

GOVP1200101751

635.04  
L2938

최 종  
연구보고서

**원에작물의 근계(Root system) 생육조절용  
플라스틱 육묘용기 생산 기술**

Development of Production Technology of Plastic Seedling  
Container Regulating Root Growth of Horticultural Crops

강릉대학교

농 립 부



# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “원예작물 근계(Root system) 생육 조절용 플라스틱 육묘용기 생산 기술” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2000년 10월 20일

주관연구기관명 : 강릉대학교

총괄연구책임자 : 용 영 록

세부연구책임자 : 심 상 연

연 구 원 : 박 용 진

연 구 원 : 김 원 배

연 구 원 : 이 호 선

연 구 원 : 전 지 영

참여기업명 : (주) 범 농

참여기업책임자 : 임 중 배

# 요 약 문

## I. 제 목

원예작물의 근계(root system) 생육조절용 플라스틱 육묘용기 생산기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 2000년도에 공정육묘사업장은 모두 100여개에 달하며 공정육묘장에서 공급한 플러그 묘는 약 7억본 이상이며 생산액은 350억원으로 상당한 규모에 달하고 있으므로 앞으로 공정육묘 생산성 향상을 위한 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 일반적으로 포트 및 플러그 묘 생산에 있어서 문제점을 보면 뿌리가 용기내에서 둥글게 꼬이고 매트가 형성되어 정식후 생육장애가 발생하고 특히, 잔뿌리 발생이 적고 주로 주근만 길이생장을 하여 포트내에서 뿌리가 뒤엉킴으로 정식후 뿌리활력이 지연되거나 뿌리공동화 현상으로 양분의 흡수가 곤란하고 뿌리병에 감염되기 쉽고 한발기에는 스트레스를 받기 쉽다. 또한 포트 및 플러그 트레이내에서 뿌리엉킴은 묘가 트레이셀에서 쉽게 분리되지 않아 자동 기계정식기 사용이 불편하며 플러그 묘의 뿌리가 뿌리돌림을 하면 뿌리가 저온 및 고온 스트레스를 쉽게 받아 충실한 근권을 형성하지 못하는 문제가 있다. 지금까지 농가용 포트, 플러그 트레이 및 시트에서의 첨단 가공기술에 대한 기술개발은 극히 미약하며 특히 식물근계 생육조절용 물질을 첨가한 가공법은 전무한 상태이다.

따라서 본 연구의 목적은 폴리스티렌수지, 폴리에틸렌수지, 폴리프로필렌수지 등에 식물 근계생육조절제인 구리계 화합물 및 기타 첨가제를 혼합한후 이 혼합물을 수지에 코팅한 다음 시트형태로 원단을 제조하고 진공성형하여 원예작물의 근계생육조절용 플러그 트레이를 제조하고 제조한 플러그 트레이에 작물을 재배하여 기존 육묘용기에서 발생하는 문제점을 극복한다는 목적으로 수행되었으며 여기에 본 연구의 중요성이 있다 하겠다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 플라스틱수지 등에 식물 근계생육조절제인 구리계 화합물 및 첨가제를 코팅하여 시트형태로 원단을 제조하고 압축진공성형하여 원예작물의 근계생육조절용 플러그트레이 개발을 목적으로 연구내용은 첫째 원예작물 근계 생육조절제의 생리화학적 특성에 기초한 우량묘 생산 시스템 확립과 개발된 플러그 트레이를 이용한 플러그묘 생산 및 정식후 생육반응 검정 둘째 근계 생육조절물질을 이용한 플라스틱 플러그 트레이의 표면가공 기술개발과 플러그 트레이의 설계 및 제작기술 개발을 위한 연구로 총 2개 과제로 2년간 수행되었다.

### Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. 연구개발 결과

본 연구는 식물 뿌리의 성장속도를 조절할 수 있는 새로운 기능성 플러그 트레이 제조에 관한 것이다. 본 공정은 공압출방식으로 폴리스티렌수지를 바탕층으로 하고 그 위에 근계조절 성분이 함유된 폴리스티렌수지를 코팅하는 것인데 코팅층은 폴리스티렌수지를 근계조절특성이 있는 구리화합물과 혼용하여 제조하였다. 일반적으로 배합물내에 구리화합물의 양이 많을수록 그리고 친수성이 강할수록 용출되는 구리이온의 양이 증가하였다. 첨가제효과에 대해서도 측정하였는데 첨가제로 L을 사용한 경우 리칭특성이 우수하였으며 구리화합물에서와 동일하게 L의 친수성이 강하기 때문에 용출되는 구리이온의 양이 증가됨을 확인할 수 있었다. 본 연구를 통하여 개발된 근계생육조절용 플러그 트레이와 일반 트레이를 사용하여 배추, 양배추, 고추, 토마토묘의 생리적 반응을 비교함으로써 적정 구리화합물 처리농도를 제시하고자 수행되었다. 실험은 근계생육조절제(구리화합물)가 A, B, C 농도로 표면코팅처리된 플러그 트레이와 일반 트레이에 노랑봄배추 종자를 파종하여, 10일, 20일, 30일 동안 육묘한 묘를 이용하였다. 육묘중 생체중과 지상부 생육은 생육초기에 구리처리구와 무처리구에서 비슷한 생육을 보여 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 생육후기로 갈수록 구리처리구에서 생육이 촉진되는 경향을 나타내었다. 특히 구리의 농도가 낮을수록 생육이 우수

하여 C처리구에서 가장 우수하였다. 지하부 생육은 생육초기에는 무처리구에서 다소 높게 나타났으나 생육이 진행되면서 구리처리구에서 근중이 높게 나타나 육묘일수가 증가함에 따라 구리처리구에서 잔뿌리 발생량이 많아졌음이 확인되었다. 근장은 무처리구에 비해 처리구가 현저히 짧았고, 특히 처리구의 구리농도가 높을수록 근장은 더욱 짧아지는 경향을 보였다. 구리처리구와 무처리구에서의 셀 크기에 따른 생체중은 생육초기에는 차이가 별로 없었으나 육묘일수가 길어질수록 모든 처리구에서 증가하였고, 동일한 육묘일수 내에서는 셀 크기가 클수록 생체중도 증가하여 105구 구리처리구에서 가장 우수하였다. 근중 역시 생체중과 비슷한 경향을 보였고, 105구 구리처리구의 근중이 다른 처리구에 비해 현저히 높았다. 정식후 30일과 60일 후의 생체중과 근중은 구리처리구와 무처리간에 뚜렷한 차이를 보였다. 수확후 생체중은 무처리구에 비해 구리처리구(C처리구)에서 약 23% 이상이 증가하였다. 근중 역시 무처리구보다 구리처리구에서 높게 나타나 정식후 뿌리활착이 우수했음을 확인할 수 있었다. 구리처리된 뿌리의 형태적·해부학적 특성은 저농도에 처리된 뿌리(C)는 표피의 바깥쪽만 갈색으로 변화하였으나 구리농도가 증가할수록 뿌리끝의 내부조직이 서서히 붕괴하기 시작하여 고농도에 처리된 뿌리(A)는 근관이 완전히 파괴되어 식별이 불가능하였고, 횡단면에서 조직이 완전히 사멸한 것이 관찰되었다. 육묘중 배추 잎의 광합성량은 모든 처리구에서 광도가 높아질수록 광합성량도 증가하여 광도 1500  $\mu$ mol에서 최대 광합성량을 나타내었다. 육묘일수에 따른 광합성량은 처리구와 무처리구가 유사하여 10일 묘에서 높은 광합성량을 나타내었으나 20일 묘에서는 감소하였고, 30일 묘에서 또다시 증가하는 경향을 나타내었다. 육묘중 배추 뿌리에서의 호흡량은 생육초기에는 구리처리구와 무처리구에서 차이가 없었고, 20일 묘에서는 무처리구가 계속 증가하는 반면 구리처리구에서는 감소하였다. 30일 묘에서는 또다시 모든 처리구에서 증가하여 광합성량과 비슷한 경향을 나타내었다. 육묘중 잎에서의 양분 흡수량은 구리처리구와 무처리구간에 커다란 차이가 나타나지 않았다. 30일 묘에서의 구리처리구의 철의 함량이 무처리구에 비해 다소 감소하였다. 육묘중 뿌리에서의 구리 함량은 전체적으로 무처리구에 비해 구리처리구에서 높게 나타났고, 20일 묘에서 902.8ppb로 가장 높게 나타났다. Peroxidase의 활성은 무처리구에 비해 구리처리구에서 현저히 높았고, 특히 농도가 가장 높은 A처리구에서 효소의 활성도 가장 높게 나타나 구리의

농도가 높을수록 Peroxidase의 활성도 높게 나타남이 확인되었다. IAA-oxidase 활성 역시 Peroxidase 활성과 마찬가지로 구리처리구에서 높게 나타났다. 그러나 생육초기에는 활성이 높고 생육후기로 갈수록 점차 낮아져 Peroxidase와는 반대의 경향을 나타내었다. 고추와 토마토 묘의 기능성 플러그 트레이에 대한 생리적반응을 검토한 결과 구리처리구에서 초장이 일반트레이에 비해 5-8cm 정도 짧게 나타나 육묘시 심각한 문제가 되는 식물체의 도장을 억제하는 효과가 인정되었다. 각 품종별 염수, 경경, 생체중(지상부, 지하부)의 반응은 처리별에 따라 커다란 차이가 없었다. 그러나 구리처리구에서 근장은 무처리구에 비해 짧았고 많은 잔뿌리의 발생이 촉진되었다. 정식후 반응을 보면 구리처리구에서 육묘된 고추 및 토마토의 초기생육은 우수하였고 생육후기로 갈수록 처리구별에 따른 커다란 차이는 없었다. 구리가 처리된 플러그트레이와 일반트레이의 경제성을 분석한 결과 배추와 양배추의 경우 품질향상 및 수량증대의 효과가 인정되어 경제성이 매우 높게 나타났고 고추와 토마토에서는 경제성이 높지 않았다.

## 2.. 연구개발결과의 활용

본 연구를 통하여 개발된 주요 내용은 첫째 식물 근계제어용 플라스틱 육묘용기를 개발하는 것으로 PS수지에 식물 근계생육조절제인 구리계 화합물 단독 또는 구리계 화합물과 첨가제를 플라스틱 원단에 함유시키거나 혹은 플라스틱 원단에 식물 근계시스템 생육조절제와 첨가제를 코팅한 후 성형하여 배추, 양배추, 고추, 토마토 전용 플러그트레이 개발과 개발된 플러그트레이를 사용하여 상기 작물의 생육을 촉진하여 품질 및 수량을 향상시켜 농민들의 소득증대에 기여하는 것이다. 그 동안 본 연구팀에서는 기존의 기술을 혁신적으로 개량하여 대량생산이 가능하고 가격이 저렴한 뿌리 근계제어용 육묘용기를 세계최초로 개발하였고 개발된 시작품을 농가에 사용한 결과 매우 우수한 것으로 인정되어 개발된 기술이 곧 참여기업에 이전되어 사업화 시킬 예정이다 현재 기술이전에 따른 행정절차를 기술실시기업과 협의중에 있으며 곧 국내의 시장에 판매할 계획이다. 또한 농가의 영농비 부담을 최대한 줄이면서 고품질 플러그묘 생산을 위해 마음놓고 구입 사용할 수 있도록 제품을 저렴한 가격으로 생산할 계획이며 본 연구기간 중에 발생된 문제점들은 추가 연구를 통해 해결해야 할 것이

다. 앞으로 본 연구에서 개발된 제품의 활용도를 한층 높이기 위해서는 플리그 트레이를 그대로 활용하는 방법외에 모든 육묘용기에 적용될 수 있는 기술개발이 적극 검토되어야 할 것이다. 본 연구에 의하여 개발된 다층시트제조기술은 농약방출 시스템, 코팅재료 같은 다른 기능성 물질의 개발에도 일조 할 것으로 기대된다. 또한 본 제품(구리화합물코팅)을 배추, 양배추, 고추, 토마토 육묘에 사용했을 때 구리 리칭의 기초조사에는 전혀 문제가 없었으나 리칭된 구리화합물의 상토내에서의 이화학적 변화, 미생물의 분포도에 미치는 영향, 각종 비료 성분들간의 상호 및 길항작용, 작용기작 등에 대한 더욱 심도있는 연구를 거친다면 더욱 유용하게 활용될 것이다. 또한 앞으로 농가에서 많이 사용하고 있는 플라스틱 육묘자재는 농촌 환경을 오염시킬 수 있으므로 본 연구에서 개발된 연구내용을 기초로 하여 친환경적이고 고기능성 육묘용기 개발을 위한 후속연구가 필요한 실정이다.



## SUMMARY

The agricultural industry is being specifically divided, specialized and mechanized. As a result, a nursery industry has been greatly advanced. At present, there are generalized seedling raising factories which utilize containers(plug trays and pots) in producing the seedlings of garden trees or fruit trees. As process seedling raising factories, batch seedling raising factories, and pot seedling raising factories for woody landscape trees rapidly flourish, the demand for seedling raising materials, such as pots, plug trays and sheets, are highly increased, requiring quality seedling raising materials. One of the biggest problems in producing seedling in plugs is exemplified by the overgrowth of plants or abnormal growth in a rhizosphere. While the overgrowth of plants is easily solved by physiological, chemical and/or physical techniques, the growth control in a rhizosphere has extensive fields to be researched.

