상면살수 방식으로 재배할 경우 짧아지는 것으로 나타났다. 소비지용으로 판매할 경우 소비자의 선호도와 관련된 하배축과 뿌리길이의 비율 (H/R ratio)은 하면담수 방식으로 재배하는 것보다는 상면살수 방식으로 재배할 경우 높은 것으로 분석되었다. 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 상면살수 방식으로 재배하는 것보다는 하면담수 방식으로 재배한 것이 굵은 경향을 보였다. 생장조절제 BA를 사용하지 않을 경우 하배축과 뿌리 길이가 거의 같으나, BA를 처리할 경우 처리농도가 증가할수록 하배축보다는 뿌리가 더욱 짧아져서 H/R 비율이 증가된다. 소비자는 하배축과 뿌리 길이가 어느 정도 균형을 이루면서도, 곧게 자란 것보다는 하배축이 꼬불꼬불하게 휘었으면서도 직경이 굵어 통통한 콩나물을 선호하고 있다 (박무현 등, 1995). 따라서 상면살수 방식보다는 하면담수 방식으로 재배한 콩나물의 세근형성 가능성이 높다고 할지라도 소비자가 선호하는 형태를 취한다고 할 수 있다.

Table 46. Effect of culturing method on lateral root formation, hypocotyl and root lengths, hypocotyl and hook diameters of soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Lateral roots	Lengths			Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl	Root	Total	Middle	Hook
	no sprout ⁻¹	cm	cm	cm	mm	mm
Overspraying	2.0	12.9	7.9	20.8	1.90	1.57
Underwatering	5.6	11.8	9.5	21.3	2.09	1.78
LSD.05	1.0	0.4	1.1	ns	0.08	0.08

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture. ns Nonsignificant between treatment levels.

콩나물 재배시 상면살수와 하면담수의 관수방법에 따른 각부위 및 전체 생체중과 건물중을 조사한 결과는 Table 47과 같다. 자엽, 뿌리 및 개체당 전체 생체중과 이들의 건물중은 관수방법간에 차이가 없었다. 그러나 식미와 가장 관련이 깊은 하배축의 생체중과 건물중은 상면살수 방식보다는 하면담수 방식으로 재배할 경우 많았다. 관수방법간에 전체 생체중은 차이가 없음에도 불구하고 하배축 생체중은 상면살수 방식보다는 하면담수 방식에서 많았던 것은 재배 콩나물이 물속에 잠기는 정도에 따

라 영향을 받은 결과에서 (강진호 등, 2004d) 기인된 것으로 해석된다. 생산수율은 Fig. 26과 같이 차이가 없는 것으로 조사되었다.

Table 47. Effect of culturing method on fresh and dry weights of components in soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
Overspraying	200.3	404.6	51.7	656.6	43.0	17.7	3.00	63.6
Underwatering	193.5	450.9	44.6	689.0	40.2	19.8	3.08	63.0
LSD.05	ns	43.7	ns	ns	ns	1.3	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture. ns Nonsignificant between treatment levels.

콩나물 재배시 상면살수와 하면담수 방식에 따른 재배통 또는 재배기 내의 온도 변화는 Fig. 28과 같다. 6일간의 재배기간중 주입되는 물의 온도는 1℃ 이내의 변이를 보였다. 그러나 재배통 내의 온도는 재배기간 내내 하면담수 방식보다는 상면살수 방식에서 높았으며, 경시적 온도변화로는 상면살수 방식과 하면담수 방식 모두 재배 2일 후부터 상승하기 시작하여 5일 후에 가장 높았다가, 수확당일에는 감소하는 경향을 보였다. 콩나물과 숙주나물의 생장은 재배 또는 관수 온도의 영향을 크게 받아 온도가 높을수록 생장이 촉진되는 것으로 보고되고 있으나 (배경근 등, 1999; 강진호 등, 2004d; 김선립 등, 2000a, b; 박원목 & 김정환, 1998), 본 시험에서는 하면담수 방식보다 상면살수 방식에서 재배통 내의 온도가 높음에도 불구하고 콩나물 생체중에서 두 관수방법간 차이가 없었던 것은 3시간으로 관수간격이 비교적 짧고 충분한 물을 공급한 결과로 해석된다.

콩나물 재배시 상면살수와 하면담수의 관수방법에 따른 하배축과 뿌리의 색도 및 전단력을 조사한 결과는 Table 48과 같다. 하배축과 뿌리의 명도 및 색도, 하배축의 전단력 모두 관수방법간 차이가 없는 것으로 조사되었다. 숙주나물의 색도는 관수방법의 영향을 받지 않는 반면, 전단력은 하면담수 방식보다는 상면살수 방식에서 높아 상면살수 방식으로 생산된 숙주나물은 섬유소가 많아 질길 것으로 강진호 등 (2004d)은 보고한 바 있다. 그러나 본 시험에서 행한 콩나물은 두 관수방법간 색도

뿐만 아니라 전단력에서도 차이를 보이지 않기 때문에 콩나물 재배에서의 관수방법은 색상과 물성에 거의 영향을 미치지 않는 반면, 주로 형태에 영향을 미친다고 할 수 있다.

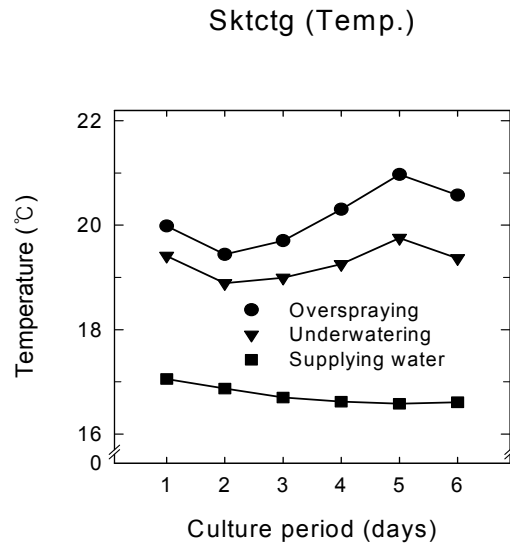


Fig. 28. Temperature affected by different watering methods in culturing soybean sprouts.

Table 48. Effect of different culturing methods on colour and cutting resistance of soybean (cv. Junjery) sprouts. [†]

Parameters	Hypocotyls			Roots			Cutting resistance - g sprout ⁻¹ -
	L [‡]	a	b	L	a	b	
Overspraying	44.43	0.86	17.89	47.03	2.45	16.32	2164.04
Underwatering	47.24	-0.23	13.62	40.63	0.32	10.07	2113.18
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then illuminated with fluorescent light for 5 minutes of the 3 hour aeration before 6 day culture.

[‡] L, brightness; a, + red ~ - green; b, + yellow ~ - blue.

ns Nonsignificant between treatment levels.

이상의 다량생산 체계에서 얻어진 결과로부터 Fig. 27과 같이 도출된 하면담수 방식의 재배 모형을 상면살수 방식에도 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 단체 급식용보다는 소봉지용으로 판매되는 콩나물이 상대적으로 부가가치가 높다. 이러한 직립이 아닌 꼬불꼬불한 형태를 소비자가 선호하고 있어서 소봉지용 콩나물은 하면담수 방식으로 재배되는 것이 일반적 형태이다. 따라서 단체 급식용으로 주로 소비가 된다 할지라도 곧은 직립 형태를 취하는 상면살수 방식으로 생산된 콩나물은 형태를 바꿀 필요가 있다.

다. 물리적 처리에 따른 성장조절 탐색

1) 재배통 흔들음 방법에 따른 성장과 형태 변화

재배 시작부터 3일간 1일 8시간 동안 4시간 간격으로 3회, 2시간 간격으로 5회 플라스틱 재배통을 흔들어주거나 전혀 흔들어주지 않고 재배한 콩나물의 형태를 조사한 결과는 Table 49와 같다. 개체당 세근수는 흔들음 유무 및 횟수간에 차이가 없었다. 콩나물의 전체길이도 흔들음 정도간에 차이가 없었다. 그러나 흔들음 횟수가 많을수록 하배축은 짧아졌던 반면, 뿌리는 길어지는 경향을 보였다. 하배축과 뿌리의 길이 비율 (H/R ratio)은 흔들어 주는 횟수가 많을수록 감소되었는데, 이는 흔들음 횟수가 많을수록 뿌리의 신장이 상대적으로 증가된다고 할 수 있다. 한편 하배축 중간부분의 직경은 흔들음 처리간에 차이가 없었으나 hook 직경은 흔들어 주지 않거나 1일 3회 흔들어 주는 것에 비하여 5회 흔들어 줄 경우 증가되었다. 흔들음 정도에 대한 이러한 조사결과 이외에도 Photo. 3에서 보는 바와 같이 흔들음 정도에 따라 형태는 직선이 아닌 굽는 정도가 심하여지는 경향을 보였다. 상면살수 방식으로 재배된 콩나물은 곧게 자라기 때문에 소봉지용으로는 상품성이 떨어지는 것으로 인식되고 있으나 본 시험과 같이 재배 초기에 재배통을 흔들어 줄 경우 하배축이 짧으면서도 소비자가 선호하는 곡선 형태의 콩나물을 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

재배 초기 3일 동안 1일 8시간 동안 4시간 간격으로 3회, 2시간 간격으로 5회 플라스틱 재배통을 흔들어주거나 전혀 흔들어주지 않고 재배한 콩나물의 개체당 생체중과 건물중을 조사한 결과는 Table 50과 같다. 각부위 및 전체 생체중과 건물중은 흔들음 유무 및 정도에 따른 차이가 없는 것으로 조사되었다. 그러므로 재배 초기에 행하는 재배통의 흔들음은 콩나물의 성장보다는 형태에 영향을 미친다고 할 수 있다.

Table 49. Agitation effect of plastic culture box in the overspraying method on lateral root formation, hypocotyl and root lengths, hypocotyl and hook diameters of soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Agitation no. day ⁻¹	Lateral roots no sprout ⁻¹	Lengths			H/R ratio	Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl cm sprout ⁻¹	Root cm sprout ⁻¹	Total cm sprout ⁻¹		Middle mm sprout ⁻¹	Hook mm sprout ⁻¹
0	1.1	10.3	5.8	16.1	1.78	2.13	1.62
3	1.0	9.5	6.3	15.8	1.51	2.17	1.66
5	0.9	9.0	6.8	15.8	1.32	2.20	1.76
LSD.05	ns	0.7	0.8	ns	0.16	ns	0.10

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, plastic culture boxes were agitated for 3 days.
ns Nonsignificant between treatment levels.



Photo. 3. Agitation effect of plastic culture box in the overspraying method on shape of soybean sprouts.

Table 50. Agitation effect of plastic culture box in the overspraying method on fresh and dry weights of components in soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Agitation - no. day ⁻¹ -	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹							
0	207.2	429.0	44.2	680.4	41.5	18.9	2.7	63.0
3	205.6	440.2	44.4	690.2	40.0	22.1	2.5	64.6
5	207.8	433.3	44.4	685.5	41.0	20.0	2.7	63.7
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, plastic culture boxes were agitated for 3 days.
ns Nonsignificant between treatment levels.

1일 8시간 동안 2시간 간격으로 5회씩 플라스틱 재배통을 재배 시작부터 1일, 2일, 3일간 흔들어주거나 전혀 흔들어주지 않고 재배한 콩나물의 형태를 조사한 결과는 Table 51과 같다. 개체당 형성된 세근수는 재배통의 흔들음 기간이 길수록 적어지는 경향을 보였다. 상기 흔들음 횟수에 대한 시험결과와 같이 콩나물의 전체길이는 흔들음 기간간에 차이가 없었다. 그러나 흔들음 기간이 길어질수록 하배축 길이는 짧아지고, 하배축과 뿌리의 길이 비율 (H/R ratio)은 감소하였던 반면, 뿌리 길이는 길어졌다. 하배축 중간과 hook 부분의 직경은 흔들음 기간간에 차이가 없었다.