In many cases, the seedlings raised in conventional pots, which are utilized in vegetable cultivation, are not constant in quality and not substantial in rhizosphere growth. After transplanting, these seedling are diseased or show poor initial growth, so that a significant reduction in quantity occurs. Within conventional pots and plug trays, the roots of the seedlings are curled up and twisted. In addition, matted and kinked roots are generated, causing growth inhibition after transplanting. Particularly, few rootlets are grown while main roots are lengthwise grown to the extent that they get all tangled up. Thus, after transplanting, the seedlings suffer from rooting delay or root cavitation, having difficulty in nutrient uptake. Further, they are apt to be infected with root diseases and to be damaged from drought. The root entanglement within conventional plug trays makes in difficult to separate the seedling from the tray cells, so automatic planting machines are not used with ease.

Where the roots of the conventional plug seedling undergo circling at the walls

of tray cells, they are liable to suffer from low temperature or high temperature stresses so that they cannot have substantial rhizospheres. If the plug seedlings whose roots get tangled up and matted are transplanted in high altitude cool regions, the rhizosphere system becomes narrow. In addition to being poor in nutrient uptake, the seedlings come out easily or are overturned in rainstorms.

When the seedlings of fruit trees or garden trees are raised in conventional pots, only their primary roots actively grows while few lateral roots are produced, so there are problems caused in their rooting and being separated from pots. As for the rice boxes in which seedlings are raised, their roots are extended so deeply into the soil that it is difficult to lift up the nursery boxes.

Besides, plant farmers want durable and reusable seedling raising materials.

Therefore, it is needed to upgrade seedling raising materials, such as pots, plug trays and sheets. The seedling raising pots, plug trays and sheets in current use, however, are merely simple-processed products made from plastics. Extensive research has been made on various high value added plastics, such as engineering plastics, but little is done on the pots, plug trays and sheets for nursing seedlings. Particularly, no seedling raising materials containing agents for the regulation of plant root growth systems are found.

Conventionally, seedling raising plug trays are manufactured from high-impact polystyrene resins themselves or by coating high glossy styrene resins on high-impact polystyrene resins in a co-extrusion manner. Alternatively, they are manufactured from olefinic resins themselves or by coating one olefinic resin on another. The resins are formed into sheets or films or vacuum molded. As for farm household sheets, their desirable shapers are obtained by mold processing at high temperatures or pressing after sheet production.

The intensive and thorough research on agricultural materials for regulating plant root growth systems resulted in the finding that seedling raising containers prepared from a plastic resin in combination with a growth regulating agent for

plant root systems allow the seedling to have substantially developed and healthy rootlets. This process was a co-extrusion type, while bottom layer was made of polystyrene resin and a top layer was a polystyrene resin having root-control agent. For the coating layer, polystyrene resin mixed with copper compounds, known as root growth controller and the amount of copper ion was investigated periodically.

In the present study, the seedling raising containers, such as pots, plug trays and sheets, are tested for the growth and development of various plants, including tomato, pepper and cabbage, chinese cabbage. The results were as follow; The objective of this study is to investigate the effect of copper-coated plug tray on growth of cabbage, chinese cabbage, pepper, tomato and to develop the optimum concentrations of copper for regulating the root circling caused by container cultivation and promoting the growth of whole plant. Seeds were planted in plug tray coated with compounding chip containing different copper concentrations and non-treated plug tray. Growth responses of seedling such as fresh weight, root weight and dry weight were investigated every 10 days until transplanting. Growth responses showed that there was significant difference between seedling grown in copper-coated plug tray and in non-treated plug tray. Especially the low content coating of copper was the most effective treatment for improving seedling growth, inducing a lot of fibrous roots which play important roles for nutrient uptake. The plant height seemed to be significantly retarded by copper coating concentrations, showing the shortened plant height compared with non-treated plug tray. In the plug tray cell number experiment, the 105 cell plug tray coated with copper increased fresh weight and root weight, compared with 162 cell plug tray coated with copper. Morphological characteristics showed that the copper induced the serious damage for root structure with the increasing of copper content. The root growth was severely affected by the high content of copper content, resulted in delaying root growth in soils after transplanting. The low content of copper in

plug tray was the most effective for controlling and improving root growth. As a result, the optimum concentration for coating plug tray with copper to prevent root circling and to promote growth of chinese cabbage appeared to be the low copper content in compounding chip processing. materials such as drug release system, coating materials. Other researches using seeds of bedding plants such as flowers showed that the root systems seriously damaged, resulted in causing the retard of growth. Therefor this tray was not recommended to bedding plants such as flowers, but only useful to vegetable crops. The present study has been doing for developing plug tray to be applied to bedding plants.

## CONTENTS

Chapter 1. Introduction and Research Background .....	15
I. Economical and industrial background .....	16
II. Social and cultural background .....	17
III. Technological background .....	17
Chapter 2. Objectives and Contents of Research .....	19
I. Final objectives of research and development .....	19
Chapter 3. Major Research and Results Obtained .....	21
I. Effects of plug tray regulating root on growth of chinese cabbage .....	21
1. Introduction .....	21
2. Materials and method .....	22
3. Results and discussion .....	23
II. Physiological and biochemical response of chinese cabbage seedling to plug tray regulating root growth .....	34
1. Introduction .....	34
2. Materials and method .....	35
3. Results and discussion .....	36
III. Physiological responses of pepper and tomato to plug tray regulating root growth .....	42
1. Introduction .....	42
2. Materials and method .....	42
3. Results and discussion .....	43
IV. Production of plug tray regulating root growth of leaf vegetable .....	60
1. Introduction .....	60
2. Research content .....	60
V. Production of plug tray regulating root growth of fruit vegetable .....	82
1. Introduction .....	82
2. Research content .....	82

VI. Extrusion and thermoforming of plastic plug tray .....	94
1. Specifications of general plastic .....	94
2. Additives of plastic .....	100
Chapter 4. Economical Efficiency Analysis for Commercialization .....	112
Literature Cited .....	119
Appendix .....	123

# 목 차

제 1 장 서론 및 연구배경 .....	15
제 1 절 경제·산업적 배경 .....	16
제 2 절 사회·문화적 배경 .....	17
제 3 절 기술적 배경 .....	17
제 2 장 연구개발 목표 및 내용 .....	19
제 1 절 연구개발의 최종목표 .....	19
제 3 장 주요 연구수행내용 및 결과 .....	21
제 1 절 근계생육조절용 플러그트레이가 배추 생육에 미치는 영향 .....	21
1. 서 언 .....	21
2. 재료 및 방법 .....	22
3. 결과 및 고찰 .....	23
제 2 절 근계생육조절용 플러그트레이에 대한 배추묘의 생리화학적 검정 .....	34
1. 서 언 .....	34
2. 재료 및 방법 .....	35
3. 결과 및 고찰 .....	36
제 3 절 근계생육조절용 플러그트레이에 대한 고추 및 토마토의 생리적 반응 검정 .....	42
1. 서 언 .....	42
2. 재료 및 방법 .....	42
3. 결과 및 고찰 .....	43
제 4 절 엽채류용 플러그트레이이 제작 연구내용 .....	60
1. 서 언 .....	60
2. 연구내용 .....	60
제 5 절 과채류용 플러그트레이의 제작 연구내용 .....	82
1. 서 언 .....	82
2. 연구내용 .....	82
제 6 절 플라스틱의 압출 및 열성형 공정 .....	94

1. 범용 플라스틱의 특성 .....	94
2. 플라스틱의 안정제·첨가제 .....	100
제 4 장 실용화를 위한 경제성 분석 .....	112
참고문헌 .....	119
부표 .....	123



## 제 1장 서론 및 연구배경

농업을 포함한 현대산업사회가 분업화, 전문화, 기계화 되면서 우리나라에 공정육묘 사업이 급속히 발전하였다. 우리나라에 공정육묘사업이 처음 도입된 것은 '92년도이고 '97년말 전국에 공정육묘사업장은 모두 100여개에 달하며 정부는 2004년까지 93개 이상을 추가로 지원할 계획을 가지고 있으며 '97년 공정육묘장에서 공급한 플러그 묘는 약 4억본이며 생산액은 250억원으로 상당한 규모에 달하고 있으므로 앞으로 공정육묘의 생산성 향상을 위한 기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 또한 선진국의 경우 정원수나 과수의 묘목 생산에 컨테이너를 이용하는 육묘공장이 보편화되어 있으며 우리나라에서도 양묘장에서 수목류 포트묘 생산을 시작 했으며 곧 대규모 공정육묘사업이 예상되므로 이에 대비한 연구가 필요하고 공정육묘장, 개별 육묘장 및 조경수 묘목의 포트 육묘공장들이 급속히 발전하면서 육묘자재(포트, 플러그 트레이, 시트 등)의 수요가 급증하여 고품질 육묘자재 개발이 시급하다.

우리나라에서 플러그묘 생산에 있어 가장 커다란 문제는 식물체의 도장현상과 근권부의 비정상적인 발육 현상이다. 지금까지 도장방지는 생리적, 화학적, 물리적 방법으로 쉽게 해결하고 있으나 근권부 생육조절에 대한 연구는 아직 진행되지 않아 앞으로 연구가 절실하다. 일반적으로 포트 및 플러그묘 생산에 있어서 문제점을 보면 뿌리가 용기내에서 둥글게 꼬이고 매트가 형성되어 정식후 생육장해가 발생하고 특히, 잔뿌리 발생이 적고 주로 주근만 길이생장을하여 포트내에서 뿌리가 뒤엉킴으로 정식후 뿌리활력이 지연되거나 뿌리공동화 현상으로 양분의 흡수가 곤란하고 뿌리병에 감염되기 쉽고 한발기에는 한해를 받기 쉽다. 그리고 포트 및 플러그 트레이내에서 뿌리엉킴은 묘가 트레이셀에 쉽게 분리되지 않아 자동 기계정식기 사용이 불편하며 플러그 묘의 뿌리가 셀내부쪽의 뿌리돌림을 하면 뿌리가 저온 및 고온 스트레스를 쉽게 받아 충실한 근권을 형성하지 못하는 문제가 있다. 강원도 고령지 지역의 경우 뿌리가 엉킨 배추 및 양배추 플러그묘를 정식하면 근계의 분포가 좁아 양분 흡수력도 떨어지며 강한 비바람에 뽑히거나 도복되고 있어 커다란 문제점으로 지적되고 있다. 현재 종묘 및 묘목육성용 포트, 플러그 트레이 및 시트는 가공이 용이한 각종 플라스틱을 사용한 단순 가공품이며 엔지니어링 플라스틱과 같은 각종 고부가가치성 플라스틱 가공에서 첨가제에 대한 많은 연구는 많이 이루어지고 있으나 농가용 포트, 플러그 트레이 및 시트에서의 첨가 가공기술에 대

한 기술개발은 극히 미약하며 특히 식물근계 생육제어 물질을 첨가한 가공법은 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 폴리스티렌수지, 폴리에틸렌수지, 폴리프로필렌수지 등에 식물 근계생육조절제인 구리계 화합물 및 기타 첨가제를 혼합한후 이 혼합물을 수지에 코팅한 다음 시트형태로 원단을 제조하여 진공성형하여 플러그트레이를 제조하고 제조한 플러그 트레이에 배추 양배추 고추 토마토를 각각 재배하여 기존 육묘용기에서 발생하는 문제점을 극복하고자 하였다.

## 제 1 절 경제·산업적 배경

- 공정육묘사업의 육묘 시스템화가 정착되기 위해서는 기존의 방식으로 생산된 묘보다 외적(초장 및 근권의 발육상태) 내적인 면에서도 우수해야 되며 가격도 저렴해야함.
- 외국 농산물과 경쟁하기 위해서는 재배기술의 분업화, 생력화 및 기술 개발로 생산비를 절감하고 공동육묘사업으로 우량묘 생산이 필요함.
- 현재 본 연구에 참여기업인 (주)범농은 포트 및 플러그 트레이를 중국 및 일본에 수출하고 있으며 근계시스템 생육조절용 육묘용기 개발은 수출을 획기적으로 증가시켜 외화획득에 기여할 수 있음.
- 생산비 절감으로 농가소득증대에 기여할 수 있는 우량묘 생산체계 확립이 필요함.
- 우리나라의 연간 육묘자재 사용비용은 전체 800억원 중에서 약 100억원이 육묘용기구입에 사용되고 있으나 고기능성 육묘용기가 개발된다면 농민들의 생산비 절감으로 기대되는 경제적 파급효과는 상당할 것으로 기대됨으로 육묘용기 개발 시급함.
- 현재 국내에서 제품화된 육묘용기들은 대부분이 원통형의 종래 용기를 사용하는데 본 연구에서는 원통형이 아닌 셀 구조를 획기적으로 변형하고 내부는 생장조절용 살균제를 코팅하여 대량 생산할 수 있는 기틀을 마련하여 수출 전략품으로 육성할 필요가 있음.
- 현재까지 금속, 목재 및 콘크리트 같이 코팅용매에 대한 저항성이 우수한 표면

에의 코팅은 상품화되어있으나 플라스틱같이 내용매성이 낮은 표면의 코팅은 거의 알려지지 않고 있으므로 이의 기술개발로 차후 고부가가치의 코팅제기술 개발에 의한 신규 수요 창출가능.

- 재료 특성 개선으로 고부가가치성 포트 및 시트개발이 가능하고 아울러 수입대체 및 수출할 수 있는 기술 개발임.

## 제 2 절 사회 문화적 배경

- 농산물 시장의 개방과 농촌 노동력의 노령화로 농동력이 질적으로 저하되면서 경작 의지가 떨어지는 농민들에게 새로운 육묘기술 및 육묘용기를 개발하여 농민들의 국제경쟁력을 높여 농민들의 경작 의욕고취.
- 고품질 포트 및 플러그묘의 생산은 기계정식으로 이어지므로 농업인의 생력화 농업에 기여함.
- 농민들은 인축 및 어패류에 대한 해가 없고, 환경오염이 없으며 토양병해에 대한 예방 효과가 우수한 농자재를 선호하고 있으므로 환경친화형 농자재 기술개발에 대한 기반조성이 시급함.
- 새로운 육묘자재를 개발하여 우량묘목 생산으로 신수요 창출 시급.
- 농가에 저렴한 농자재 공급으로 농업 의욕 고취.
- 플라스틱 표면 특성개선 및 가공기술로 기존의 도료시장에서의 신규 수요 창출이 가능하고 아울러 이 분야의 인력양성으로 차후 시장확대에 대비한 기술 및 인력공급 가능.

## 제 3 절 기술적 배경

- 농업을 포함한 현대산업사회가 분업화, 전문화, 기계화 되면서 우리나라에 공정육묘사업이 급속히 발전하였다. 우리나라에 공정육묘사업이 처음 도입된 것은 '92년도이고 '97년말 전국에 공정육묘사업장은 모두 100여개에 달하며 정부는 2004년까지 93개 이상을 추가로 지원할 계획을 가지고 있으며 '97년 공정육묘장에서 공급한 플러그 묘는 약 4억본 이며 생산액은 250억원으로 상당한 규모

에 달하고 있으므로 앞으로 공정육묘 생산성 향상을 위한 기술 개발이 절실히 요구됨.

- 선진국의 경우 정원수나 과수의 묘목 생산에 컨테이너(포트)를 이용하는 육묘 공장이 보편화되어 있으며 우리 나라에서도 양묘장에서 수목류 포트묘 생산을 시작했으며 곧 대규모 공정육묘사업이 예상되므로 이에 대비한 연구가 필요함.
- 공정육묘장, 개별 육묘장 및 조정수 묘목의 포트 육묘공장들이 급속히 발전하면서 육묘자재(포트, 플러그 트레이, 시트 등)의 수요가 급증하여 고품질 육묘자재 개발이 시급함(국내 육묘용기 포트, 플러그 트레이, 시트 시장 규모 100억 추정).
- 우리나라에서 플러그묘 생산에 있어 가장 커다란 문제는 식물체의 도장현상과 근권부의 비정상적인 발육 현상이다. 지금까지 도장방지는 생리적, 화학적, 물리적방법으로 쉽게 해결하고 있으나 근권부 생육조절에 대한 연구는 진행되지 않아 앞으로 연구가 절실함.
- 채소재배에 이용되는 플러그묘는 전국의 공정육묘장으로부터 공급되고 있으나 품질이 균일하지 않고 근권부의 발달이 충실하지 못하여 정식후 병해가 발생하거나 초기생육이 부진하여 수량감소 현상이 일어남.
- 각종 묘목생산에 사용되고 있는 포트 및 시트의 고부가가치화를 위해 코팅기술에 의한 포트 및 시트의 특성화 기술개발이 요구됨.
- 플라스틱에 뿌리 생장조절물질을 코팅할 경우 플라스틱 표면 코팅기술은 대부분의 플라스틱이 코팅용매에 대한 저항성이 극히 낮으므로 이를 고려한 특수 코팅제의 개발이 요구됨.
- 제조단가 및 제조기술 편이성 면에서 포트 및 시트의 성형시 생육조절물질을 첨가하는 제조공정기술에 대한 가공기술 개발이 요구됨.
- 포트 및 시트용 플라스틱에서 코팅 및 성형 가공후 생육조절물질이 포트 내에서의 분포 특성에 대한 연구 개발이 차후 재료 및 물성 특성 개선 및 문제점 해결을 위해 절실히 필요함.

## 제 2 장 연구개발 목표 및 내용

### 제 1 절 연구개발의 최종목표

1. 플라스틱 플러그 트레이의 가공공정 다변화 및 근계 생육조절제(구리화합물)와의 혼용 특성 개발
  - 내용매성 낮은 플라스틱을 코팅할 수 있는 특수 코팅제 및 유화제 탐색.
  - 플라스틱 코팅에 안정된 내열성 생육조절제 탐색
  - 플라스틱 코팅제와 뿌리 근계 생육조절제와의 혼용 특성 개발
  
2. 플라스틱 플러그 트레이의 가공 특성 최적화 및 근계 생육조절제를 함유한 표면 가공 기술 개발.
  - 플라스틱 육묘용기의 코팅제와 조성물의 최적화 기술개발
  - 표면가공후 표면 특성 조사
  - 코팅재료 특성 개선으로 고부가가치성 플라스틱 육묘용기 생산 기술 개발
  
3. 엽채류(배추, 양배추) 플러그묘의 근계 생육조절용 플러그 트레이 개발
  - 플러그 묘의 뿌리 공동화 현상을 막고 주근의 생장을 억제시키고 잔뿌리 발생을 촉진시키는 플러그 트레이 설계 및 제작
  - 플러그 트레이 내에서 뿌리 영킴을 억제시킬 수 있는 방법 탐색.
  
4. 과채류(고추, 토마토) 플러그묘의 근계 생육조절용 플러그 트레이 개발
  - 근계의 공동화 현상을 막고 잔뿌리 발생 촉진
  - 직근의 생장을 억제시키고 잔뿌리의 발생을 촉진시켜 고품질 묘목을 생산할 수 있는 트레이 설계 및 제작
  
5. 개발된 플러그 트레이를 이용한 채소류의 플러그 묘 생산 기술 확립
  - 작목별 뿌리발육 상태 조사 및 생산성 검증
  - 뿌리병해 감염도 및 광합성 반응조사

**6. 개발된 플러그 트레이에서 생산된 묘를 정식후 생육반응 검증**

- 재배시스템 설계 및 생육반응 검증
- 농가에서 실증시험
- 정식후 식물체의 생산성 평가

## 제 3 장 주요 연구수행내용 및 결과

### 제 1 절 근계생육조절용 플러그트레이가 배추 생육에 미치는 영향

#### 1. 서 언

현대의 산업사회는 공업뿐만 아니라 농업에서도 분업화, 전문화, 기계화되고 있으며, 우리나라에서도 이와 같은 현상은 급속도로 발전하고 있다. 우리나라에 공정육묘가 도입된 시기는 1992년도이고, 1998년말 전국적으로 대규모 공정육묘 사업장이 70여곳, 중소규모가 30여곳을 포함해 100여곳에 달한다. 연간 공정육묘장에서 공급하는 플러그 묘는 약 16억본 이상이며 생산액은 700억원 이상이다. 공정육묘는 대규모 시장성을 갖고있기 때문에 생산성은 물론 고품질화를 위한 기술개발이 절실히 요구되고 있다. 그러나 육묘산업이 발달함에 따라 묘의 대량생산은 물론 외관적인 묘소질은 많이 향상되었으나 육묘용기 내부에서 뿌리가 둥글게 꼬이고 비틀어지며 매트가 형성되는 것이 보고되었다(Arnold, 1992; Arnold 와 Struve, 1989a, 1989b; Arnold 와 Young, 1991; Case 와 Arnold, 1992; Svenson 과 Broschat, 1992; Svenson 등, 1995). 이러한 묘는 정식후 뿌리활착을 지연시켜 양분흡수가 불량하고, 가뭄에 대한 저항성이 낮아져 한발기에 한해를 받게 되는(Nichols 와 Alm, 1983) 등 근권부의 비정상적인 발육이 문제점으로 지적되고 있다. 플러그트레이의 셀 내부에서 뿌리가 감긴 배추묘를 경사면에 정식하는 고랭지 지역에서는 배추의 근계 분포가 좁아 강한 비바람에 뽑히거나 도복하는 문제점까지 지적되고 있다. 일반적으로 공정육묘 용기로 쓰이는 플러그트레이는 셀의 크기나 모양에 따라 생육에 커다란 영향을 미친다. 최근에 플러그트레이 사용시 발생하는 뿌리돌림 현상을 억제하여 건전묘를 육성하기 위해 화학적(용 등, 1999a)·물리적 방법이 개발되었다. 물리적인 방법으로는 육묘용기 내부의 벽면에 홈과 돌출부를 만들어 뿌리돌림을 감소시키는 것이고, 화학적인 방법은 육묘용기 내부의 벽면에 홈을 내는 대신 구리화합물을 도포하여 뿌리 생장점의 생육을 제어하여 뿌리돌림을 억제시키는 것이다. 이 육묘법은 단기육묘 작물인 엽채류 뿐만 아니

라 장기작물인 과채류 플러그묘 생산에 다양하게 이용되고 있다(용 등, 1999b, 1999c, 1999d). 뿌리돌림 현상을 억제하는 근계생육조절용 플러그트레이의 이용은 우량묘의 생산은 물론 정식후 고품질의 배추를 다수확할 수 있는 방안으로 작용할 것이다. 본 연구는 근계생육조절용 플러그트레이와 일반 트레이를 사용하여 배추묘의 생리적 반응을 비교함으로써 적정 구리화합물 처리농도를 제시하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 육묘 및 수확후 생육반응

본 실험은 1998년 10월 20일부터 1999년 10월 19일까지 강릉대학교 원예학과 유리 온실과 실험포장에서 수행하였다. 육묘는 근계생육조절제(구리화합물)가 A, B, C농도로 표면코팅처리된 플러그트레이와 일반 트레이를 사용하였다. 105구·162구·200구의 트레이에 노랑봄배추종자(홍농종묘, 1999)를 파종하여 10일, 20일, 30일 동안 육묘하였다. 생체중, 지상부·지하부 무게 그리고 뿌리길이를 조사하여 분석하였다. 정식 후 배추의 생육반응을 조사하기 위하여 1999년 4월 10일에 파종한 배추종자를 5월 10일 정식하였다. 배추 생육특성은 정식 30일, 60일 후에 수확하여 생체중과 근중을 조사하였다. 모든 시험구 처리는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS법을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 분석하였다.

### 나. 육묘중 뿌리의 해부형태학적 특성

근계생육조절용 플러그트레이에서 육묘된 배추 뿌리의 해부형태학적 특성 조사는 해부현미경을 사용하여 관찰하였다. 파종 후 생육단계별로 뿌리를 채취하여 주근, 측근, 뿌리털, 표피 등을 관찰하였고, 표본 제작은 동결마이크로톰(LEICA CM 1800)을 이용하여 만든 뿌리의 횡단 및 종단면의 절편은 25% karo syrup으로 봉입하여 영구 프레파라아트로 제작하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 육묘 및 수확후 생육반응

생체중과 지상부 생육은 생육초기에 구리처리구와 무처리구에서 비슷한 생육을 보



여 통계적 유의차가 인정되지 않았으나, 생육후기로 갈수록 구리처리구에서 생육이 촉진되는 경향을 나타내었다(Table 1, 2). 30일 묘에서 C처리구의 생체중이 2.12g으로 가장 높았고, B처리구가 1.76g, A처리구가 1.67g으로 구리의 농도가 낮을수록 생육이 우수하였다(Table 1). 이는 구리처리구에서 초기 식물생장율은 낮지만 생육이 진행되면서 지상부 생육이 증가한다는 Svenson 등(1995)의 보고와 일치하였다. 또한 구리처리구에서 육묘시 문제가 되는 웃자람이 억제되는 것이 확인되었다(Fig. 3). 지하부 생육은 10일 묘에서 무처리구의 근중이 0.1g으로 구리처리구의 0.08g에 비해 높게 나타났으나, 30일 묘의 경우 B처리구에서 0.23g으로 가장 높게 나타나 육묘일수가 증가함에 따라 구리처리구에서 잔뿌리 발생량이 많아졌음이 확인되었다(Table 3). 그러나 C처리구와 무처리구의 근중이 0.19g으로 같은 결과를 보였다. 이는 무처리구에서 주근의 신장이 길어져 그에 따른 근중이 증가한 것이라고 판단된다. 근장은 무처리구에 비해 처리구가 현저히 짧았고, 특히 처리구의 구리농도가 높을수록 근장은 더욱 짧아지는 경향을 보였다(Table 4). 이는 처리구에서 뿌리돌림이 확실하게 억제되었다는 것을 의미한다. 근장과 근중을 비교했을 때 근중은 오히려 근장이 짧은 구리처리구에서 높게 나타났다. 이는 구리의 영향으로 뿌리의 길이 신장이 멈추고 그에 따른 기부우세성으로 인해 잔뿌리의 발생량이 많아졌기 때문이다. 그러나 지상부와 지하부의 생육을 비교했을 때 고농도의 구리처리구(A처리구)가 저농도의 구리처리구(C처리구)보다 생육이 저조하게 나타났다. 이는 고농도의 구리처리는 잔뿌리 발생량은 많았지만 뿌리끝의 세포막을 파괴하여(Mattoo 등, 1986) 양분 및 수분흡수 등을 저해함으로써 생육을 저해한 것으로 생각된다. 또한 뿌리끝은 cytokinin이 생성되는 부위이므로(Skene, 1975), 잔뿌리의 많은 발생은 cytokinin 수치를 증가시켜 지상부 생육이 더욱 촉진되었을 것으로 사료된다.

구리처리구와 무처리구에서의 셀 크기에 따른 생체중과 근중은 Fig. 1, 2와 같다. 모든 처리구에서 육묘일수가 길어질수록 생체중과 근장이 증가하였다. 동일한 육묘일수 내에서는 셀 크기가 클수록 셀당 상토의 양이 상대적으로 많아져 생체중이 증가하였다(신 등, 2000). 30일 묘의 105구 트레이에서 무처리구의 생체중이 9.1g인 반면 구리처리구의 생체중은 15.8g으로 생육이 월등하게 향상되었다(Fig. 1). 근중 역시 생체중과 비슷한 경향을 나타내어 생육초기에는 모든 처리구에서 차이가 나타나지 않았

다. 105구 트레이가 200구 트레이보다 근중이 높게 나타났으나 구리처리구와 무처리구간의 근중은 20일 묘에서는 차이가 없었다. 105구 처리구가 30일 묘에서 다른 처리구에 비해 가장 높게 나타났다(Fig. 2). 무처리구가 구리처리구와 근중의 차이를 보이지 않는 것은 잔뿌리의 생성없이 주근이 길이 성장한 것으로 보인다. 30일 묘의 구리처리구에서 200구보다 105구에서 근중이 급격히 증가한 것은 셀크기가 커짐에 따라 근계의 분포도 넓어졌기 때문이라고 판단된다.