Table 51. Agitation period effect of plastic culture box in the overspraying method on lateral root formation, hypocotyl and root lengths, hypocotyl and hook diameters of soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Agitation period - days -	Lateral roots - no sprout ⁻¹ -	Lengths			H/R ratio	Hypocotyl diameters		
		Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook	
		cm sprout ⁻¹					mm sprout ⁻¹	
1	2.1	11.3	6.0	17.3	1.88	2.01	1.71	
2	1.5	10.8	6.9	17.7	1.56	2.12	1.72	
3	0.8	10.4	7.3	17.7	1.42	2.19	1.76	
LSD.05	0.8	0.6	1.3	ns	0.15	ns	ns	

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, plastic culture boxes were agitated 5 times per day during above agitation period.
ns Nonsignificant between treatment levels.

1일 8시간 동안 2시간 간격으로 5회씩 플라스틱 재배통을 재배 시작부터 1일, 2일, 3일간 흔들어주면서 재배한 콩나물의 생체중과 건물중을 조사한 결과는 Table 52와 같다. 각부위 및 전체 생체중과 건물중은 흔들음 기간의 長短에 따른 차이는 없는 것으로 조사되었다. 이상의 시험결과를 요약하면 상면살수 방식에서 재배통의 흔들음 횟수 뿐만 아니라 기간도 생산수율보다는 상품성과 관련된 콩나물의 형태에 주로 영향을 미친다고 할 수 있다.

상면살수 방식에서 재배통을 흔들지 않고 그대로 재배한 콩나물에 비하여 재배 2일차에 길이가 3 cm 정도 자란 콩나물이 거꾸로 뒤집히도록 재배통을 흔들어 주어 기른 콩나물은 길이와 직경의 경우 짧고 굵으나 구부러진 형태를 취하며, 개체당 무게에는 차이가 없었으나 수량은 감소하는 것으로 보고되고 있다 (신동화 & 최웅, 1996). 상기 본시험에서는 흔들음 강도가 강할수록 구부림의 정도가 심하여졌고, 하배축은 길어지는 반면, 뿌리는 짧아졌으며, 생산수율과 관련된 개체당 생체중은 거의 차이가 없었다. 이러한 연구 결과로부터 콩나물 재배 초기에 가하여지는 흔들음은 콩나물의 생장보다는 형태와 관련된 형질에 주로 영향을 미친다고 할 수 있으며, 비록 재배통을 흔드는데 노동력이 투입된다 할지라도 시설비용이 적게드는 장점을 가진 상면살수 방식에서도 소비자가 선호하는 형태로 바꿀 수 있기 때문에 추후 흔들음을 상면살수 방식에 도입하는 것을 고려하여 보아야 할 것이다.

Table 52. Agitation period effect of plastic culture box in the overspraying method on fresh and dry weights of components in soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Agitation period - days -	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
1	210.6	422.7	38.3	671.6	42.8	19.4	2.4	64.5
2	215.8	439.1	37.8	692.7	43.1	19.8	2.3	65.3
3	210.8	435.7	34.1	680.6	41.8	20.6	2.1	64.5
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, plastic culture boxes were agitated 5 times per day during above agitation period.

ns Nonsignificant between treatment levels.

2) 재배통의 압착방법에 따른 생장과 형태 변화

상면살수 방식에서 상하로 포개어져 재배되고 있는 콩나물 재배통을 매일 서로 교환하거나, 계속 압착되도록 그대로 재배하는 방법 또는 무압착이 콩나물의 형태에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 53과 같다. 개체당 형성된 세근수는 압착을 가하지 않고 재배할 경우 가장 많았으며, 재배 최종일에 처하여지는 상하의 위치에 관계없이 재배통을 상하로 교환하여 재배할 경우, 그리고 계속 압착하는 처리 순으로 감소하는 경향을 보였다. 하배축 길이는 여타 처리에 비하여 계속 압착할 경우 가장 짧았으며, 뿌리와 전체 길이는 무압착과 계속 압착하는 처리에 비하여 재배통을 상하로 교환하는 처리에서 짧은 것으로 조사되었다. 하배축과 뿌리 길이의 비율 (H/R ratio)은 무압착과 계속 압착하는 처리에 비하여 재배통을 상하로 교환하는 처리에서 오히려 높은 것으로 분석되었다. 한편 하배축 hook 부분의 직경은 압착 처리간 차이가 없었으나 하배축 중간부분의 직경은 무압착에서 가장 가늘었고, 계속 압착할 경우 가장 굵었다.

Table 53. Pressing effect of plastic culture box in the overspraying method on lateral root formation, hypocotyl and root lengths, hypocotyl and hook diameters of soybean (cv. Junjery) sprouts.[†]

Parameters	Lateral roots - no. sprout ⁻¹ -	Lengths			H/R Ratio	Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook
		----- cm -----	----- sprout ⁻¹ -----	-----		----- mm -----	----- sprout ⁻¹ -----
No pressing	3.7	11.8	7.8	19.6	1.42	1.98	1.71
Alternation (Upper)	0.7	11.7	5.9	17.6	1.98	2.17	1.73
Alternation (Bottom)	0.7	11.6	6.0	17.6	1.93	2.16	1.66
Continuous pressing	0.2	10.6	7.7	18.3	1.38	2.23	1.64
LSD.05	0.7	0.4	0.5	0.8	0.41	0.07	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, the pressing treatments were done with plastic culture boxes with growing sprouts.

ns Nonsignificant between treatment levels.

상면살수 방식에서 상하로 포개어져 재배되고 있는 콩나물 재배통을 매일 서로 교환하거나, 계속 압착되도록 그대로 재배하는 방법 또는 무압착이 콩나물의 생체중

및 건물중에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 54와 같다. 개체당 전체생체중은 무압착에서 가장 적었으며, 재배통을 매일 상하로 교환할 경우, 계속 압착하는 처리 순으로 많아지는 경향을 보였다. 하배축 및 뿌리의 생체중은 전체생체중과 유사한 경향을 보였던 반면, 자엽의 생체중은 압착 처리간 차이가 없었다. 한편 뿌리를 제외한 자엽, 하배축 및 전체 건물중도 압착 처리간 차이가 없는 것으로 조사되었다. 상면살수 방식으로 재배할 경우 전체건물중은 압착처리간 차이가 없음에도 불구하고 전체생체중은 무압착에서 가장 작았던 것은 하배축 중간부분의 직경도 가늘 뿐만 아니라 개체당 형성된 세근수가 많아 섬유소가 증가되고 수분함량이 감소된 결과에 기인된 것으로 해석된다.

상기 상면살수 방식과는 달리 하면담수 방식에서 30 kg의 무게로 치상 직후부터 계속 압착하거나, 재배 시작 4일째부터 계속 압착하는 방법 또는 무압착이 콩나물의 형태에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 55와 같다. 개체당 세근수는 무압착에 비하여 재배 4일 후부터 압착을 가하거나 계속 압착을 가할 경우 적었다. 하배축은 무압착에서 가장 길었던 반면, 계속 압착을 가한 것에서 가장 짧았다. 그러나 뿌리 및 전체 길이, H/R ratio에서는 처리간 차이가 없었다. 한편 하배축 hook 부분의 직경도 상기 상면살수 방식에서의 압착 시험의 결과와 같이 처리간 차이가 없었으나 하배축 중간부분의 직경은 무압착에 비하여 재배 4일 이후 또는 계속 압착할 경우 굵어졌다. 하면담수 방식에서 압착정도에 따른 이러한 형태적 차이 이외에도 Photo. 4

Table 54. Pressing effect of plastic culture box in the overspraying method on fresh and dry weights of soybean (cv. Junjery) sprout components.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
No pressing	197.0	390.9	44.6	632.4	39.8	18.7	2.9	61.4
Alternation (Upper)	196.2	454.1	34.3	684.6	39.2	20.5	2.6	62.3
Alternation (Bottom)	199.5	419.9	33.2	652.6	40.5	19.3	2.7	62.5
Continuous pressing	193.8	468.0	39.9	701.7	39.9	20.7	2.2	62.9
LSD.05	ns	25.2	9.5	37.2	ns	ns	0.4	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, the pressing treatments were done with plastic culture boxes with growing sprouts.

ns Nonsignificant between treatment levels.

Table 55. Pressing period effect of soybean (cv. Junjery) sprouts grown by the underwatering method on their lateral root formation, hypocotyl and root lengths, hypocotyl and hook diameters.[†]

Parameters	Lateral roots — no. sprout ⁻¹ —	Lengths			H/R Ratio	Hypocotyl diameters	
		Hypocotyl	Root	Total		Middle	Hook
		cm sprout ⁻¹				mm sprout ⁻¹	
No pressing	3.1	8.4	7.5	15.9	1.12	1.90	1.18
Pressing after 4th days	1.8	8.2	7.5	15.7	1.09	2.10	1.23
Continuous pressing	1.5	8.0	7.8	15.8	1.03	2.13	1.17
LSD.05	0.9	0.3	ns	ns	ns	0.18	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, the pressing treatments were done with 10 kg stainless sinker over growing sprouts.

ns Nonsignificant between treatment levels.

에서 보는 바와 같이 재배 시작부터 계속 압착할 경우 곧은 모양이었던 반면, 재배 4일 후부터 압착할 경우 그 정도는 적다고 할지라도 압착을 전혀 하지 않고 재배한 것과 같이 구부러진 형태를 취하였다. 콩나물의 구부림 정도는 상면살수 방식으로 재배할 경우 압착보다는 흔들음 강도에 따라 달라지는 반면, 하면담수 방식에서는 압착 정도에 의존한다고 할 수 있다 (Photo. 4).

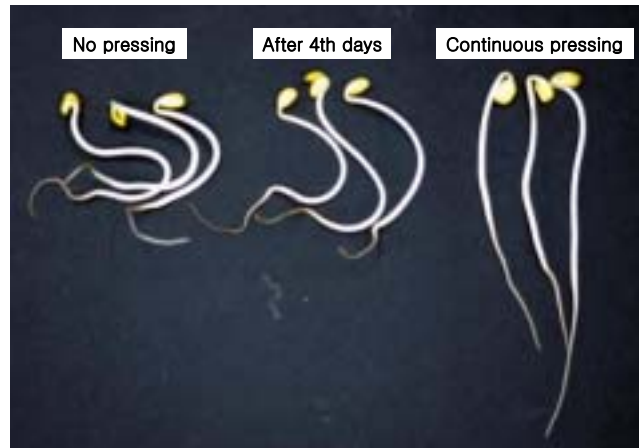


Photo. 4. Pressing effect on shape of soybean (cv. Junjery) sprouts grown by the underwatering method.

하면담수 방식에서 30 kg의 무게로 치상 직후부터 계속 압착하거나, 재배 시작 4 일째부터 계속 압착하는 방법 또는 무압착이 콩나물의 형태에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 56과 같다. 개체당 각부위 및 전체 생체중과 건물중은 상기 상면살수 방식의 플라스틱 재배통을 이용한 압착시험의 결과와는 달리 압착처리간 차이가 없는 것으로 조사되었다. 이상의 시험결과를 요약하면 개체당 전체생체중에 기초한 생산수율은 하면담수 방식보다는 상면살수 방식에서 재배기간중 가하여지는 압착의 영향을 크게 받으며, 세근발생과 형태는 재배방식에 관계없이 압착의 영향을 받는 것으로 요약할 수 있다.