정식후 생체중과 근중의 변화는 Table 5와 같다. 정식후 30일과60일 후의 생체중과 근중은 구리처리구와 무처리간에 뚜렷한 차이를 보였다. 수확후 생체중은 무처리구의 2.64kg에 비해 C처리구에서 3.25kg으로 약 23% 이상이 증가하였다. 이는 C처리구에서는 뿌리돌림이 80% 이상 억제되어 정식후 충실한 근계를 형성하였으나, 무처리구는 육묘시의 뿌리돌림(Fig. 3, 4)이 정식후에도 60%이상 남아있어(Fig. 5) 양분흡수가 저하되고 건조스트레스를 입은 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 Svenson 등(1992)이 구리처리된 육묘용기에서 자란 묘는 뿌리돌림의 억제로 정식후 생장이 촉진된다는 보고와 일치한다. 근중 역시 무처리구보다 구리처리구에서 높게 나타났다. 생체중은 저농도 처리구일수록 증가하는 반면 근중은 고농도 처리구일수록 증가하여 A처리구에서 가장 높았다. 고농도 처리구에서는 뿌리돌림은 100% 억제되지만 뿌리끝이 손상되어 식물체에 심한 스트레스를 주어 생육이 억제되기 때문이다. 따라서 근계생육조절용 플러그트레이에 육묘를 할 경우 구리가 저농도(10%)로 코팅된 플러그트레이가 가장 적당한 것으로 확인되었다.

Table 1. Effect of copper-coated plug tray on fresh weight (g/plant) of Chinese cabbages.

Treatment	Days after seeding		
	10	20	30
A <sup>z</sup>	0.52 f <sup>y</sup>	0.80 e	1.67 b
B	0.61 f	0.98 d	1.76 b
C	0.62 f	1.00 d	2.12 a
Control	0.57 f	1.05 d	1.59 c

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

Table 2. Effect of copper-coated plug tray on upperground part weight (g/plant) of Chinese cabbages.

Treatment	Days after seeding		
	10	20	30
A <sup>z</sup>	0.44 f <sup>y</sup>	0.71 e	1.43 b
B	0.53 f	0.85 d	1.52 b
C	0.54 f	0.84 d	1.93 a
Control	0.46 f	0.85 d	1.34 c

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

Table 3. Effect of copper-coated plug tray on underground part weight (g/plant) of Chinese cabbages.

Treatment	Days after seeding		
	10	20	30
A <sup>z</sup>	0.07 f <sup>y</sup>	0.08 ef	0.23 a
B	0.08 ef	0.12 d	0.25 a
C	0.08 ef	0.16 c	0.19 b
Control	0.10 de	0.16 c	0.19 b

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

Table 4. Effect of copper-coated plug tray on root length (cm) of Chinese cabbages.

Treatment	Days after seeding		
	10	20	30
A <sup>z</sup>	3.26 h <sup>y</sup>	5.37 f	6.26 e
B	5.49 f	8.12 cd	8.33 c
C	4.08 g	8.64 c	10.50 b
Control	7.46 d	16.21 a	16.93 a

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

Table 5. Effect of copper-coated plug tray on fresh weight (kg/plant) and root weight (g/plant) of Chinese cabbages after transplanting. Seedlings grown 30 days in plug trays.

Treatment	Days after planting	
	30	60
<i>Fresh weight(kg)</i>		
A <sup>z</sup>	0.83 de <sup>y</sup>	3.05 ab
B	0.82 de	2.89 b
C	0.90 d	3.25 a
Control	0.66 e	2.64 c
<i>Root weight(g)</i>		
A	8.60 c	30.08 a
B	6.07 d	28.52 a
C	6.90 cd	28.82 a
Control	6.35 d	24.84 b

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C :Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.



Fig. 1. Effect of copper-coated plug tray on root morphology of Chinese cabbage after transplanting. Seedlings grown 30 days in tray coated with compounding chip containing copper 10% (v/v).

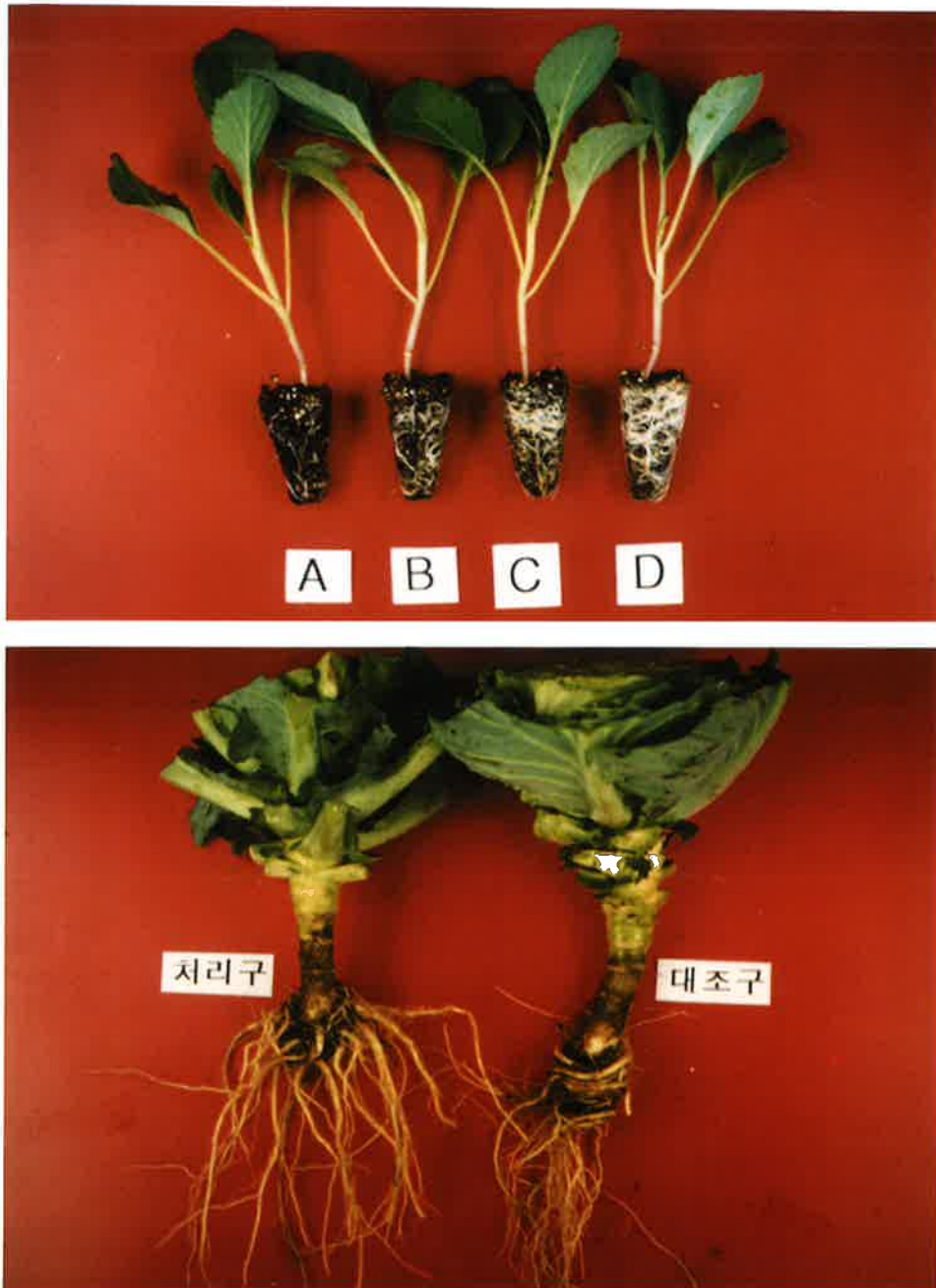
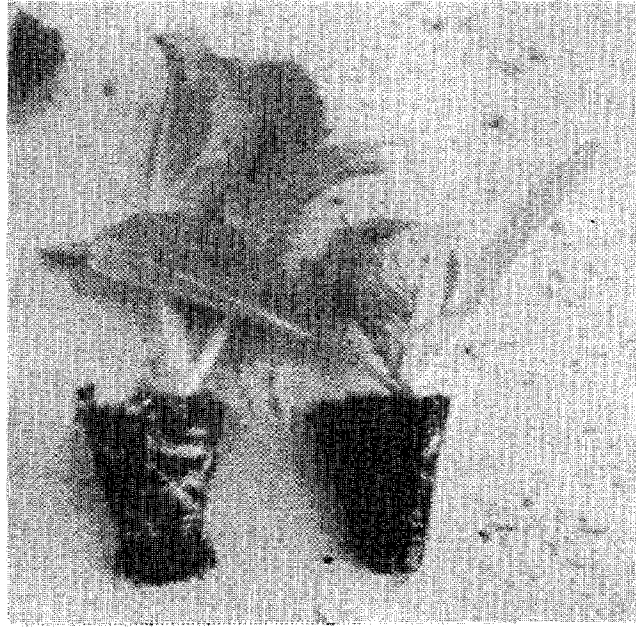


Fig. 2. Effect of copper-coated plug tray on root morphology of cabbage seedling and after-transplanting. Seedlings grown 30 days in tray coated with compounding chip containing copper and then transplanted. A, B, C: increasing copper concentrations, D: control



**Non-  
Treated**      **Treated**

Fig. 3. Growth responses of Chinese cabbage seedling grown in plug tray coated with compounding chip containing copper 10% (v/v) and grown in non-treated plug tray.

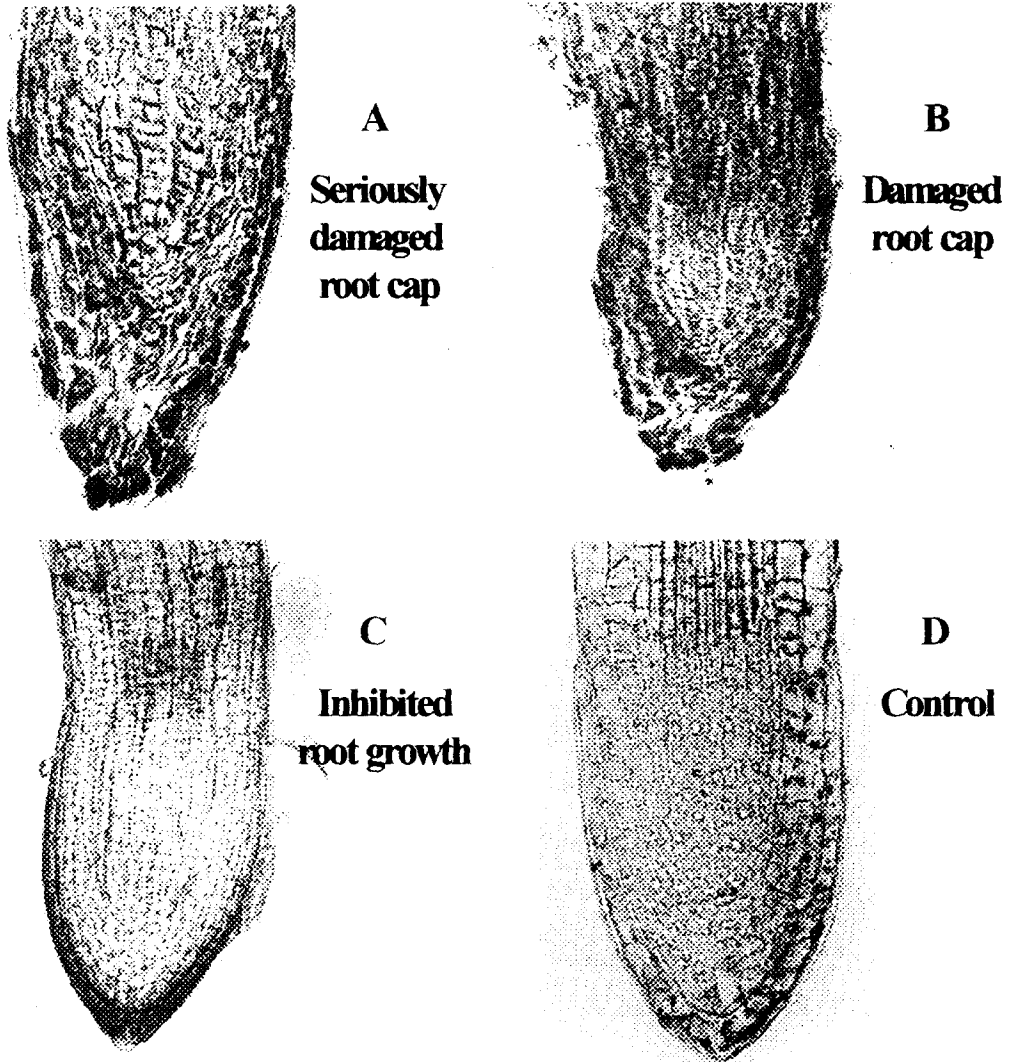


#### 나. 육묘중 뿌리의 해부형태학적 특성

무처리구의 뿌리 종단면과 횡단면은 근모(root hair), 표피(epidermis), 피층(cortex), 내피(endodermis), 중심주(vascula cylinder)로 구성되어 있고 표피에 근모가 다수 발생한 것이 관찰되었다. 또한 각 조직별로 세포의 크기는 다양하게 발달된 것이 관찰되었고, 근모는 최외층인 표피세포에서 분화된 것으로 확인되었다.