Table 56. Pressing period effect of soybean (cv. Junjery) sprouts grown by the underwatering method on fresh and dry weights of their components.[†]

Parameters	Fresh weights				Dry weights			
	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total	Cotyledon	Hypocotyl	Root	Total
	mg sprout ⁻¹				mg sprout ⁻¹			
No pressing	182.7	282.8	57.5	523.0	45.6	14.2	3.3	63.2
Pressing after 4th days	184.4	282.1	60.4	526.9	47.2	14.6	3.4	65.2
Continuous pressing	178.3	296.7	63.2	538.2	46.0	15.6	3.2	64.8
LSD.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[†] After seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution, and then aerated for 3 hours before 6 day culture, the pressing treatments were done with 10 kg stainless sinker over growing sprouts.

ns Nonsignificant between treatment levels.

이러한 연구 결과로부터 상면살수 및 하면담수 방식에서 행하여지는 압착이 생산된 콩나물의 형태를 변화시켰다. 그러나 상면살수 방식에서의 압착은 생산수율과 관련된 개체당 생체중을 증가시킨 반면, 하면담수 방식에서 압착은 효과가 없었다. 이와 더불어 하면담수 방식에서의 압착은 생산된 콩나물이 곧은 직립이 되기 때문에 상품성이 저하되어 압착하지 않고 재배하는 방법이 바람직한 것으로 사료된다. 따라서 상기 Fig. 27의 재배모형에서 상면살수 방식으로 재배할 경우 플라스틱 재배통을 흔들어주는 방법을 적용하는 것도 가능하다고 할 수 있다.

IV. 결과요약

콩나물 생산에서 가장 문제가 되고 있는 것이 부패와 세균형성이다. 이를 경감시킬 수 있는 방법을 강구함과 아울러 이를 여러 단계로 구성된 콩나물의 재배과정에 도입하여 부패와 세균형성을 억제할 수 있는 재배모형을 설정하는 데에 있다. 연구의 효율화를 위하여 상면살수 방식으로 수행된 특허출원 모형을 생산공장에 맞게 개선하여 상면살수 및 하면담수 방식 모두에 적용될 수 있는 재배모형을 도출하고자 일련의 시험을 수행하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 건조 원료콩을 5분간 水浸한 후 건조서 40분간 aeration 시킨 다음 침종시 물에 뜨는 종자를 제거하는 수침방법이 생산수율에서는 차이가 없더라도 약 8%의 미발아 종자를 제거함으로써 식품첨가물을 이용한 종자소독의 대안으로 활용 가능한 것으로 조사되었다.

2. 하배축 생장, 세균발생 및 생산수율을 고려할 경우 침종시간은 5시간 이상이 계속되어야 하나 근무자의 근무시간과 침종 후의 aeration 시간을 고려할 경우 5시간이 적절한 것으로 분석되었다.

3. 세균형성을 억제하기 위하여 처리되는 BA는 발아, 세균발생, 형태 및 생장에 미치는 처리시기의 영향이 아주 미미하기 때문에 최대흡수기인 5.5시간 이후에 처리하는 것이 흡수량과 처리비용을 현저히 경감시킬 수 있었다.

4. 최대흡수기 또는 최대흡수기 이후의 BA 처리에 관계없이 2 ppm 이상의 처리농도에서는 상품성과 관련된 세균이 거의 형성되지 않는 것으로 조사되었다.

5. BA 처리농도에 따라 일정하게 변화되는 하배축과 뿌리 길이의 비율로 분석한 바 시판콩나물은 1~4 ppm의 BA를 처리하고 있는 것으로 추정되었다.

6. 물 또는 2 ppm BA 용액에 침종시킨 후 aeration 기간중 가하여지는 5분간의 적색광 처리는 BA 처리보다 콩나물의 형태와 생체중에 미치는 효과가 적었다. 이는 BA 처리농도를 4 ppm에서 2 ppm으로 줄인데 기인되는 것으로 분석되었다.

7. BA 처리효과를 극대화하기 위한 aeration은 온도의 영향은 미미한 반면, 기간의 영향을 크게 받았으며 침종 후 적어도 3시간 경과시킨 후 첫관수가 이루어져야 BA 처리효과를 극대화 할 수 있었다.

8. 高價인 적색광 LED 처리장치를 대체할 수 있는 광원으로는 FL40D [우리조명(주)] 형광등이 우수한 것으로 조사되었으며, 적색광과 형광등 처리는 콩나물의 생장과 형태에 미치는 영향도 거의 비슷할 뿐만 아니라 처리기간도 5분 정도로 단축할

수 있었다.

9. 암상태에서 aeration시키는 것보다는 형광등으로 빛을 처리할 경우 하배축이 가늘어진다 하여도 세균형성이 적고, 하배축과 뿌리 길이가 길고 뿌리의 색도 a와 b에서 높아 빛을 처리하는 것이 적절한 것으로 분석되었다.

10. 하면 담수방식에서 관수간격은 형성된 세균수도 적고, 하배축과 뿌리 길이, 하배축 직경, 개체당 생체중이 길고 많은 3시간 간격으로 3분간 관수하는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.

11. 부패와 관련된 재배실 온도하강은 기화열을 이용한 가습기와 물흡림, 팬 작동으로는 거의 영향이 없었던 반면, 관수방식의 영향을 크게 받으며, 특히 하면담수 방식에서 온도 하강이 큰 것으로 나타났다.

12. 기능성물질을 함유하고 있으면서도 세균형성 억제효과가 있을 것으로 기대된 물질중에서 두충잎 추출물이 가장 효과가 컸으며, 10%로 희석시켜 침종하는 것이 세균형성 억제 효과가 가장 컸던 반면, 발아를 떨어뜨리는 것으로 조사되었다.

13. 이상의 결과로부터 재배모형은 부패의 원인이 되는 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시켜 뜨는 종자를 건져내면서 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 7일간 재배하는 과정으로 요약된다.

14. 이상의 재배모형대로 상면살수 방식과 하면담수 방식으로 관수방법을 달리하여 재배한 결과 생산수율과 명도 및 색도에서는 차이가 없었으나, 상면살수 방식에서 세균형성이 적었던 반면, 하배축 직경과 재배통 내의 품온이 높은 것으로 조사되었다.

15. 상면살수 방식에서 생산된 콩나물의 형태를 변화시키기 위하여 시도된 흔들음과 압착은 재배 시작부터 3일 후까지 1일 5회 재배통을 흔들어 줄 경우 꼬불꼬불한 형태로 변화했으나 압착은 형태에 미치는 영향이 적었다.

16. 하면담수 방식에서의 압착은 꼬불꼬불한 형태를 곧은 모양으로 전환시켜 압착이 오히려 상품성을 떨어뜨리는 것으로 나타났다.

제 2절 부패방지 기술개발

I. 서론

콩나물은 생산 후 식품으로 바로 이용되기 때문에 콩나물의 부패를 방지하기 위하여 다른 식물병과는 달리 농약을 사용할 수 없는 문제점이 있다. 콩나물 재배 과정에서 종자의 변색, 발아 저해, 자엽의 무름증상 및 하배축 신장이 억제되는 현상은 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 콩나물 세균성무름병 (박 등, 1997a), 하배축 뿌리에 갈색 수침상 병반은 부생세균, *Pseudomonas putida* biovar, A에 의한 콩나물 세균성부패병 (박 등, 1997b)이 알려져 있다. 근래에 이르러 진균에 의한 것은 연한갈색~진한갈색 반점의 *Collectotrichum truncatum* 및 *C. gloeosporioides*에 의한 콩나물 탄저병 (김 등, 2002) 이외에도 *Fusarium* spp. 및 *Alternaria* spp.도 부패에 관여하는 것으로 보고된 바 있다.

이상과 같이 콩나물의 부패원인은 생물성인 것으로서 이를 방지하기 위하여 acetic acid, propionic acid의 종자 침지처리에 의한 부패한 증식 억제 효과가 보고되어 있고 (박 & 최, 1995), 인산염을 이용한 산성수 (pH3)을 관수하여 콩나물재배 시 부패병 방제효과가 높았던 결과가 알려져 있다 (박 등 1997b). 그러나 이들의 결과는 세균성 부패병일 경우에만 효과를 기대할 수 있는 방법이다. 유통중인 콩나물은 재배 특성상 항상 병원균증식에 유리한 다습 조건 하에서 생산되므로 나물콩의 종자의 소독기술을 개발하여야 할 뿐만 아니라 청정한 조건 하에서 재배 관리가 이루어져야 한다.

본 과제 수행 중 시판중인 콩나물 부패에 가장 중요한 원인은 콩나물 탄저병균으로 판단되어 이를 방지하기 위하여 다양한 종류의 물질을 이용한 예비시험 결과 목초액, 프로폴리스 및 소석회가 탄저병 발생을 다소 억제하는 것으로 밝혀져 이를 이용한 시험을 수행하였다. 또한 콩나물 종자에 대한 열처리가 병원균 부패관련 미생물의 살균 및 콩나물 탄저병 억제효과가 큰 것으로 나타나 이 처리방법을 확립하여 가장 효과적인 기술을 실제 생산모형에 적용하여 청정 콩나물을 생산코자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 병원균의 분리 및 동태확인

가. 부패원인균의 분리·동정

진주, 사천, 경주, 포항, 전주, 익산, 청양, 대전, 청주에서 부패현상이 나타난 콩나물 시료를 수집하여 병원균 분리방법에 의하여 부패원인미생물을 분리하였는데 세균은 부패한 콩나물 1 g당 멸균수를 10 ml를 막자사발에 넣고 잘 마쇄하여 현탁액을 만든 후 그 시료를 test tube에 넣고 10^{-4} 까지 희석하여 1/2 TSA (Tryptic Soy Agar) 배지상에 도말하여 단일 colony로부터 이식하여 MIDI (Sherlock, USA)으로 세균을 동정하였다. 그리고 진균의 분리는 병든 콩나물의 이병조직을 1% Sodium hypochlorite로 60초간 표면 살균한 다음 PDA (Potato Dextrose Agar) 배지상에 옮겨 25°C 항온기에서 조직 배양하여 성장한 곰팡이의 균사 끝 부분을 잘라서 PDA배지에 옮겨 순수 배양하여 포자를 형성시켜 원인균을 분류·동정하였다.

병원성검정은 부패원인 후보균들을 세균은 TS broth 배지에, 진균은 PD broth 배지에 배양한 후 균 현탁액 (진균 10^4 conidia/ml, 세균 10^6 cfu/ml)에 콩나물의 원료인 나물콩을 5분간 침지한 다음 음건한 후, 콩나물을 재배하여 성장기간인 5일간 부패발생 여부를 조사하고, 냉장보관 중에 부패가능성을 확인하기 위해 완전 성장한 후 일주일간 냉장보관 하면서 부패의 정도를 조사하였다.

나. 재배모형의 처리에 대한 동태조사

일반적으로 콩나물 생산 공장에서 흔히 사용되는 콩 종류인 소원콩, 풍산나물콩, 준저리등 3품종에 대하여 콩나물 재배 온도에 따른 탄저병 발생정도를 조사해보았다. 3품종의 콩에 PDA 배지에서 형성시킨 콩나물 탄저병균 (*Colletotrichum gloeosporioides*)의 분생포자를 수거하여 포자현탁액 (10^4 conidia/ml)에 5분간 침지한 후 상온에서 건조시키고 각각 17°C, 22°C, 27°C, 32°C의 항온기에서 4일간 재배하여 발병상황을 조사하였다.

2. 부패 방제방법 설정

가. 환경친화형 방제방법설정

1) 천연물에서 탄저병균 억제물질 선발

다양한 종류의 물질을 이용한 예비시험 결과 목초액, 프로폴리스 및 소석회가

탄저병 발생을 다소 억제하는 것으로 밝혀져 이를 이용한 시험을 수행하였다. 콩나물콩의 시험 품종은 준처리를 사용하였고 이 종자에 콩나물 탄저병균 포자를 위와 같은 방법으로 접종하여 시험에 사용하였다.

가) **천연물**에서 탄저병균 억제물질 선별방법으로는 항진균작용이 알려진 한약재를 95% 알콜로 추출하여 농축한 다음 PDA상에서 탄저병균 억제실험을 수행하여 저지대를 형성하는 물질을 선별하였고, 나) **목초액**은 지리산 참숯굴 목초액을 원액으로 사용하여 10배~30배 농도로 희석하여 사용하였다. 다) **프로폴리스**는 시판되는 프로폴리스를 멸균수로 100배 희석하여 실험에 사용하였으며, 라) **석회수** 조제로는 소석회 1 g을 증류수 1ℓ에 넣고 녹인 후 현탁액을 사용하였다. 목초액 침지 시간별, 프로폴리스의 희석배수별 콩나물탄저병 발생상황을 먼저 조사하고 이 결과를 바탕으로 단독처리 및 조합처리 시험에 이용하였다. 단독처리 시험은 탄저병균 분생포자 처리종자를 목초액 (10x) 5분과 30분 침지, 프로폴리스(100x) 5시간 침지, 석회수 5시간 침지하였다. 조합처리 시험은 목초액 (10x) 5분간 침지한 후 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5시간 침지하였고, 또한 목초액 (10x) 5분간 침지 후 프로폴리스 (100x) 5시간 침지하여, 처리종자를 2시간 방치한 후 콩나물 재배시루에 넣고 5일간 재배하여 발병상황 조사하였다.

2) 열처리에 따른 억제효과 검정

가) 열에 대한 병원균의 내성 검정

분리된 분생포자를 습열처리와 건열처리로 나누어 내열성을 조사하였다. 먼저 습열처리는 E-tube에 증류수를 950 μl 씩 넣어 hot block을 이용하여 55~65°C 까지 5°C 간격으로 수온을 조절한 후 $2 \times 10^3/50 \mu\text{l}$ 의 분생포자 현탁액을 더하여 현탁시켜 5~30분까지 5분 간격으로 현탁액 50 μl 를 PDA배지에 plating하였다. 그리고 이것을 3일간 배양기에 배양하여 생존 colony 숫자를 조사하였다. 대조구로는 습열처리 않은 것을 사용하였다. 건열처리는 filter paper disk (직경 0.8 cm)에 분생포자 2×10^3 개를 처리한 후 상온에서 1차 건조 후 55~65°C까지 5°C 간격으로 조절된 dry oven으로 옮겨서 5~30분간 5분 간격으로 filter paper disk를 꺼내어 증류수 1 ml에 넣어 vortexing한 뒤 현탁액 50 μl 씩 뽑아 PDA배지에 plating하였다. 그리고 이것을 3일간 배양하여 생존한 colony 수를 조사하고 대조구로는 건열처리하지 않은 것을 사용하였다.

나) 열처리에 의한 콩나물 성장 조사

콩종자 (소원콩, 풍산콩, 준저리)를 45, 55, 60, 65°C에서 각각 건열 (20 min.) · 습열 (5 min.) 처리하여 10일간 재배한 후 종자발아율에 따른 제품생산성과 콩나물성장 정도를 조사하였다.

다) 부패관련 세균 사멸효과 조사

콩나물 부패증상에서 세균 3종 (*Micrococcus luteus*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas putida*)을 분리하여 10^4 /ml의 현탁액을 만들고, 여기에 콩종자를 5분간 침지시킨 후 55, 60, 65°C에서 5분간 습열처리. 처리된 종자 3개를 1 ml의 증류수에 넣어 vortexing한 후 50 μ l를 plating하여 배양하였다.

나. 생산모형에의 적용

1) 실험실생산 모형

앞의 실험 열에 대한 병원균의 내성 검정과 열처리에 의한 콩나물 성장 조사 결과 (60°C에서 5분간 습열처리)를 가지고 실험실생산 모형과 대량생산 모형에 적용하였다. 실험실생산 모형으로는 분생포자 현탁액 (10^3 /ml)에 콩종자를 5분간 처리한 후 상온에서 1차 건조하고 dry oven을 이용하여 60°C에서 5분간 습열처리하여 7일간 콩나물을 재배하여 무처리구와 비교하여 부패방지 효과를 검정하였다.

2) 대량생산 모형

대량생산 모형으로는 같은 방법으로 전염원을 종자에 처리한 후 60°C에서 5분간 습열처리하여 실제 대량 생산 공정의 방법으로 콩나물을 7일간 재배하여 무처리구와 비교하여 부패방지 효과를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 병원균의 분리 및 동태확인

가. 부패원인균의 분리·동정

전국 9개 지역에서 채집한 부패한 콩나물 sample에서 분리된 부패원인균 27 균주를 분리 동정한 결과 곰팡이 5종과 세균 3종 등 총 8종을 얻었고 이들에 콩나물에 대한 병원성과 감염시 증상에 대해 조사하였다.

Table 1. Fungal and bacterial isolates associated with soybean sprout rot and pathogenicity.

Isolate(number)	Local	Pathogenicity
<i>Fusarium reticulatum</i> (3)	(Jinju)	+
<i>Fusarium sp.</i> (3)	(Gyeongju, Pohang, Cheongju)	+
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (10)	(Jinju, Gyeongju, Iksan, Pohang, Cheongyang)	++
<i>Phoma sp.</i> (4)	(Jinju Iksan)	+
<i>Geotrichum sp.</i> (4)	(Jinju Iksan Gyeongju)	-
<i>Micrococcus luteus</i> (1)	(Jinju)	+
<i>Enterobacter cloacae</i> (1)	(Jinju)	+
<i>Pseudomonas putida</i> (1)	(Jinju)	+

a, -, avirulent; +, weakly pathogenic; ++, highly pathogenic.

1) *Fusarium* 균에 의한 부패증상

콩나물의 하배축에 갈색의 반점이 형성되고 진전되면 부생세균의 감염으로 부패를 일으키며 주로 뿌리부분에 발생되었다. 병원균의 특성으로는 배지상에 자색 또는 붉은색을 띄고 대형 분생포자와 소형 분생포자가 형성되었다. 대형포자는 서양낮

형이며, 격막이 3개 또는 수개가 있다. 종자에 혼입된 병원균에 의해 콩나물 재배시 병을 일으킨다.



Symptom



Macroconidia

Plate 1. Symptom of Fusarium rot.

2) Phoma 균에 의한 부패증상

주로 콩나물의 자엽에 검은 병반을 형성하는데, 하배축에는 병이 발생되지 않고, 병원균은 자엽과 배지상에서 검은 소립의 병자각이 형성되고 무색단포의 원형의 병포자가 형성되었다. 꼬투리에 형성된 병반에서 탈곡시 종자에 혼입되어 콩나물에 병을 일으킨다.



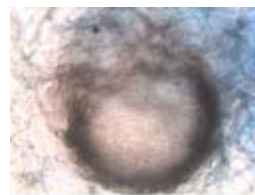
Symptom



Pycnidiospore



Pycnidia



Pycnidium

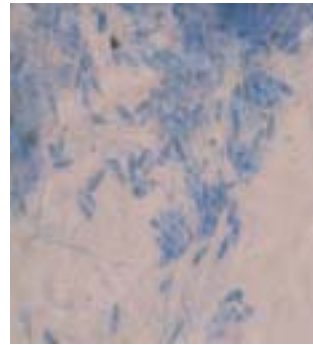
Plate 2. Symptom of Phoma rot.



Symptom



Setae



Conidia

Plate 3. Soybean sprout rot caused by *Colletotrichum gloeosporioides*.

3) 탄저병균에 의한 부패증상

자엽과 하배축에 병을 일으킨다. 자엽에는 불규칙한 갈색의 병반을 형성하고 하배축에는 처음 작은 갈색반점이 형성되고 진전되면 이병부가 함몰되고 연화되면서 무수한 포자를 나출하여 만지면 미끌미끌한 촉감이 느껴진다. 이병개체는 신장이 억제되고 심하게 발생되면 부생균의 2차 감염으로 조직이 썩으면서 마치 세균병이 발생한 것처럼 심하게 부패된다. 또한 콩나물의 폐수에 회색의 부유물이 생기는데 이는 탄저병균의 포자부유액으로 자연생태계에서 콩, 또는 다른 작물에 2차 전염원이 될 가능성이 크다. 탄저병균은 콩의 꼬투리에서 발생한 병반에서 형성되어 탈곡 조제시 콩에 묻어 종자전염된 것으로 종자소독에 의해 방제할 수 있다.

4) 세균에 의한 부패증상

- 발아력이 상실된 종자의 부패 : 발아력이 상실되어 배가 죽은 콩을 물에 담가놓으면 부패가 발생하는데, 이 때 부생균이 관여하여 부패를 조장하는데 악취가 아닌 쿼퀴한 냄새가 난다. 여기서 분리된 세균은 상처 없이 성장하는 콩에는 부패를 일으키지 못하였다.

- 발아력이 있는 종자의 세균에 의한 부패 : 병원성이 있는 세균을 종자에 접종하여 콩나물을 재배한 결과 뿌리가 발생하여 신장하다가 2-3일 후에 생육이 정지되고 부패하여 고약한 악취를 발생하였다.

- 자엽의 작은 검은점 : 품종에 따라서 콩나물의 자엽에 작은 검은 반점이 한 개

2) 재배 온도별 하배축 성장정도

재배 4일 후 하배축 생장은 32℃에서 가장 우수하였으나 27℃와 22℃에서는 탄저병 발생으로 인하여 생장이 저조하였다. 그리고 17℃에서는 탄저병이 미미하였으나, 생장이 저조한 이유는 저온처리에 따른 성장감소 효과 때문인 것으로 판단되었다.

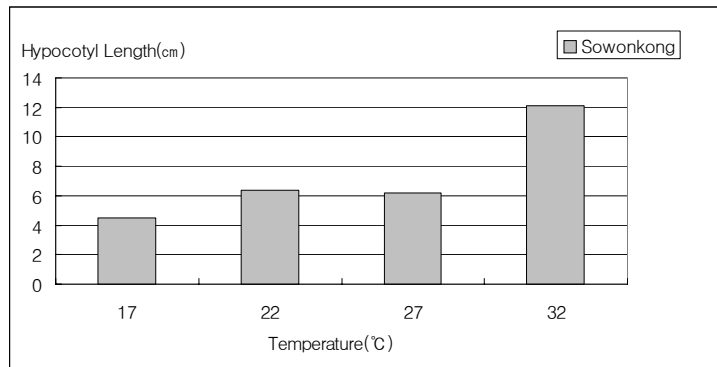


Fig. 2. Effect of temperature on growth of soybean in 4 day cultivation.

위의 두 결과 (Fig. 1, Fig. 2)로 미루어보아, 32℃ 처리구에서는 탄저병 발생이 없었고, 콩나물 생장도 양호하였으나, 콩나물의 조직연화가 우려되며, 무름병균 등 각종 미생물증식에 유리한 환경조건을 조장할 수 있고 또한 생산비절감을 위해서도 현실적으로 적용이 어려운 점이 있다. 그러므로 콩나물 상품성을 고려할 때 22℃~27℃의 범위에서 재배하는 것이 좋으나 탄저병발생의 위험이 있으므로 탄저병 방제방법 기술개발의 필요성이 절실한 것으로 나타났다.

2. 부패 방제방법 설정

가. 환경친화형 방제방법설정

1) 환경친화형 방제방법

천연물중 탄저병균을 억제하는 것은 Table 2에서 보는 바와 같이 목초액, 프로폴리스 등과 몇가지 식물의 추출물이 탄저병균을 억제하였으나 이들 모두 살균 작용을 하는 것이 아니라 정균작용만 하는 것으로 밝혀졌다. 목초액에 의한 탄저병균 저지대 실험 결과 시판 원액에서 탄저병균을 억제하는 저지대가 형성되어 이를 콩나물 탄저병 방제 시험에 이용하고자 목초액에 이병종자를 1시간 정도 침지한 결과 콩이

발아하지 않아 침지시간을 3분, 5분, 30분으로 짧게 하여 시험한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 목초액 10배액에 30분간 처리한 것이 발아도 양호하였고 병의 발생이 없었다. 1시간 침지한 것은 발아가 되지 않았으며, 3분의 짧은 시간 침지는 발병이 심하여 발병 억제 효과가 없었다.