구리처리된 뿌리의 형태적·해부학적 특성은 Fig. 6, 7과 같다. 저농도에 처리된 뿌리(C)는 표피의 바깥쪽만 갈색으로 변화하였다. 그러나 구리농도가 증가할수록 뿌리 끝의 내부조직이 서서히 붕괴하기 시작하여 고농도에 처리된 뿌리(A)는 근관이 완전히 파괴되어 식별이 불가능하였고, 횡단면에서 조직이 완전히 사멸한 것이 관찰되었다. 이러한 결과는 Flanagan 등(1991)이 보고한 결과와 일치하였다. 따라서 본실험에서 사용된 3가지의 구리농도 중에서 C농도로 처리하는 것이 가장 효과적인 것으로 밝혀졌다.

구리처리된 플러그트레이와 일반 플러그트레이에서 육묘된 배추 뿌리의 형태적 특성을 해부현미경 하에서 관찰한 결과는 Fig. 8과 같다. 주근을 중심으로 하여 많은 측근들이 분포하고 있었다. 뿌리의 표면은 약간 굴곡이 있었으며 주근의 신장이 가장 왕성한 것으로 관찰되었다. 그러나 구리처리된 플러그트레이에서 육묘된 뿌리의 경우 주근이 구리와 접촉하면 생장점 부위가 세포분열 정지하여 생육이 멈추고 그로 인해 기부우세성이 생겨 새로운 뿌리(측근)가 형성되는 것이 관찰되었다.



**Fig. 4.** Effect of copper-coated plug tray on root morphology during Chinese cabbage seedling growth. Medial and longitudinal section of root tip grown 30 days in plug tray. A, Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v); B, Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v); C, Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v); D: Control.

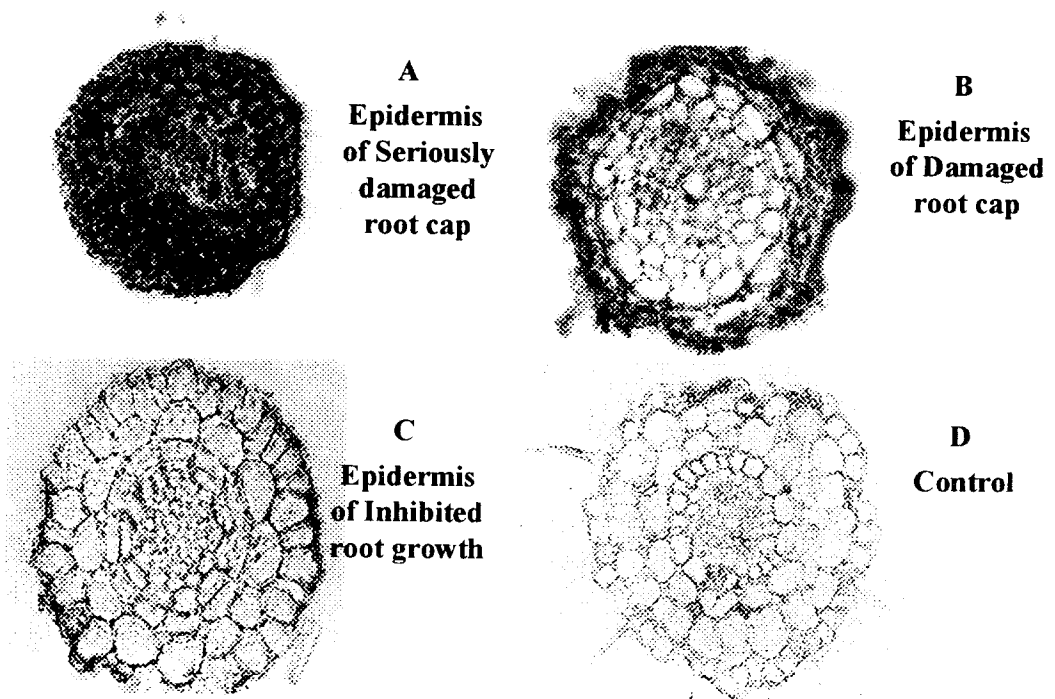


Fig. 5. Effect of copper-coated plug tray on root morphology during Chinese cabbage seedling growth. Cross section of root tip grown 30 days in plug tray. A, Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v); B, Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v); C, Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v); D, Control.

## 제 2 절 근계생육조절용 플러그트레이에 대한 배추묘의 생리생화적 검정

### 1. 서 언

육묘산업이 발달함에 따라 묘의 대량생산은 물론 외관적인 묘소질은 높아졌지만, 플러그 판에서 밀식육묘를 하기 때문에 묘가 연약하고 웃자라 묘질이 떨어지는 단점이 있다(유 등, 1997; 박 등, 1996; 서, 1997; 임 등, 1997a, 1997b). 또한 제한된 육묘용기 내에서 육묘되므로 대부분의 작물의 뿌리가 등글게 꼬이고 비틀어지며 매트가 형성되어(Arnold, 1992; Arnold 와 Struve, 1989a, 1989b; Arnold 와 Young, 1991; Case 와 Arnold, 1992; Svenson 와 Broschat, 1992; Svenson 등, 1995) 뿌리공동화현상이 일어나는 등 근권부의 비정상적인 발육이 문제점으로 지적되고 있다. 육묘기에 묘의 도장 억제제 수분조절, 왜화제 처리, 플러그트레이의 용량조절 그리고 주야간 온도차(DIF)등으로 쉽게 해결되고 있고, 근권부의 생육조절에 대한 연구는 육묘용기 내에 구리화합물을 표면코팅한 고기능성 육묘용기를 이용해 연구가 진행되고 있다(유 등, 1999a, 1999b, 1999c, 1999d).

지금까지 구리의 유해한 농도의 생물학적 효과는 조류 *Chlorella*를 가지고 많은 연구가 이루어졌다. Gross 등(1970), Soeder 등(1967), Nielsen 등(1969)은 과도한 구리는 *chlorella*의 성장에서 극심한 감소를 유발시키고, 광합성기작에 대하여 피해현상을 야기시켜 광합성을 떨어뜨린다고 보고하였고, McBrien 등(1967)은 구리농도가 증가할수록 호흡대사가 감소한다고 보고하였다.

Coombes 등(1976) 과 Mukher 등(1972)은 각각 밀의 뿌리조직과 상추묘에서 IAA-Oxidase 활성을 연구한 결과 구리의 농도가 높아질수록 IAA-Oxidase 활성도 높아진다고 보고하였다. Hewitt(1953)은 과도한 구리는 토마토 잎과 sugar beet에서 괴사를 야기시키고, 이러한 증상은 철결핍과 비슷한 증상을 나타낸다고 보고되었다. 그러나 구리화합물을 표면코팅한 고기능성 육묘용기를 사용하는 작물에 대한 구리의 생리화학적 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고기능성 육묘용기 내에서 육묘되는 작물에 대한 생리·생화학적 반응을 구명하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 육묘중 광합성 및 호흡율

광합성과 호흡을 조사는 배추종자를 200구 근계생육조절용 플러그트레이와 일반 트레이에 각각 파종하여 10일, 20일 및 30일 동안 육묘한 묘를 시료로 이용하였다. 광합성 조사는 각각의 생육단계별로 휴대용 광합성 측정기(LI-6200; LI-Cor., USA)를 사용하여 순광합성량을 측정하였다. 광원은 LED 인공광원을 사용하였고, 측정 챔버 내 순환공기의 상대습도는 50%, CO<sub>2</sub> 농도는 400ppm, 온도는 25℃ 그리고 광도는 100-500-1000-1500  $\mu$ mol로 고정하여 자동측정 하였다. 기타 환경조건은 표준 광합성 측정방법을 따랐다. 호흡을 조사는 배추의 뿌리부분을 밀폐용기( $\phi$  3cm×5cm)에 넣고 밀봉한 후 2시간 후에 용기 내의 기체를 syringe로 1ml 채취하여 gas chromatograph(GC-14B; Shimadzu, Japan)를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 측정하였다.

### 나. 육묘중 양분흡수율 및 효소활성

구리화합물 코팅처리가 양분흡수율에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실험2와 같은 방법으로 종자를 파종하였다. 파종 후 10일과 30일에 배추의 뿌리와 잎을 분리하여 80℃에서 72시간 건조한 후 마쇄하여 40-mesh 체로 시료를 준비하였다. 전질소 함량은 Kjeldal법으로 분석하였다. 시료 0.2g에 농황산 12ml 그리고 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 CuSO<sub>4</sub>를 9:1로 혼합한 분말 5g을 넣고 400℃의 block digester에서 완전히 분해한 후 자동 질소 분석장치를 이용하여 측정하였다. 무기물 분석은 다음과 같은 방법으로 측정하였다. microwave digester(Model MSW-1, Berghof)를 이용하여 시료를 분해하였다. 시료 0.2g과 질산 5ml을 Teflon 분해관에 넣고 밀봉한 후 140℃에서 10분, 175℃에서 15분 동안 시료액이 투명해질 때까지 분해하였다. 분해된 시료액은 증류수로 50ml로 정용한 후 Atomic Absorption Flame Emission Spectrophotometer를 사용하여 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 아연, 철의 농도를 측정하였다. 뿌리내 구리함량은 중급속 분석기(TEA 3000V; Chemtronics, Australia)를 이용하여 측정하였다. 효소활성은 파종 후 10일, 20일 그리고 30일 육묘한 배추의 뿌리만을 조사하였다. 각 생육단계별로 뿌리 생체중 1g에 0.1M sodium phosphate(pH 7.2) 10ml를 첨가하여 4℃에서 미세하게 마쇄한 후 4℃에서 10,000rpm으로 15분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 상등액을 효소활성 측정 시료로 사용하였다. Peroxidase 활성은 0.1M acetate

buffer(pH 5.2) 235ml, 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10ml 그리고 guaiacol 0.5ml을 혼합한 반응액 2.9ml에 효소추출액 0.1ml을 가하여 500nm에서 1분간 흡광도를 측정하였다. IAA oxidase 활성 조사는 다음과 같다. 2.5ml 효소추출액, 2ml 350 $\mu$ g/l IAA 용액, 2ml 0.1M phosphate buffer(pH 6.2), 1ml 10<sup>-3</sup>M MnCl<sub>2</sub> 그리고 2.5ml 3차 증류수를 혼합하여 총 10ml로 상온에서 75분 반응시켰다. 반응액 2ml에 10ml Salkowski reagent(28% w/v HClO<sub>4</sub>, 0.016M FeCl<sub>3</sub>)를 넣어 발색시킨 후 540nm에서 1분간 흡광도를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 육묘중 광합성 및 호흡율

육묘중 배추 잎의 광합성량은 Table 1과 같다. 모든 처리구에서 광도가 높아질수록 광합성량도 증가하여 광도 1500 $\mu$ mol에서 최대 광합성량을 나타내었다. 육묘일수에 따른 광합성량은 처리구와 무처리구가 유사하여 10일 묘에서 높은 광합성량을 나타내었으나 20일 묘에서는 감소하였고, 30일 묘에서 또다시 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 구리처리구의 20일 묘에서 감소하였던 광합성량이 30일 묘에서 무처리구와 똑같이 증가하여 구리처리를 하면 시간이 경과할수록 광합성량이 감소된다는 기존의 연구결과(McBrien 등, 1967; Nielsen 등, 1969)와 상반된 결과를 나타내었다. 이는 구리 처리된 플러그트레이에 육묘하면 생육이 진행될수록 구리의 영향으로 광합성량이 줄어들지만 육묘시 계속되는 관수로 인해 정식이 가까워 오면 플러그트레이 내부에 코팅되어 있던 구리가 거의 다 리칭된다. 이로 인해 30일 묘에서는 다시 광합성량이 증가되는 것으로 판단된다. 30일 묘에서 구리처리구가 구리의 영향을 받았음에도 불구하고 무처리구에 비해 광합성량이 많게 나타나는 것은 구리처리구의 생육이 무처리구에 비해 훨씬 우수했기 때문이다.

육묘중 배추 뿌리에서의 호흡량은 Fig. 1과 같다. 생육초기의 호흡량은 구리처리구와 무처리구에서 차이가 없었다. 20일 묘에서는 무처리구가 계속 증가하는 반면 구리처리구에서는 감소하였다. 30일 묘에서는 또다시 모든 처리구에서 증가하여 전체적으로 육묘일수가 증가할수록 호흡량도 증가하는 경향을 보였다. 그러나 호흡량에서도 광합성량과 마찬가지로 구리처리구에서 20일 묘에 감소했던 호흡량이 30일 묘에서 다시 증가하여 구리처리를 하면 호흡량이 감소한다는 기존의 연구결과(McBrien 등,

1967)와 상반된 결과를 나타내었다. 이도 역시 육묘일수가 증가함에 따라 플러그트레이 내부에 코팅되어 있던 구리가 거의 다 리칭되어 호흡량이 증가한 것으로 판단된다. 20일 묘와 30일 묘간의 호흡량에서 구리처리구의 호흡량이 무처리구에 비해 현저히 낮은 것은 뿌리끝이 구리처리된 트레이의 벽면에 닿으면서 구리의 직접적인 영향을 받았기 때문이라고 사료된다.

Table 1. Effect of copper-coated plug tray on photosynthesis rate during Chinese cabbage seedling growth.