Table 2. Inhibitory effect of plant crude extracts, pyroligneous acid and propolis on anthracnose disease incidence.

Scientific name	Clean zone	Inhibition of spore germination	Seed germination	Remarks
<i>Allium scorodoplasma</i>	+++	+	Germination	Fungistasis
<i>Phellodendron amurense</i>	-	-	Germination	“
<i>Acorus gramineus</i>	+++	+	None	“
<i>Dictamnus albus</i>	+++	+	None	“
Pyroligneous acid	+++	++	None	“
Propolis	+++	+	Delayed germination	“

Table 3. Effect of seed soaking in Pyroligneous acid on sporut rot incidence.

Time (min.)	Concentration	No. of necrotic spot	Incidence (%)
3	10 x	2.4	88.0
5	10 x	1.0	15.0
30	10 x	0	0
60	10 x	- ^a	-

a, Soybean seeds were not germinated.

예비실험결과 프로폴리스 25배 농도까지 배지상에서 저지대를 형성하여 프로폴리

스 희석 농도별로 침지효과를 검토한 결과 25배와 50배 농도에서 탄저병균 억제효과가 인정되었다. 발아가 지연되었고, 100배 농도에서는 발아가 약간 지연되고 병의 발생도 다소 있었다 (Table 4).

Table 4. Effect of Propolis on soybean sprout rot incidence by seed soaking

Concentration	Time (min.)	Delayed germination period	Incidence (%)
25 x	5	2 day	0
50 x	5	1 day	0
100 x	5	weakly	15

목초액과 석회수, 프로폴리스를 각각 단독 또는 조합처리하여 콩나물 탄저병 억제효과를 검토하였다 (Table 5). 무처리에 비하여 목초액 10배액을 5분간 침지한 처리가 개체당 병반수 1개정도로 병발생이 크게 억제되었으나 발병개체율이 51.3%로 상품가치가 없었고 같은 농도로 30분간 처리하였을 때 발병개체율이 2%로 발병되어 방제효과가 크게 인정되었다.

소석회는 단독처리시 전혀 효과가 인정되지 않았다. Calcium chloride, calcium propionate 처리하면 *C. gloeosporioides*나 *C. acutatum*의 분생포자 발아에는 영향을 미치지 못하나, 발아관 신장억제 효과가 인정되었고, 이들에 의한 과일 부패병 억제효과가 있었다는 결과가 보고되었다 (Biggs, 1990). 한편 Ahn 등 (2003)은 polyamine류에 의한 탄저병균의 분생포자 발아 및 부착기 형성능력 및 calmodulin 유전자발현 억제현상이 1 mM calcium chlorid 처리에 의하여 완전히 회복되는 것을 보고하였다. 따라서 Ca 화합물의 탄저병방제효과는 기대하기 어려운 것으로 판단되었다.

목초액과 소석회, 목초액과 프로폴리스 조합에서도 각각 4.0 및 5.7%의 발병개체율을 보여 두 가지 처리 모두 병방제에 상승효과가 인정되었다. 목초액과 소석회 조합 처리에서는 콩나물의 길이가 가장 길어 석회가 콩나물의 생장에 크게 기여한 것으로 추측되었으며, 프로폴리스 처리구에서는 콩나물의 길이가 짧았는데 이는 프로폴리스처리에 의한 발아장애 및 생육지연으로 판단되었다.

Table 5. Effect of PA, Pro and Calcium salts on germination and sprout growth and sprout incidence.

Treatment	Germination	Length of hypocotyl (cm)	Root (cm)	No. of necrotic spot	Incidence (%)
Nontreatment	- ^a	13.2	5.9	7.0	100
PA (10x), 5 min.	-	14.1	9.2	1.1	51.3
PA (10.x), 30 min.	-	14.8	7.3	0.01	2.0
Ca(OH) ₂ 5 hrs	-	11.2	9.2	3.7	100
Pro (100x), 5 hrs	+	9.9	9.9	0.4	15.0
PA (10x), 5 min. + Ca(OH) ₂ 5 hrs	-	15.4	8.1	0.01	4.0
PA(10x), 5 min. +Pro (100x), 5 hrs	+	10.3	7.9	0.01	5.7

a +; slightly delayed, -; normal.

PA; Pyroligneous acid, Pro; Propolis.

콩나물 부패방지를 위해 탄저병 억제에 가장 효과적인 방법은 목초액 10배액에 30분간 침지 소독하는 처리이었으며, 목초액에 5분간 침지소독 한 후 소석회수에 침지하는 것도 탄저병 억제효과가 높았다. 그러나 이상의 어느 처리도 청정 콩나물재배에 적용하기에는 부적당하여 보다 우수한 방제효과를 얻기 위한 간편하면서도 경제적인 기술개발이 요구되었다.

2) 열처리에 따른 억제효과

가) 열에 대한 병원균의 내성

습열과 건열처리에 대한 콩나물 탄저병원균의 생존수는 숙주나물탄저병인 *C. acutatum*과는 전혀 다른 양상을 보였는데 건열처리에 대한 내성이 높은 것으로 나타났다 (Table 6, Table 7). 건열처리에서는 온도와 시간에 따라 병원균의 생존수가 줄어드는 듯하나 65℃, 30분까지 처리하여도 50% 이상 생존하여 살균효과가 상당히 낮았다. 이에 비하여 습열처리 (55℃에서 20분 이상)에 의하여 병원균이 사멸하였다. 결과적으로 건열처리보다는 습열처리가 콩나물 종자처리 전염원 살균에 훨씬 더 효율적인 것으로 판단된다.

Table 6. Effect of dry heat treatment on survival of *C. gloeosporioides*.

Temperature (°C)	Treatment (min.)						CK ^b
	5	10	15	20	25	30	
55	106 ^a	103	108	101	98	92	107
60	96	81	76	72	60	65	
65	93	72	65	64	57	55	

a, No. of colonies recovered; b, untreated control.

Table 7. Effect of hot water treatment on survival of *C. gloeosporioides*.

Temperature (°C)	Treatment period (min.)						CK ^b
	5	10	15	20	25	30	
55	21 ^a	16	13	0	0	0	103
60	0	0	0	0	0	0	
65	0	0	0	0	0	0	

a, Refer to the footnote of Table 6 for details.

나) 열처리가 콩나물 생장에 미치는 영향

열처리에 의한 콩종자의 발아 및 하배축의 생장에 미치는 악영향 여부를 조사한 결과 콩종자는 녹두종자에 비해 열에 대한 내성이 상대적으로 약한 경향이었다. 건열처리와 습열처리 모두에서 콩종자의 발아 및 하배축의 생장에 영향을 미치는 것으로 나타났는데 건열처리에 의한 스트레스는 65°C에서 25분과 30분, 60°C에서 30분 처리부터 종자발아 및 하배축 기형이 나타났고 (Table 8), 습열처리는 건열처리보다 더 낮은 온도와 시간인 55°C에서 15분 후, 60°C에서는 10분 후부터 65°C에서는 5분부터 종자발아 및 하배축 기형이 나타났다 (Table 9). 이들 결과와 콩나물 탄저병균의 열처리에 대한 생존수를 감안하면, 건열처리로는 65°C에서 30분간 처리하여도 전염원이 50%가 생존하였을 뿐만 아니라 종자발아 및 하배축 기형 발생 위험도 크기 때문에 탄저병 방제 효과가 인정되지 않았다. 습열처리의 경우 건열처리보다 더 낮은 온도와 처리시간에 종자발아 및 하배축 기형 발생하지만 그 처리시간이 55°C에서 20분부터, 탄저병균이 사멸되었으므로 (Table 7), 콩종자를 건열처리 하는 것보다 습열처리 (60, 5분)하여 탄저병을 방제하는 것이 더 안전한 방법으로 판단되었다.

열처리한 후의 종자발아율에 따른 제품생산성과 콩나물성장정도를 조사한 결과 건열처리 (45~65℃, 20분)했을 경우 열처리를 하지 않은 것과 차이가 나지 않았지만 습열처리 (45~65℃, 5분)의 경우 65℃, 5분부터 콩나물의 종자발아율과 성장정도를 비교하여 제품생산성이 현저하게 떨어진다는 것을 확인하였다 (Table 10).

Table 8. Influence of dry heat treatment on soybean seedlot on germinability and sprout growth during cultivation.

Temperature (°C)	Poor germination						Deformed sprout					
	5 min. ^a	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
CK*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
65	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+

a, Time period in minutes for heat treatment.

* Untreated control; -, none; +, apparent.

Table 9. Influence of wet heat treatment on soybean seedlot on germinability and sprout growth during cultivation.

Temperature (°C)	Poor germination						Deformed sprout					
	5 min. ^a	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
CK*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
60	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
65	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+

^{a,*} Refer to the footnote of Table 8 for details.

Table 10. Effect of different light sources and duration on the proportion of hypocotyl and morphological characters of soybean sprouts.

Parameters	Marketable	Unmarketable	No-germ	Lateral root formation	Length			H/R
	> 4 cm	< 4 cm (B)	0 cm (C)	Number	Hypocotyl	Root	Total	ratio
	%			no. sprout ⁻¹	cm sprout ⁻¹			
Cultivars (C)								
Sowonkong	145.1	2.4	2.6	3.6	4.9	3.7	8.6	1.35
Pungsankong	130.5	16.9	2.6	3.6	4.7	3.7	8.4	1.25
Junjery	130.5	16.5	2.9	3.5	4.8	3.7	8.5	1.31
LSD.05	0.6	0.5	ns	ns	ns	ns	ns	0.08
Disinfection method (D)								
Dry Heat	145.0	2.3	2.7	3.9	4.9	3.8	8.7	1.29
Wet Heat	125.7	21.5	2.8	3.3	4.7	3.6	8.3	1.31
LSD.05	0.5	0.4	ns	0.2	ns	0.1	0.3	ns
Temperature (°C, T)								
0	145.4	2.6	2.0	3.9	5.3	3.8	9.0	1.42
45	145.2	2.3	2.5	3.9	5.0	3.8	8.8	1.32
55	145.1	2.3	2.6	3.8	4.9	3.7	8.5	1.33
60	144.7	2.7	2.6	3.8	4.6	3.8	8.4	1.22
65	96.4	49.8	3.8	2.5	4.3	3.5	7.8	1.21
LSD.05	0.8	0.7	0.8	2.0	0.4	0.1	0.5	0.1
C × P	**	**	ns	ns	*	**	*	*
C × T	**	**	*	**	**	**	**	**
P × T	**	**	ns	*	*	**	**	**
C × P × T	**	**	ns	ns	ns	**	*	*

† Seeds were imbibed for 5 hours into 2 ppm BA solution and then aerated for different periods immediately before 6 day culture.

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

다) 부패 관련 세균 사멸효과

콩나물 부패증상에서 분리된 세균 계통을 60°C와 65°C에서 건·습열처리한 결과 모두 사멸하였다 (Table 11). 이는 콩 종자에 건·습열 처리효과가 콩나물 재배 후에 발생하는 세균에 의한 부패를 예방할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대되며 유통과정에서 발생하는 콩나물 부패에 대한 보존성도 높이는 효과가 있을 것이다.

Table 11. Heat susceptibility of bacterial isolates associated with soybean sprout rot.

Isolate	60°C		65°C		Untreatment control ^c
	Dry ^{ab}	Wet ^b	Dry	Wet	
<i>Micrococcus luteus</i>	0	0	0	0	120.2±4.8
<i>Enterobacter cloacae</i>	0	0	0	0	76.8±6.2
<i>Pseudomonas putida</i>	0	0	0	0	82.6±8.4

a, Dry heat, treated for 30 min. at corresponding temperature settings in drying oven.
 b, Wet heat, treated for 5 min. in hot water adjusted to corresponding temperature.
 c, No. of colonies form recovered from untreated control sample.

나. 생산모형에의 적용

습열처리 방법으로 60°C, 65°C에서 5분 열처리를 하면 탄저병 전염원의 생존이 불가능하였고 종자발아 장애 및 하배축 기형의 발생도 없었다. 따라서 소규모 생산 모델과 실제 콩나물 재배 공정모델에 60°C에서 5분 습열처리하여 콩나물 탄저병 방제와 생산모형에의 적용 가능성을 알아보았다. 그 결과 소규모 생산 모델 (Table 12.)과 실제 콩나물 재배 공정모델 (Table 13) 에서 60°C에서 5분간 습열열처리한 처리구에서는 콩나물 탄저병이 나타나지 않았다. 결론적으로, 60°C에서 5분간 습열처리 방법은 소규모 생산 모델과 실제 콩나물 재배 공정모델에 적용 가능한 부패방지기술을 확립하였다.

Table 12. Effect of hot water treatment on soybean seedlot against sprout rot incidence under small-scale production system.

Temperature (°C)	No. of necrotic spots	Hypocotyl (cm)	Root (cm)
CK*	56.2±5.24	7.28±0.72	7.8±0.53
60	0	12.62±0.46	11.4±0.58

* Untreated control.

Heat treatment was done for 5 min. at corresponding temperatures.

Disease incidence was inspected for each soybean sprout in 7 days cultivation.

Table 13. Effect of hot water treatment on soybean seedlot against sprout rot incidence under standardized production system.

Temperature (°C)	No. of necrotic spots	Hypocotyl (cm)	Root (cm)
CK*	43.4±6.3	7.5±0.3	1.3±0.1
60	0	13.6±0.2	2.4±0.1

* Untreated control.

Refer to the footnote of Table 11. for details.

IV . 시험결과 요약

1. 병원균의 분리 및 동태확인

가. 부패원인균의 분리 · 동정

전국 9개 지역에서 채집한 부패한 콩나물 sample에서 분리된 부패원인균을 분리 · 동정하여 곰팡이 5종과 세균 3종을 얻었고 이들에 콩나물에 대한 병원성과 감염 증상을 조사한 결과 탄저병균에 의한 부패증상 가장 큰 원인이었다.

나. 재배모형의 처리에 대한 동태조사

콩나물 재배온도에 따른 탄저병 발생정도와 재배 온도별 하배축 성장정도를 시험한 결과 콩나물 상품성을 고려하여 22℃~27℃의 범위에서 재배하는 것이 좋으나 탄저병발생의 위험이 있으므로 탄저병 방제방법 기술개발의 필요성이 절실한 것으로 나타났다.

2. 부패 방제방법 설정

가. 환경친화형 방제방법설정

1) 천연물에서 탄저병균 억제물질 선별

탄저병 억제에 가장 효과적인 방법은 목초액 10배액에 30분간 침지 소독하는 처리이었으며, 목초액에 5분간 침지소독한 후 소석회수에 침지하는 것도 탄저병 억제효과가 높았으나 청정 콩나물재배에 적용하기에는 부적당하여 보다 우수한 방제효과를 얻기 위한 간편하면서도 경제적인 기술개발이 요구되었다.

2) 열처리에 따른 억제효과 검정

가) 열에 대한 병원균의 내성 검정은 건열처리 (65℃, 30분 처리)에서 살균효과가 낮았으나 습열처리 (55℃에서 20분 이상)에서 살균효과가 높았던 결과로 습열처리가 콩나물방제에 효율적인 것으로 나타났다.

나) 열처리에 의한 콩나물 성장 조사에서 건열처리보다는 습열처리 (60℃, 5분)하는 것이 종자발아율과 성장정도에 영향을 미치지 않으면서 가장 좋은 탄저병 방제 처리방법으로 나타났다.

다) 부생성 세균 사멸효과 조사는 60℃와 65℃에서 건 · 습열처리한 결과 모두 사멸하였으며 콩나물 재배 후 부패를 예방할 수 있고 유통과정중 보존성도 높이는 효과가 있었다.

나. 생산모형에의 적용

1) 습열처리 (60℃, 5분)하여 콩나물 탄저병 방제와 소규모 생산 모델에 적용한 결과 종자발아 및 하배축 기형 발생이 나타나지 않았고 콩나물 탄저병 또한 나타나지 않았다.

2) 소규모 생산 모델의 결과를 실제 콩나물 재배 공정모델에 적용한 결과 종자발아 및 하배축 기형 발생과 콩나물 탄저병이 발생되지 않았으며 이는 확립된 부패방지기술로서 적용이 가능하다고 판단되었다.

제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

I. 목표 달성도

1. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발 : 제 1소과제에서 개발하고자 하는 기술 내용은 상면살수 방식에서 도출한 기존의 특허등록 모형을 이용하여 ① 하면담수 방식의 생산모형을 설정하고, ② BA를 대체할 수 있는 기능성 및 세균발생 억제 검용물질의 처리방법을 설정하고 시제품을 개발하며, ③ 처리기구가 고가인 기존의 LED 빛처리 방법을 개선하고, ④ 주요 결과별 생산수율 및 상품성을 분석한 후 이를 이용하여 ⑤ 새로운 생산모형을 도출하고 기존의 특허등록 모형을 보완하는 것이 궁극적 목표이었다.

연구를 통하여 도출된 결과로는 ① Fig. 2와 같은 기존의 재배모형을 Fig. 1과 같이 변형시켜 근로자의 근무시간인 9시간내에 처리가 이루어지도록 하였다. 이러한 재배모형은 acetic acid 또는 propionic acid 0.1%에 2분간 처리하는 방법을 5분간 침종한 종자를 건져 40분 aeration 시킨 후에 침종시 뜨는 종자를 건져내는 水浸方法을 종자소독 대안으로 제시하였으며, BA 처리효과를 극대화하기 위한 aeration은 침종과 재배를 위한 첫관수까지 3시간이 경과되어야 한다는 결과를 수용하여 완성되었다. ② BA를 대체할 수 있는 기능성 및 세균발생 억제 검용물질의 처리방법 설정과 시제품의 개발은 여러 가지 대체물질을 이용한 시험에서 두층잎 추출물이 세균형성 억제에 효과적이었으며 10%에 5시간 침종하는 것이 효과적이며 두층잎 추출물을 정제하여 시제품으로 개발하였다. ③ 처리기구가 고가인 기존의 LED 빛처리 방법을 개선하기 위하여 수행된 연구결과에서 3시간의 aeration 기간중 aeration 시작 30분 후부터 5분간 형광등을 이용하여 빛처리도 가능하며 기존의 특허등록된 LED로 제작된 다용도 빛처리기도 형광등으로 개작하였다. ④ 주요 결과별 생산수율 및 상품성 분석은 콩나물 생산현장에서 이용되고 있는 성장조절제 BA와 빛처리 유무에 따른 생산수율, 형태, 명도 및 색도, 하배축의 전단력을 조사하여 상호 비교하였다. ⑤ 새로운 생산모형을 도출하고 기존의 특허등록 모형의 보완에서는 상기 제 2장 국내외 기술개발 현황의 본 사업의 연구결과가 국내·외 기술개발에서의 위치 및 활용에서 설명한 바와 같이 5개의 형태로 변형하여 활용될 수 있다는 모형을 제시하였다. 따라서 본과제의 제 1세부과제인 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발에서는 이상과 같이 목표에 준하는 결과를 확보하였다. 지속적인 연구를 통하여 보

다 개선시켜야 할 부분도 있으나 전체적으로는 연구계획 단계에서 설정한 목표를 완성한 것으로 평가할 수 있다.

2. 부패방지 기술개발 : 제 2소과제인 부패방지 기술개발에서 이루고자 하는 목표는 ① 콩나물 재배에서 가장 문제가 되고 있는 부패 병원균의 분리 및 동태 확인, ② 생산에 적용 가능하도록 식품첨가물 또는 환경친화적인 부패 방제방법 설정하는 것이다. 연구를 통하여 도출된 결과로는 ① 부패와 관련된 여러 가지 진균과 세균이 검출되었으나 콩나물 재배 적온인 22~27℃에서 진균의 일종인 탄저병균 (*C. gloeosporioides*)이 부패를 가장 크게 야기하였으며, ② 이러한 탄저병의 방제는 천연물 (목초액, 소석회수, 프로폴리스)을 각각 단독 또는 조합 처리하거나, 건열처리 (65℃, 30분)하는 것보다는 60℃~65℃에서 5분간 습열처리 것이 효과적으로 나타났다. 확보된 이러한 연구결과로부터 제 2소과제인 부패방지 기술개발에서 추구하는 목표는 달성되었다고 할 수 있다.

II. 관련분야 기여도

1. 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발 : 상면살수 방식으로 도출된 기존의 특허등록 모형 (특허 제 0382558호)을 콩나물 생산업체에서 근무자의 근무시간 범위 내에서 처리되도록 개선하여 상면살수 및 하면담수 방식 모두 적용 가능한 ① 부패의 원인이 되는 미발아 종자의 정선을 위하여 5분간 水浸한 후 40분간 aeration 시켜 뜨는 종자를 건져내면서 2 ppm BA 용액에 5시간 침종시킨 종자를 3시간 aeration 시키는 과정에서 5분간 형광등으로 빛처리한 후 7일간 재배하는 과정을 기본 모형으로, 기본 모형에서 종자정선용 水浸은 ② 특허등록된 상면살수 방식의 재배모형에서 제시된 0.1% acetic 또는 propionic acid에 2분간 행하는 종자소독 또는 ③ 제 2세부과제의 연구를 통하여 제시된 습열처리 (60℃~65℃, 5분간)로 대체할 수 있다. 상기 모형에서는 콩나물의 90% 정도가 단체급식용으로 소비되고 있기 때문에 ④ BA 사용에 대한 규제가 없는 단체급식용 콩나물은 생산수율을 고려할 경우 2 ppm BA 용액에 침종하는 방법과 ⑤ 친환경농산물 인증 무농약콩나물은 세균형성 억제용 BA를 사용할 수 없어 빛처리 효과가 소멸되기 때문에 水浸을 이용한 종자정선 후 5시간 침종시킨 종자를 바로 재배통에 치상하여 관수하는 변형된 방법을 적용할 수도 있다. 콩나물 생산회사는 머섯재배사, 스틸로폼 단열재, 영구 콘크리

트 건물 등 다양한 형태의 재배실에서 콩나물을 생산하고 있다. 재배실의 형태가 달라 파생되는 재배환경의 변화는 부패 및 세균형성 억제를 위한 기술의 적용도 달라져야 한다. 상기와 같이 변형된 모형은 생산 여건이 다른 콩나물 생산업체에 적용 가능할 것이다.

한편 콩나물 생산회사는 초기 투자비가 많이 드는 하면달수 방식보다는 상면살수 방식으로 콩나물을 생산하고 있다. 상면살수 방식으로 재배한 콩나물은 곧은 직선형이기 때문에 부가가치가 낮다. 본 연구에서 도출한 상면살수 방식에서는 콩나물의 형태를 곡선형으로 만들기 위하여 재배통을 재배 시작 3일까지 1일 5회 정도 흔들어주는 방식은 상품에 대한 소비자의 선호도를 높일 수 있어 상면살수 방식으로 콩나물을 생산하고 있는 업체에 바로 적용될 수 있는 기술이다.