Days after seeding	Treatment	Light intensity( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )			
		100	500	1000	1500
10	T <sup>z</sup>	2.04 b <sup>y</sup>	5.16 ab	5.71 ab	5.90 ab
	Control	2.24 b	5.23 ab	5.43 ab	5.54 ab
20	T	1.11 b	3.39 b	3.60 b	3.65 b
	Control	2.33 b	3.26 b	4.01 b	3.58 b
30	T	4.42 a	7.42 a	7.73 a	7.99 a
	Control	2.16 b	4.73 ab	5.09 ab	5.13 ab

<sup>z</sup>Plug tray coated with compounding chip containing copper 10% (v/v)

<sup>y</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

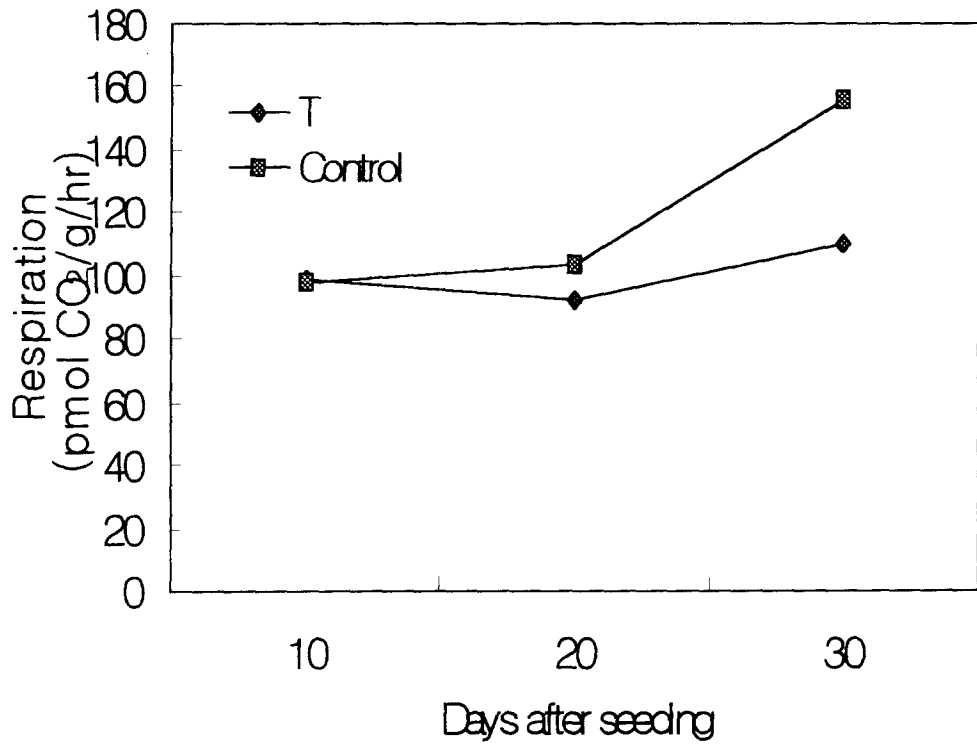


Fig. 1. Effect of copper-coated plug tray on respiration rate during Chinese cabbage seedling growth. T, Plug tray coated with compounding chip containing copper 10% (v/v).



#### 나. 육묘중 양분흡수율 및 효소활성

육묘중 잎에서의 양분 흡수량은 Table 2와 같다. 구리처리구와 무처리구간의 다량 원소와 미량원소의 흡수량은 커다란 차이가 나타나지 않았다. 30일 묘에서의 구리처리구의 철의 함량이 무처리구에 비해 다소 감소하였다. 이로 인해 육묘중 묘의 어린 잎에서 황화현상이 나타났다. 이는 트레이 내부에 처리된 구리가 철과의 길항작용(강영희와 신영오, 1996)으로 철의 흡수가 억제된 것으로 생각된다. 그러나 구리처리된 플러그트레이를 사용하여 육묘할 경우 파종후 15일경부터 미량원소를 엽면시비하면 철의 결핍증을 쉽게 해결할 수 있어 배추의 생육에는 커다란 문제점이 없었다. 구리처리구에서 잎의 양분함량이 다소 낮게 나타났지만 통계적인 유의차는 없는 것으로 나타났다.

육묘중 뿌리에서의 구리 함량은 Table 3과 같다. 전체적으로 무처리구에 비해 구리처리구에서 높게 나타났고, 20일 묘에서 902.8ppb로 가장 높게 나타났다. 이는 20일 묘에서 뿌리가 구리에 대하여 가장 민감하게 반응한 것으로 사료된다. 그러나 구리가 대부분의 식물체에 독성을 나타내는 농도는  $20\sim 30\mu\text{g/gDW}$ 이라고 보고되어 있어 (Hodenberg 와 Finck, 1975; Robson 와 Reuter, 1981) 구리처리구에서 구리 농도가 다소 높게 나타났지만 생육에는 전혀 영향을 미치지 못하는 것으로 확인되었다. 구리처리가 뿌리의 생육을 지연 또는 억제시키는 메카니즘을 구명하기 위하여 옥신의 작용에 관련하는 효소, 즉 IAA를 분해하는 효소인 Peroxidase와 IAA-oxidase의 활성을 조사하였다(Table 4). Peroxidase의 활성은 무처리구에 비해 구리처리구에서 현저히 높았고, 특히 농도가 가장 높은 A처리구에서 효소의 활성도 가장 높게 나타나 구리의 농도가 높을수록 Peroxidase의 활성도 높게 나타남을 알 수 있었다. 이는 뿌리의 신장을 촉진하는 옥신을 많이 분해하여 뿌리내 옥신 함량을 감소시킨 것이다. 이에 따라 뿌리의 신장이 억제되어 뿌리돌림 현상이 일어나지 않는 것으로 판단된다. IAA-oxidase 활성 역시 Peroxidase 활성과 마찬가지로 구리처리구에서 높게 나타났다. 그러나 생육초기에는 활성이 높고 생육후기로 갈수록 점차 낮아져 Peroxidase와는 반대의 경향을 나타내었다. 이는 생육초기에는 IAA-oxidase가 옥신의 분해에 관여하고, 묘령이 많아지는 노화조직에서는 Peroxidase가 옥신의 분해에 관여하는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 Mukher 등(1972)이 연구한 결과와 같은 경향을 나타내었다.

Table 2. Effect of copper-treated plug tray on nutrient uptake of Chinese cabbage leaves.

Treatment	Days after seeding	T-N <sup>z</sup>	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Fe
		(% of DW <sup>y</sup> )							(ppm)
Control	10days	3.06	0.29	3.0	1.4	0.2	0.12	85	273
	30days	2.39	0.39	2.0	1.5	0.24	0.13	108	678
Treated	10days	3.39	0.39	3.1	1.4	0.23	0.13	123	458
	30days	2.58	0.32	1.7	1.4	0.24	0.10	103	578

<sup>z</sup>T-N: Total Nitrogen

<sup>y</sup>DW: dry weight

Table 3. Effect of copper-treated plug tray on copper concentration (ppb/plant) of Chinese cabbage root.

Days after seeding	Treatment	
	T <sup>z</sup>	Control
10	755.2	389.9
20	902.8	580.2
30	670.6	450.9

<sup>z</sup>Plug tray coated with compounding chip containing copper 10% (v/v)

Table 4. Effect of copper-coated plug tray on IAA-oxidase and peroxidase activity during Chinese cabbage seedling growth.

Trement	Days after seeding		
	10	20	30
	<i>Peroxidase activity<sup>y</sup></i>		
A <sup>z</sup>	78	138	669
B	108	95	556
C	91	101	204
Control	129	125	194
	<i>IAA-oxidase activity<sup>x</sup></i>		
A	254	154	79
B	204	177	91
C	229	169	102
Control	161	103	100

<sup>z</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper (v/v)

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 15% copper (v/v)

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 10% copper (v/v)

<sup>y</sup>Peroxidase activity = unit/mg protein/min

<sup>x</sup>IAA-oxidase activity = % for control of 30 days seedling

### 제 3 절 근계생육조절용 플러그트레이에 대한 고추 및 토마토의 생리적 반응 검토

#### 1. 서 언

원예 산물의 생산에서 우량 묘의 생산은 고품질의 산물을 생산하는데 기본이 된다. 원예작물의 육묘는 1930년대부터 본격적으로 시작되어 초기에는 노지에서 재배가 불가능한 저온기에 온상 및 냉상에서 보온 육묘함으로써 노지에서 재배할 때보다 생육이 상당히 진전되어 수확기가 앞당겨지고 생육기간도 그 만큼 앞당길 수 있어 작기확대, 육묘기 보호 및 경지활용을 증대시켰다. 1980년대 중반부터 시설재배면적의 확대에 따라 동계의 육묘의 안정적인 공급이 필요하게 되어 플러그 판에 대량으로 모종을 길러내는 새로운 기술과 장비 등을 도입하여 묘의 집약적 생산을 가능하게 할 수 있는 플러그묘 생산 체계를 이루었다. 플러그 트레이의 생산으로 인해 균일한 묘의 생산과 편리한 작부체계를 가져왔지만 육묘용기 내부 부피의 제한으로 인해 뿌리의 형태가 꼬임이나 기형, 용기 내부 벽을 타고 돌아가는 뿌리돌림현상 등의 근계형성이 충분하지 못하는 문제점이 나타났다(Arnol와 Young, 1991). 이러한 문제는 정식후 활착률 저하, 바람에 의한 도복, 양·수분의 흡수율 저하를 야기시켜 결과적으로 생산량이 감소하게 되었다(Arnold와 Wilkerson, 1993). 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근에는 구리화합물의 특성을 이용하여 뿌리돌림현상 및 꼬임, 기형현상을 줄이기 위한 연구가 진행되고 있다. 기존 연구에 따르면, 구리화합물이 코팅된 용기에서 재배된 묘가 무처리구에 비해 뿌리의 밀도를 증가 시켰고, 이로 인해 육묘상태와 이식했을 때 생장이 향상되었다는 보고가 있다 (Arnold and Young, 1991.). 따라서 본 연구에서는 근계생육조절제가 코팅된 플러그 트레이를 사용하여 과채류인 고추와 토마토의 생육 반응을 조사하기 위하여 수행되었다.

#### 2. 재료 및 방법

본 실험은 1999년 10월 21일부터 2000년 10월 20일까지 강릉대학교 원예학과 유리온실과 강릉대실험포장에서 수행하였다. 공시품종으로 고추종자는 '다보탑'과 '녹광'을, 토마토종자는 '영광'과 '서광'을 이용하여, 50구 근계생육조절용 플러그트레이와 50구

일반 트레이에 4반복으로 파종하였다. 종자 파종 후 20일, 40일, 60일에 각 트레이별로 4주씩 임의로 추출하여 초장, 엽수, 경경, 생체중(지상부·지하부무게), 근장을 측정하고, 80℃에서 72시간 건조시킨 후 지상부와 지하부의 건물중을 조사하여 분석하였다. 호흡을 조사는 60일 육묘한 고추와 토마토 묘의 뿌리부분을 밀폐용기(7cm×5cm×5cm)에 넣고 밀봉한 후 2시간 후에 용기내의 기체를 syringe로 1ml을 채취하여 gas chromatograph(GC-14B; Shimadzu, japan)를 사용하여 CO<sub>2</sub>를 측정하였다. 정식후 고추와 토마토의 생육반응을 조사하기 위하여 2000년 3월 6일에 파종한 배추종자를 5월 6일에 정식하였다. 정식후 고추의 생육특성은 정식 90일 후에 수확하여 과경, 과장, 주당 착과수, 1과중, 수량 등을 조사하였고, 토마토의 생육특성은 정식 30일, 50일, 70일 후에 수확하여 주당 착과수, 1과중, 기형과 발생율, 수량을 조사하였다. 모든 시험구 처리는 난괴법 3반복으로 하였으며 통계처리는 SAS법을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 고추와 토마토의 육묘중 생육반응

초장은 고추의 경우 두 품종 모두 생육초기부터 무처리구에 비해 구리처리구에서 작게 나타났고, 생육후기로 갈수록 많은 차이를 보여 60일 묘의 경우 구리처리구의 초장이 무처리구에 비해 약 8cm 정도 작은 경향을 나타내었다. 토마토의 경우도 고추와 마찬가지로 구리처리구에서의 초장이 무처리구에 비해 더 작게 나타났다. 이는 육묘시 심각한 문제가 되는 도장을 구리처리구에서 육묘 초기부터 효과적으로 억제할 수 있는 것으로 확인되었다(Fig. 1). 엽수는 고추의 경우 두 품종 모두 40일 묘에서 무처리구의 엽수가 다소 많았으나 생육후기로 갈수록 무처리구에 비해 구리처리구의 엽수가 현저하게 증가하여 60일 묘에서는 구리처리구의 엽수가 더 많은 것으로 나타났다. 토마토는 두 품종 사이에서 엽수의 변화가 서로 반대의 경향을 나타내었다. 서광(C)은 생육초기에는 엽수가 같았으나 생육이 진행될수록 구리처리구가 무처리구에 비해 다소 적은 경향을 보였고, 영광(D)은 생육초기에는 엽수가 적었으나 생육후기로 갈수록 다소 높은 경향을 나타내어 품종에 따라 구리처리에 반응 하는 특징이 다른 것으로 사료된다(Fig. 2).

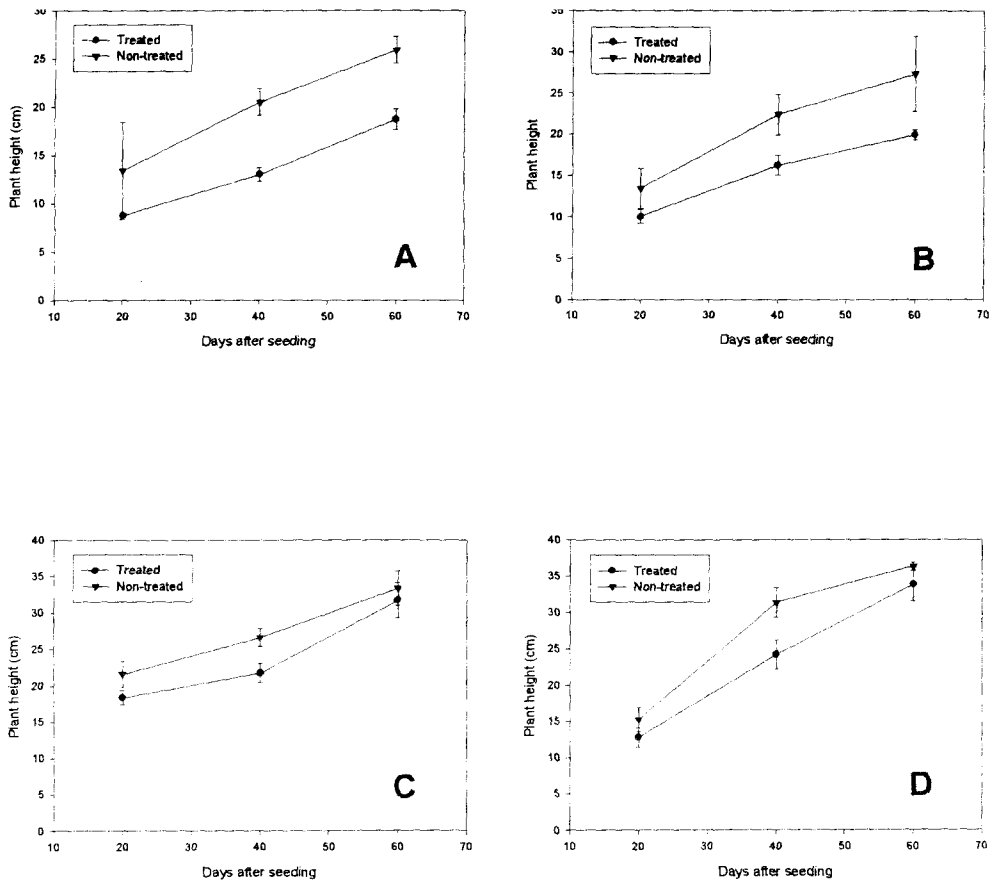


Fig. 1. Effects of copper-coated plug tray on plant height of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop (Pepper) B: Nokkwang (Pepper)

C: Suekwang (Tomato) D: Youngkwang (Tomato)

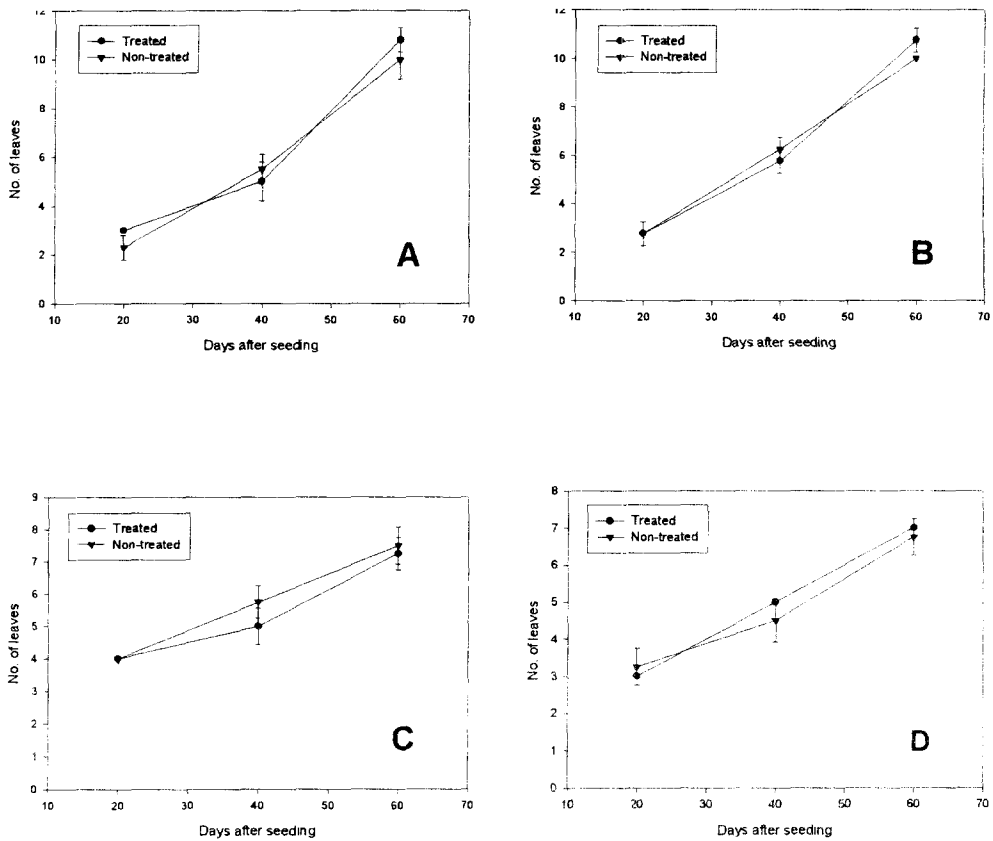


Fig. 2. Effects of copper-coated plug tray on leaf number of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop(Pepper) B: Nokkwang(Pepper)

C: Suekwang(Tomato) D: Youngkwang(Tomato)

경경은 고추와 토마토의 각각의 품종 사이의 생육이 서로 다른 경향을 나타내었다. 다보탑(A)은 20일 묘에서 구리처리구와 무처리구의 경경이 0.1cm로 같았으나 생육이 진행되면서 무처리구의 경경이 구리처리구에 비해 더욱 높게 나타났고, 생육후기로 갈수록 구리처리구의 경경 생장율이 촉진되어 60일 묘에서는 0.29cm로 같은 결과를 나타내었다. 녹광(B)은 다보탑과 마찬가지로 20일 묘에서는 경경이 같았으나 생육중

기부터 구리처리구에서 빠른 성장율을 보여 무처리구에 비해 구리처리구에서 경경 생장율이 더 우수함을 알 수 있었다. 서광(C)은 20일 묘부터 구리처리구에서 우수한 생육을 보였고, 영광(D)은 생육초기에는 차이가 없었으나 20일 묘 이후부터 급격한 성장율로 구리처리구의 경경이 더 우수함을 알 수 있었다(Fig. 3). 생체중은 고추의 경우 두 품종의 지상부 생육(Fig. 5)은 구리처리구와 무처리구에서 비슷한 경향을 나타내었으나, 지하부 생육(Fig. 6)의 차이로 인해 전체 생체중은 품종간에 차이를 보였다. 다보탑(A)은 근중이 무처리구에 비해 구리처리구에서 낮게 나타나 결과적으로 다보탑의 생체중은 구리처리구가 무처리구에 비해 낮은 결과를 보였고, 녹광(B)은 지상부 생육은 구리처리구에 비해 무처리구에서 좋게 나타나고, 지하부 생육은 반대로 구리처리구에서 좋게 나타나 전체적인 생체중은 구리처리구와 무처리구에서 거의 같은 결과를 나타내었다. 토마토는 고추와는 달리 구리처리구에서 생육후기로 갈수록 지상부와 지하부의 생육이 모두 우수하여 생체중이 구리처리구에서 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났(Fig.4). 지상부 생육은 고추의 경우 두 품종 모두 육묘기 전반에 걸쳐 구리처리구와 무처리구가 거의 같은 무게를 나타내었으나, 초장과 지상부 무게를 비교하면 구리처리구의 지상부 조직이 더욱 치밀할 것이라고 판단된다(Fig. 1, 5). 토마토의 지상부 생육은 생육초기에 구리처리구와 무처리구에서 비슷한 생육을 보였으나 생육후기로 갈수록 구리처리구에서 생육이 촉진되는 경향을 나타내었다. 이는 구리처리구에서 육묘한 묘가 초기 식물생장율은 낮지만 생육이 진행됨에 따라 지상부 생육이 증가한다는 Svenson 등(1995)의 보고와 일치하였다(Fig. 5). 지하부 생육은 고추의 경우 두 품종 모두 20일 묘와 40일 묘에서 무처리구에 비해 구리처리구의 근중이 낮게 나타났으나, 60일 묘에서는 다보탑(A)과는 달리 녹광(B)에서 무처리구에 비해 구리처리구의 근중이 급격히 증가하여 결과적으로 구리처리구의 근중이 더 높은 결과를 나타내었다. 이는 다보탑에 비해 녹광이 구리처리에 더욱 민감하게 반응하여 잔뿌리 발생량이 더 많아진 것으로 사료되며, 또한 뿌리가 구리처리에 반응하는 결과가 품종에 따라 다른 것으로 판단된다. 토마토의 근중은 두 품종 모두 생육초기에는 무처리구의 근중이 구리처리구의 근중과 같거나 다소 높았으나 생육후기로 갈수록 즉, 육묘일수가 길어짐에 따라 구리처리구의 근중이 높게 나타나 구리처리구에서 잔뿌리 발생량이 많아졌음이 확인되었다(Fig. 6).



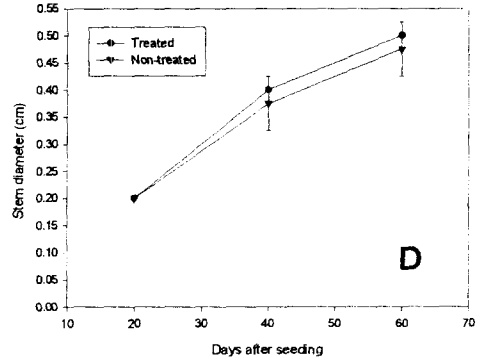
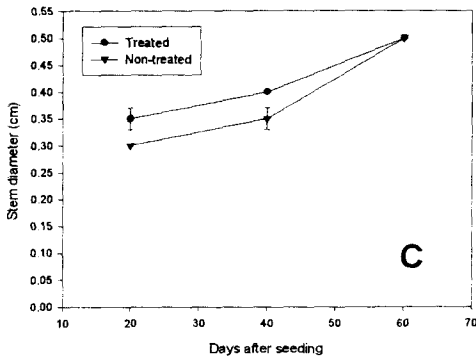
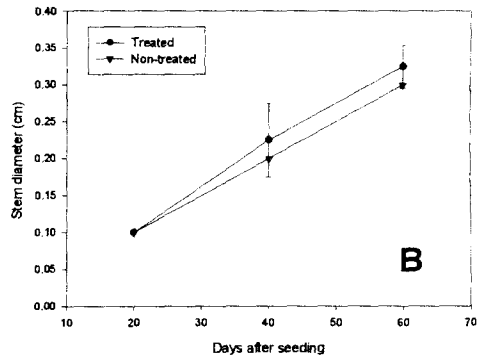
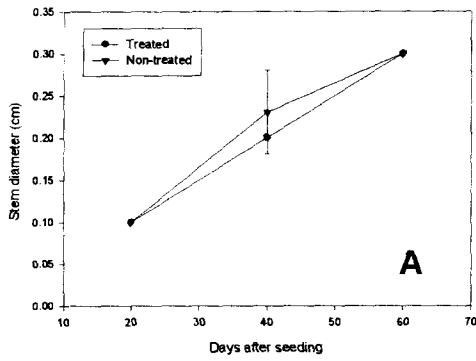


Fig. 3. Effects of copper-coated plug tray on stem diameter of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop (Pepper) B: Nokkwang (Pepper)

C: Suekwang (Tomato) D: Youngkwang (Tomato)

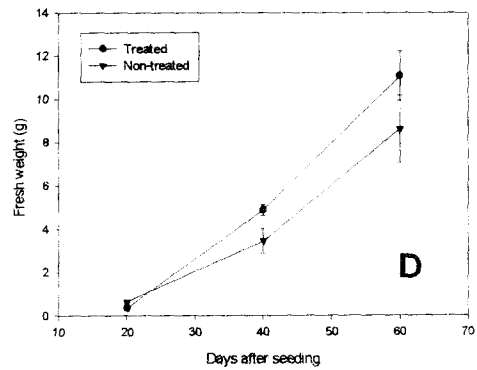
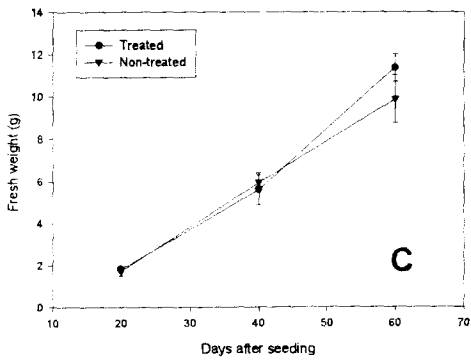
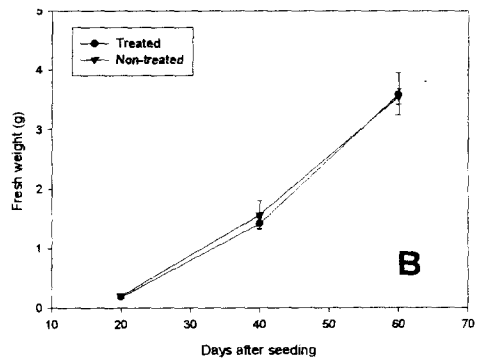
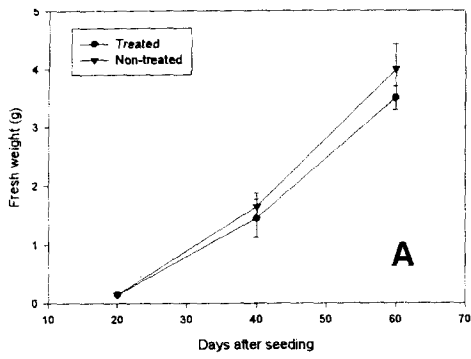


Fig. 4. Effects of copper-coated plug tray on fresh weight of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop (Pepper) B: Nokkwang (Pepper)

C: Suekwang (Tomato) D: Youngkwang (Tomato)