이와 더불어 재배의 각단계별로 수행된 시험에서 도출된 연구결과는 계속되는 연구에서도 응용될 수 있다. 성장조절제 BA의 처리효과를 극대화하기 위한 3시간의 aeration 처리, 기존의 식품첨가물을 이용한 종자소독을 대체할 수 있는 水浸을 이용한 종자정선, 경영과 직결되어 극비에 속하는 BA 살포량을 하배축 길이와 뿌리 길이의 비율 변화를 이용한 추정, 부패와 관련된 재배실의 온도 하강은 여타 설비보다는 관수방식에 주로 기인된다는 점, BA 처리와 상호작용이 있어 BA 처리량을 줄일 수 있는 빛처리는 高價의 LED 보다는 단가가 싼 형광등을 이용하여 처리가 가능하다는 점 등은 후속되는 연구에서 중요한 참고자료가 될 수 있다. 따라서 본 연구에서 도출된 이상의 결과는 생산현장에 접목할 수 있는 기술에서부터 후속연구를 위한 자료로 활용될 수 있다.

2. 부패방지 기술개발 : 연구를 통하여 도출된 결과로는 부패와 관련된 여러 가지 진균과 세균이 검출되었으나 콩나물 재배 적온인 22~27℃에서 진균의 일종인 탄저병균 (*C. gloeosporioides*)이 주로 부패를 야기하는 것으로 밝혀졌다. 콩나물의 부패와 관련된 다수의 균들이 보고되고 있으나 숙주나물과 같이 탄저병이 주로 관여하나 숙주나물의 부패원인균은 *Colletotricum acutatum*인 반면, 콩나물의 부패원인균은 *C. gloeosporioides*로 동정되었다. 따라서 *C. gloeosporioides*의 특성을 이해함으로써 콩나물의 부패 기작을 명확히 해석할 수 있을 것이다.

확인된 콩나물의 부패원인균이 야기하는 탄저병은 천연물 (목초액, 소석회수, 프로폴리스)을 각각 단독 또는 조합 처리하거나, 건열 (65℃, 30분)보다는 60℃~65℃

에서 5분간 습열처리하는 것이 효과적 방제방법으로 제시되었다. 콩나물의 부패는 농약을 이용한 방제가 가장 효과적이라 할 수 있으나 이는 법적으로 금지되어 있기 때문에 인체에 해롭지 않으면서도 생산현장에 접목이 가능한 방법으로 방제가 이루어져야만 한다. 이러한 습열처리는 환경친화적이면서도 인체에 무해할 뿐만 아니라 생산현장에서도 water bath 등과 같은 기자재를 이용하여 처리가 가능하다. 따라서 생산현장에 접목 가능한 기술일 뿐만 아니라 콩나물과 유사한 숙주나물의 부패에도 이러한 습열처리 기술을 이용하는 것도 가능할 것이다.

제 5장 연구개발결과의 활용계획

I. 추가연구의 필요성

본 과제에서 도출한 주요 결과는 재배방식을 구분하는 관수형태에 관계없이 활용 가능한 재배모형의 확립이라 할 수 있다. 전국에 산재되어 있는 4,000여개의 영세한 콩나물 생산업체는 콩나물을 생산할 수 있는 시설을 완벽히 갖추지 못하고 있다. 그 중에서도 부패와 관련이 있는 수조는 땅속에 매몰된 것이 아니라 지상에 설치되기 때문에 년중 수온의 변화가 심한 상태에 있다. 이와 더불어 원료콩은 저온저장고에 저장되지 못하고 비가림만 되는 실내에 저장되고 있다. 제시된 이러한 재배모형이 재배시설이 열악한 상태에서도 적용될 수 있는가를 후속연구를 통하여 점검할 필요가 있다.

이와 더불어 기존의 재배모형의 개선하고 새로운 모형을 설정하기 위한 시험은 상면살수기 2대와 하면담수기 14대가 설치된 협력업체인 초록빛 마을에서 수행되었다. 이러한 재배기 대수는 연구기관 또는 대학에서 이용 가능한 것보다 많아 여타 시험을 수행하는 데에는 어려움이 없었으나 관수방식을 결정하는 데에는 한계가 있었다. 따라서 개별적으로 조작 가능한 여러 개의 재배실을 만들어 동시에 시험이 이루어질 수 있도록 하여야 효과적인 결론을 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 추후 관수방식에 관한 원활한 시험이 이루어질 수 있도록 지원이 이루어졌으면 한다.

II. 타 사업에의 응용

본 과제에서 도출된 연구결과는 생산업체, 연구기관 등 다양한 분야에 바로 이용되거나 응용될 수 있을 것이다. 그러나 크게는 아래 분야에 바로 적용될 수 있을 것으로 평가된다.

1. 콩나물 생산회사 : 우리나라에서 많이 소비되고 있는 콩나물에 대한 소비자의 관심은 식품으로서의 안정성에 모아지고 있다. 콩나물의 식품 안정성을 해치는 요인은 크게 부패방지를 위한 인체에 유해한 농약살포와 세균형성을 억제하기 위한 과도한 BA 투입이라 할 수 있다. 정부에서는 농약사용을 법적으로 규제하고 있으며 무농약콩나물의 친환경농산물 인증제를 실시함으로써 생장조절제 BA의 이용을 제한하고 있다. 콩나물 생산회사는 법적 규제가 가하여지는 농약에 대하여는 철저히 준수하고 있으나, 친환경농산물 인증 무농약콩나물은 일부 회사에만 허가되고 있어서 유통 물량의 90% 이상을 차지

하는 단체급식용 생산회사는 BA를 살포하여 생산하고 있다. 이와 더불어 콩나물 생산업체는 투입시설비가 적은 버섯재배사를 개조한 재배실, 수온이 계절과 함께 변화되는 지상설치 플라스틱 수조통 등 재배시설도 현저한 차이를 보인다. 그러므로 콩나물 생산에서 노출되는 부패와 세균형성을 억제하기 위한 기술은 회사에 따라 달리 개발되어야만 한다. 현재 대부분의 콩나물 생산회사는 아주 영세하기 때문에 기술개발에 대한 여력이 없는 실정이다. 따라서 공익적 이득을 추구하는 기관 또는 단체에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 기술을 개발하여 영세성을 벗어나지 못하고 있는 생산업체에 제공하는 것이 해결의 한 방법이라 할 수 있다. 부패는 탄저병에 의하여 야기되고 이러한 탄저병과 BA 처리량을 줄여 청정콩나물을 생산하기 위한 이상의 변형 가능한 재배 모형들은 기술개발 여력이 없으면서도 생산 시설이 제각각인 콩나물 생산 업체에 바로 적용될 수 있을 것이다. 이와 더불어 이상의 연구결과를 콩나물과 유사한 숙주나물 생산에 적용하여 기술개발이 가능할 것으로 예측되기 때문에 숙주나물 생산회사에서도 이용 가능한 것으로 평가될 수 있다.

2. 시험연구기관 : 생산과정을 표준화한다면 기술의 발전속도는 가속화될 수 있다. 콩나물에 대한 연구결과가 전반적으로 미미하고, 나아가 똑같은 과정에 대한 결과도 서로 상반되는 것이 빈번한 실정이다. 콩나물에 대한 연구결과도 이와 유사할 뿐만 아니라 재배과정이 여러 단계로 구성되어 있어 연구 결과도 다를 수 있기 때문에 재배과정을 일목요연하게 모형화 시킨다면 차후의 연구 또는 기술개발이 효율적으로 진행될 수 있다. 이와 더불어 콩나물의 부패는 *Colletotricum gloeosporioides*이 야기하는 탄저병으로 밝혀졌고 이를 방제할 수 있는 습열 처리방법이 확립되었다. 따라서 제시된 재배 모형, 부패원인과 방제방법을 이용하여 시험연구기관 또는 규모가 큰 업체서 추가적인 연구를 수행할 때에 연구의 효율화 뿐만 아니라 더욱 개선된 모형을 도출하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

Ⅲ. 기업화 추진방향

본 과제의 총괄책임자는 폐교를 임대하여 초록빛마을 (사업자 등록번호: 613-90-55942)을 설립한 후에 친환경 무농약콩나물 인증마크를 획득 (국립농산물품질관리원 제 17-06-3-01호)하여 “빛먹은콩나물 (상표등록 출원번호: 40-2000-37724)”을 생

산·판매하고 있다. 이상의 시험을 통하여 도출된 연구결과는 기존의 재배기술을 한층 개선하였으며, 이러한 개선된 기술은 본 과제를 원활히 수행될 수 있도록 지원한 협력업체 초록빛마을에서 상품생산에 활용하고 있다.

제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

콩나물은 해외의 일부 국가에서 샐러드용 등 극히 제한적으로 사용하고 있을 뿐이며 대부분 우리나라에서 이용되고 있다. 이러한 이용량과 빈도 때문에 콩나물에 대한 연구도 해외보다는 우리나라에서 주로 이루어지고 있다. 본 과제를 수행하면서 수집한 해외정보로는 먼저 세균형성 억제와 관련된 생장조절제 처리에 대한 기초 연구이다. 미국과 캐나다 국적의 연구자들이 식물생장조절제가 콩나물의 생장과 세균형성 억제에 미치는 영향을 조사하기 위하여 auxin 류, vitamin 류, cytokinin 류, gibberellin 류를 콩에 처리한 결과 gibberellin 류는 그 효과가 거의 없었으며, auxin 류는 뿌리 시원체의 형성을 조장하나 IPA를 제외하고는 뿌리의 신장을 억제하는 반면, cytokinin 류는 뿌리 시원체의 형성과 신장을 모두 억제하였다는 내용을 보고한 바 있다 (Wightman 등, 1980). 이러한 보고 내용은 이미 국내에서 cytokinin 류의 하나인 BA를 콩나물 생산에 이용하고 있어서 국내 산업에 응용할 수 있는 새로운 내용은 아닌 것으로 판단된다.

다음으로 연구개발과정에서 수집한 해외정보로는 일본에서 빛이 콩나물의 생장, 형태 및 품질에 미치는 영향과 빛처리 장치가 보고된 바 있다. 그러나 이러한 빛처리 장치는 재배통과 빛처리 장치를 결합한 생산현장에 이용할 수 없는 복잡한 장치로 실험실 수준에서 정교한 시험을 수행할 수 있도록 고안되었다 (Tajiri, 1981, 1982). 따라서 이러한 몇 편의 연구논문을 제외하고는 콩나물 생산모형의 개선과 설정분야에서는 콩나물 이용이 적은 해외로부터 수집할 수 있는 정보는 거의 없었다.

콩나물 부패방제효과를 연구한 국외의 결과는 거의 없는 실정이며, 국외의 관심분야는 주로 식중독 관련 세균분포 여부 및 오염원을 추적 및 유입차단을 시도하는 연구가 있을 뿐이다. 미국 FDA는 종자위생처리제로서 calcium hypochlorite (20,000 ppm) 처리를 추천하고있을 정도이며, 콩나물 부패방지에 관한 연구결과는 주로 우리나라에서 주도적으로 이루어지고 있다. 세균은 산도가 낮은 환경에는 생존하지 못하기 때문에 초산 발효세균을 이용한 경쟁적 억제방법을 도입하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기주 식물에 일차적으로 발병할 수 있는 식물 병원균의 감염·발병에 의하여 기타 food-borne 미생물의 서식에 도움을 주는 연구결과는 크게 참고되어야 할 것이다. Fett & Cook (2003)은 숙주나물 표면에 부착하는 미생물로부터 분비된 물질이 엉키어져 형성된 biofilm이 분포하는데 주로 세균 및 효모가 존재하며 물 세척이나 화학적인 처리제로는 제거되지 않는 특성이 있으며, 때로는 식물 또는 인

간에 대한 병원성세균으로 우점할 수 있어 유통중 콩나물의 안전성에 영향을 줄 수도 있다는 것이다.

제 7장 참고문헌

- 특허출원 생산모형의 개선과 고부가형 생산기술 개발

배경근, 남승우, 김경남, 신상진, 황영현. 2002. 침지조건에 따른 콩 종실의 수분흡수율 및 발아특성. 韓作誌. 47(3):244-249.

배경근, 여익현, 황영현. 1999. 수주방식에 따른 우수콩나물 재배기술. 韓콩研誌. 16(2):57-63.

Channal, H.T., M.B. Kurdikeri, C.S. Hunshal, P.A. Sarangamath, S.A. Patil, and M. Shekhargouda. 2002. Allelopathic effect of some tree species on sunflower and soybean. Karnataka J. Agric. Sci. 15(2):279-283.

최희돈, 김성수, 김경락, 이진열, 박원목. 2000. 침지처리가 콩나물의 생육 및 부패에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 32(3):584-589.

최상도, 김윤희, 남상해, 손미예. 2002. 국산 한약재 추출물로 재배한 콩나물의 생육특성. 한국식품저장유통학회지 9(2):168-173.

최연식, 박의호. 1996. 식품첨가제 처리가 콩나물의 부패방지와 생육에 미치는 영향. 韓콩研誌. 13(1):1-6.

한성수, 임요섭, 정재훈. 1996. 유기 게르마늄 수용액으로 재배된 콩나물의 생육특성과 게르마늄 흡수량. 한국응용생명화학지 39:39-43.

(주)좋은인상, 강진호. 2001. 컨베이어 라인을 이용한 종자 광 처리 시스템. 실용신안 제 0260123호, 특허청.

강충길, 윤도원, 김영구, 최형태. 1996. 콩나물의 세균발생억제 및 성장촉진을 위한 benzyladenine의 적정농도 및 침지시간 구명. 韓園誌. 37(6):773-776.

- 강충길, 이정명, 坂齊. 1989a. 생장조절물질 처리가 콩나물의 생육 및 세근발생에 미치는 영향. I. 생장조절물질의 단용 및 혼용처리가 콩나물의 생육에 미치는 영향. 한국잡초학회지 9(1):56-68.
- 강충길, 이강철, 박영선. 1989b. 생장조절물질 처리가 콩나물의 생육 및 세근발생에 미치는 영향. III. 생장조절물질 처리가 콩나물의 뿌리원기, 세근발생, 수분보유력 및 ABA 함량에 미치는 효과. 한국잡초학회지 9(2):97-102.
- 강충길, 김영구. 1997. 식물생장조절제 처리가 콩나물의 생육에 미치는 영향. 韓園誌. 38(2):103-106.
- 김동연, 서인숙, 이종욱. 1988. 대두의 수확속도에 미치는 침지온도의 영향. 한국농화학회지 31(1):46-51.
- Kang, J.H., A.J. Park, B.S. Jeon, S.Y. Yoon, and S.W. Lee. 2002. Light quality during seed imbibition affects germination and sprout growth of soybean. Korean J. Crop Sci. 47(4):292-296.
- Kang, J.H., A.J. Park, B.S. Jeon, S.Y. Yoon, and S.W. Lee. 2003. Effect of fluorescent light treatment during imbibition and culture on growth of soybean sprouts. Korean J. Crop Sci. 48(4):292-296.
- 강진호, 전병삼, 박아정, 송경아. 2003a. 빛, 초저 BA 및 식품첨가물을 처리를 통해 재배한 청정콩나물 및 그 재배방법. 특허 제 0382558호, 특허청.
- 강진호, 류영섭, 윤수영, 전승호, 조숙현. 2004a. 침종 이후의 aeration 기간과 온도에 따른 숙주나물의 성장. 韓作誌. 49(6):472-476.
- 강진호, 류영섭, 윤수영, 전승호, 김희규. 2004b. BA 침종기간이 숙주나물의 형태와 생장에 미치는 영향. 韓作誌. 49(6):477-481.

- 강진호, 류영섭, 윤수영, 전승호, 김승락. 2004c. 침종액중 BA 농도에 따른 숙주나물의 생장. 韓作誌. 49(6):482-486.
- 강진호, 류영섭, 윤수영, 전승호, 전병삼. 2004d. 관수방식에 따른 숙주나물의 생장과 품은 변화. 韓作誌. 49(6):487-490.
- 강진호, 윤수영. 2003. 발아 및 입묘율 향상을 위한 과중진 종자처리에 대한 제언. 藥作誌. 11(5):321-328.
- 강진호, 윤수영, 전승호. 2004e. 국내 학술지에 발표된 약용작물 종자처리의 실용성 분석. 韓藥作誌. 12(4):328-341.
- 김광수, 김순동, 김진구, 김주남, 김경주. 1982. Blue 광 조사가 콩나물의 주요성분에 미치는 영향. 한국영양식량학회지 11(4):7-12.
- 강정렬, 강선철, 박신. 2000. 콩나물의 생장과 품질에 미치는 황토 지장수의 효과. 한국농화학회지. 43:266-270.
- 김춘배. 1975. 대두의 암소처리와 명소처리에 있어서 탄수화물 함량변화에 관한 연구. 강원대학 연구논문집 9:265-269.
- Kim, D.K., S.C. Lee, J.H. Kang, and H.K. Kim. 2003. Colletotrichum disease of mungbean sprout by *Colletotrichum acutatum*. Plant Pathology J. 19(4):203-204.
- 김동연, 서인숙, 이종욱. 1988. 대두의 수화속도에 미치는 침지온도의 영향. 한국농화학회지 31(1):46-51.
- 김선림, 황종진, 손영구, 송진, 박금룡, 최광수. 2000a. 청정 콩나물 재배기술. I. 재배온도 및 수온이 콩나물 생육에 미치는 영향. 韓콩研誌. 17(1):69-75.

- 김선림, 송진, 송정준, 황종진, 허한순. 2000b. 청정 콩나물 재배기술. II. 관수간격 및 관수량이 콩나물의 생육에 미치는 영향. 韓農研誌. 17(1):76-83.
- Lee, M.S. 1986. A historical research on native foods of Korea - with special reference to soybean and mungbean sprouts. Korean J. Dietary Culture. 192):163-166.
- 이유석, 박노동, 이종욱. 1999. 콩나물의 생장에 미치는 키토산 처리의 영향. 한국식품과학회지 31(1):153-157.
- 농약공업협회. 2002. 농약사용지침서. p. 830.
- Neelam, K. and A.K. Bisaria. 2000. Allelopathic influence of *Leucaena leucocephala* on *Glycine max*. Flona and Fauna (Jhansi) 6(2):91-94.
- Owuor, P.O., W. Otieno, and C.O. Othieno. 2000. Inhibition of seed germination and radicle growth of lettuce by water extracts of tea leaves. Tea 21(2):62-65.
- 박아정. 2000. 침지 또는 재배중 광질처리에 따른 콩나물의 발아와 생장. 석사학위논문, 경상대학교 대학원.
- 박의호, 최연식. 1995. 콩나물의 부패경감에 유용한 약제선발. 韓作誌. 40(4):487-493.
- 박규환, 백인열. 2000. 오존수가 콩의 발아와 콩나물 생장에 미치는 영향. 韓農研誌. 17:20-26.
- 박종철, 송완엽, 김형무. 1997. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 콩나물의 무름병 발생. 한국식물병리학회지 13(1):13-17.

- 박무현, 김동철, 김병삼, 남궁배. 1995. 청정콩나물 생산 및 유통방법 개선에 관한 연구. 韓農研誌. 12(1):51-57.
- 박원목, 편철우, 김정환. 1997. 부생세균 *Pseudomonas putida* biovar. A에 의한 콩나물 세균성 부패병 발생 및 관수 산도에 의한 방제. 한국식물병리학회지 13(5):304-310.
- 박원목, 김정환. 1998. 관수환경이 콩나물 생육에 미치는 영향. 韓農研誌. 15(1):46-57.
- Park, Y.R. 2004. A manufacturing method of green-tea's bean-sprouts using a green-tea powder and A green-tea's bean-sprouts by it's manufacturing method. Patent number: 443262, Korean Patent Administration.
- Poehlman, J.M. 1991. Quality and utilization. p. 312-343. In J.M. Poehlman (ed.). The mungbean. Westview Press, 5500 Central Avenue, Boulder, Colorado 80301, USA.
- 류태석, 권순태, 손건호. 1999. 약용식물 추출물로부터 발아억제활성의 평가. 韓雜草誌. 19(4):320-326.
- 신동화, 최웅. 1996. 콩나물 재배방법에 따른 생장 특성 비교. 한국식품과학회지 28(2):240-245.
- 송진, 김선립, 황종진, 손영구, 송정춘, 허한순. 2000. 재배기간에 따른 콩나물의 물리화학적 특성. 韓農研誌. 17(1):84-89.
- Tajiri, T. 1981. Effect of application of artificial light on the growth of hypocotyl and vitamin C (reduced ascorbic acid) content of bean sprouts (studies on cultivation and keeping quality of bean sprouts: part V). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 28(8):430-436.

Tajiri, T. 1982. Improvement of bean sprouts cultivation by the application by the application of artificial light lamp (studies on cultivation and keeping quality of bean sprouts: part VI). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 29(6):359-365.

Wightman, F. and K.V. Thimann. 1980. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots. I. Sources of promordia-inducing substances in the primary root of pea seedlings. *Physiol. Plant.* 49:13-20.

Woodstock, L.W. and R.B. Taylorson. 1981. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigor soybean seeds. *Physiol. Plant.* 53:263-268.

- 부패방지 기술개발

Ahn, I.P., S. Kim, W.B. Choi, and Y.H. Lee. 2003. Calcium restores prepenetration morphogenesis abolished by polyamines in *Collectotrichum gloesporioides* infecting red pepper. *FEMS Microbiology Letters.* 227:237-241.

Biggs, A.R. 1999. Effects of calcium salts on apple bitter rot caused by two *Collectotrichum spp.* *Plant Dis.* 83:1001-1005.

Dyko, B.J. and J.E.M. Mordue. 1979. *Collectotrichum acutatum*. CMI Descriptions of pathogenic Fungi and Bacteria No. 630.

Felt, W.F. and P. Cook. 2003. Native biofilms mungbean sprout. *Can. J. Microbiol.* 49:45-50.

Freeman, S., D. Minz, E. Jurkevitch, M. Maymon, and E. Shabi. 2000. Molecular analyses of *Collectotrichum species* from almond and other fruits. *Phytopathology* 90:608-614.

- Han, K.S. and D.H. Lee. 1995. Identification and ethological characteristics of anthracnose fungi isolated from soybean, small red bean and green bean. Korean J. Plant Pathol. 11(1):30-38.
- Kim, D.K., S.C. Lee, J.H. Kang, and H.K. Kim. 2003. *Collectotrichum* disease of mungbean sprout by *Collectotrichum acutatum*. Plant Pathology J. 19(4):203-204.
- Kim, Y.K., J.K. Ryu,, J.D. Ryu, S.Y. Lee, and S.D. Lee. 2002. Soybean sprout rot caused by *Collectotrichum* species. Res. Plant Disease. 8(3):175-178.
- Lee, H.B., O. Kwon, H. Kim, M. Kim, and C.J. Kim. 2003. Bioactivities of Korean ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) extract and its potential as a natural pesticide. Res. Plant Disease. 9(2):99-103.
- Park, E.H. and Y.S. Choi. 1995. Selection of useful chemicals reducing soybean sprout rot. Korean J. Crop Sci. 40(4):487-493
- Park, J.C., W.Y. Song, and H.M. Kim. 1997a. Occurrence of soft rot soybean sprout caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Korean J. Plant Pathol. 13(1):13-17.
- Park, W.M., C.W. Pyun, and J.H. Kim. 1997b. Bacterial rot of soybean sprout caused by saprophytic *Pseudomonas putida* biovar. A and control by acidity of water. Korean J. Plant Pathol. 13(5):304-310.
- Timmer, L.W., G.E. Brown, and S.E. Zitko. 1998. The role of *Collectotrichum spp.* in postharvest anthracnose of citrus and survival of *acutatum* on fruit. Plant Dis. 82:415-418.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.