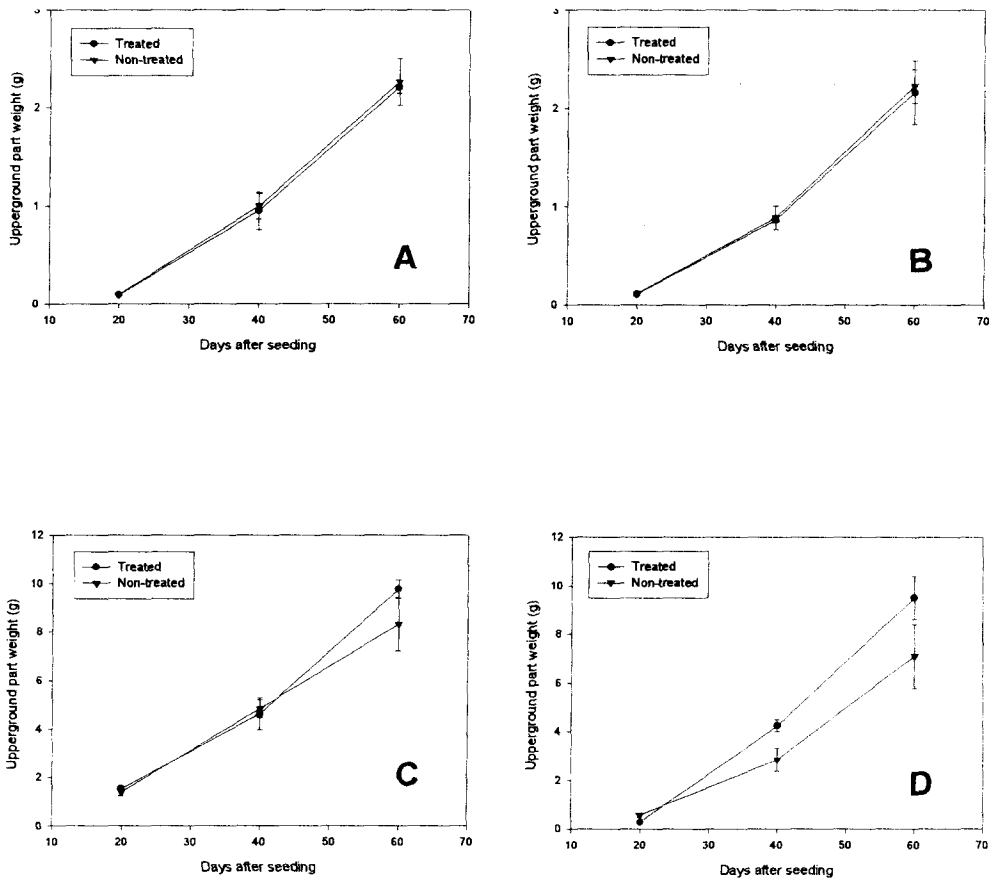


Fig. 5. Effects of copper-coated plug tray on upperground part weight of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop(Pepper) B: Nokkwang(Pepper)

C: Suekwang(Tomato) D: Youngkwang(Tomato)

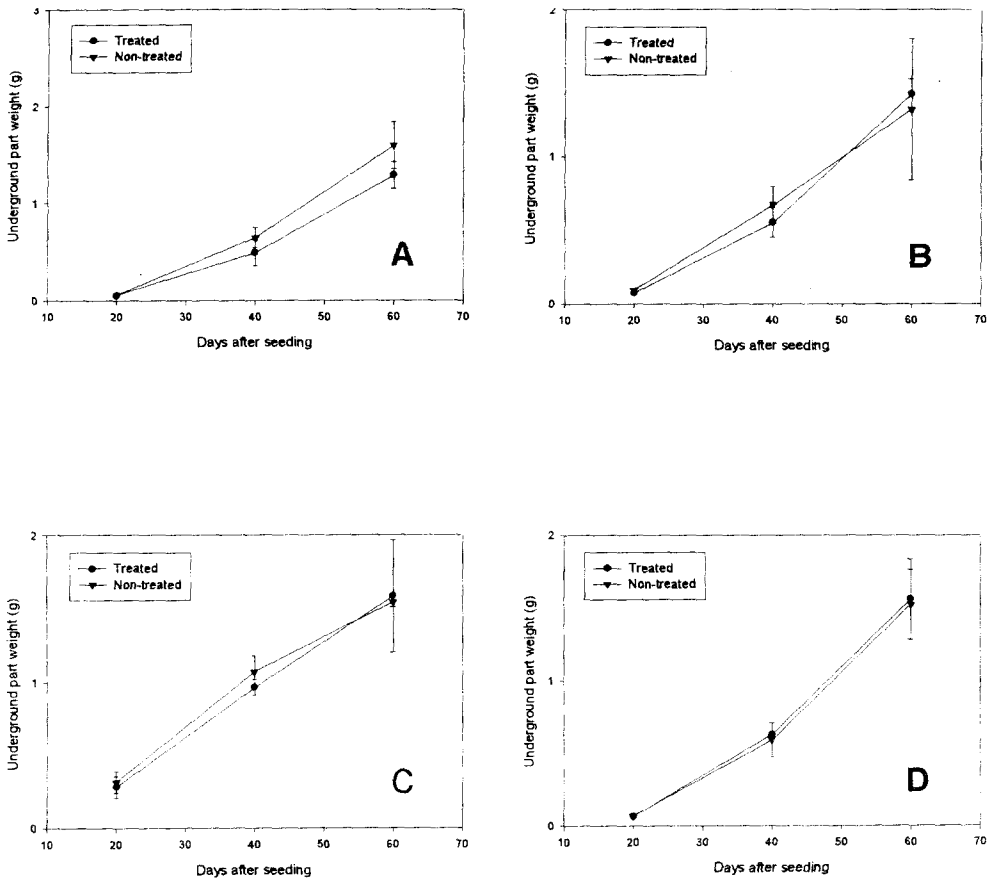


Fig. 6. Effects of copper-coated plug tray on underground part weight of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop(Pepper) B: Nokkwang(Pepper)

C: Suekwang(Tomato) D: Youngkwang(Tomato)

지상부와 지하부의 건물중은 Fig. 7, 9와 같다. 전체적으로 지상부와 지하부의 생체 중과 비슷한 경향을 보였으나, 고추의 경우 60일 묘의 지상부 건물중은 지상부 생체 중에 비해 더 큰 폭의 증감을 나타내었고, 토마토의 서광은 40일 묘에서 지상부 생체

중이 구리처리구가 무처리구에 비해 작게 나타난 반면, 건물중은 구리처리구가 더 높게 나타났다. 이는 생체중 측정시 동일한 방법으로 물기를 제거하였으나 약간의 오차가 있었던 것으로 생각된다.

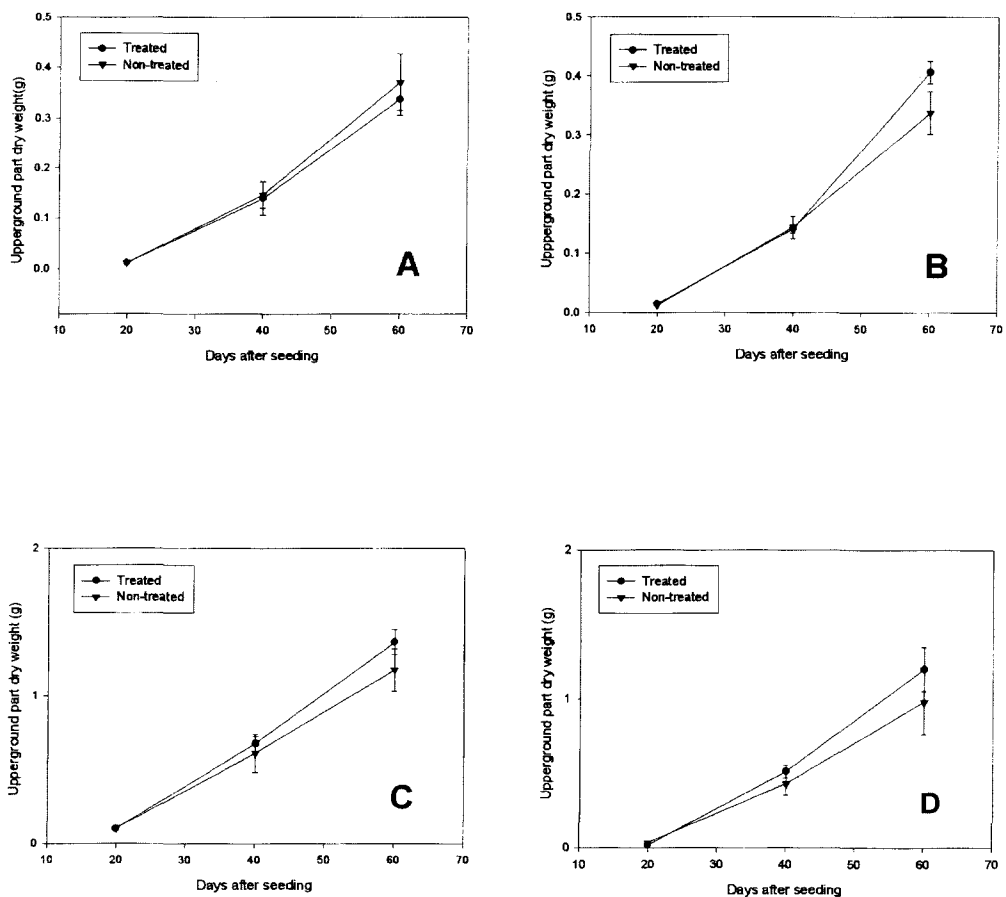


Fig. 7. Effects of copper-coated plug tray on upperground part dry weight of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop (Pepper) B: Nokkwang (Pepper)

C: Suekwang (Tomato) D: Youngkwang (Tomato)

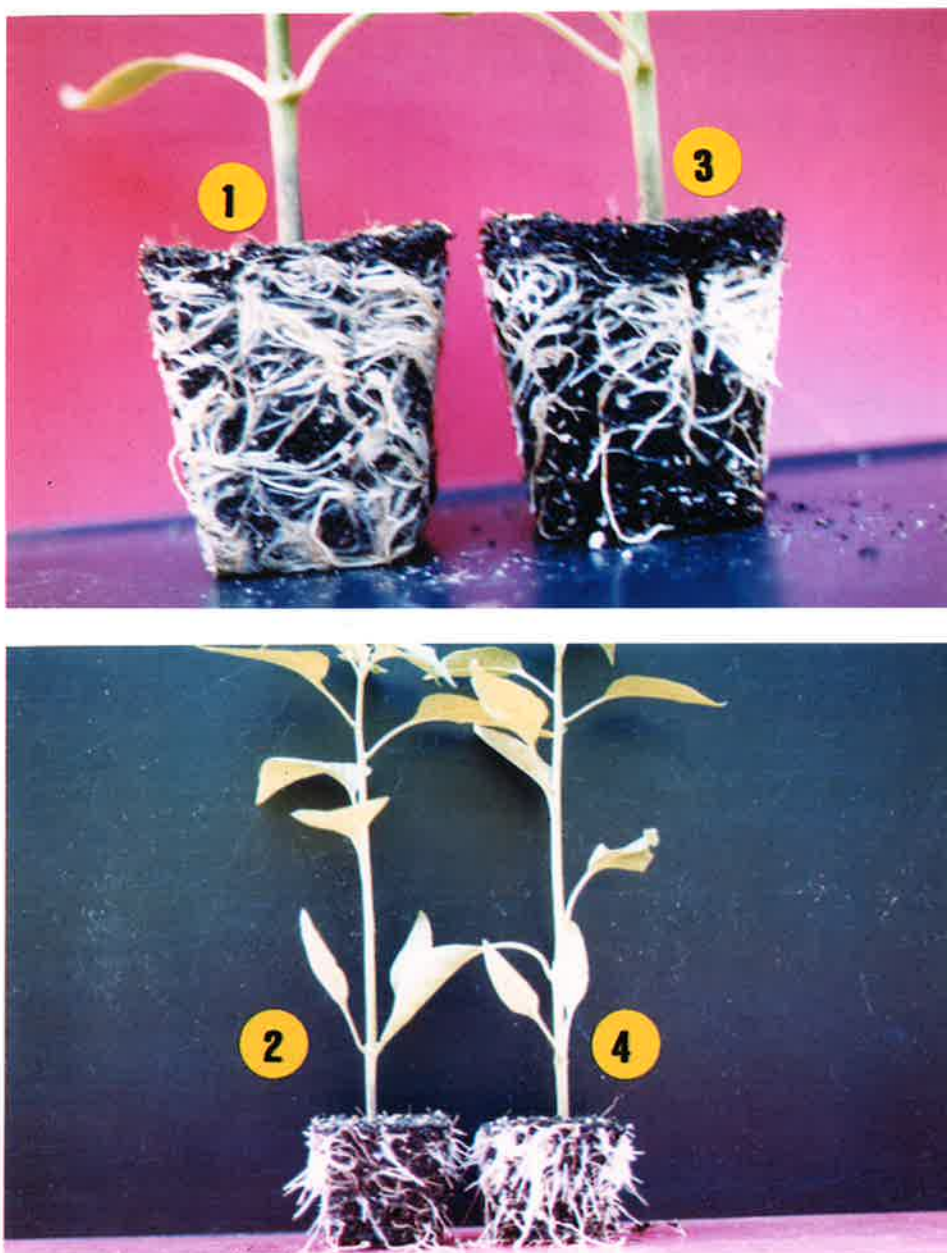


Fig. 8. Effect of copper-coated plug tray on root morphology of pepper seedling. Seedlings grown 70 days in tray coated with compounding chip containing copper and general plug tray without copper. 1: control, 2: control after transplanting, 3: treatment with copper, 4: treatment with copper after transplanting.

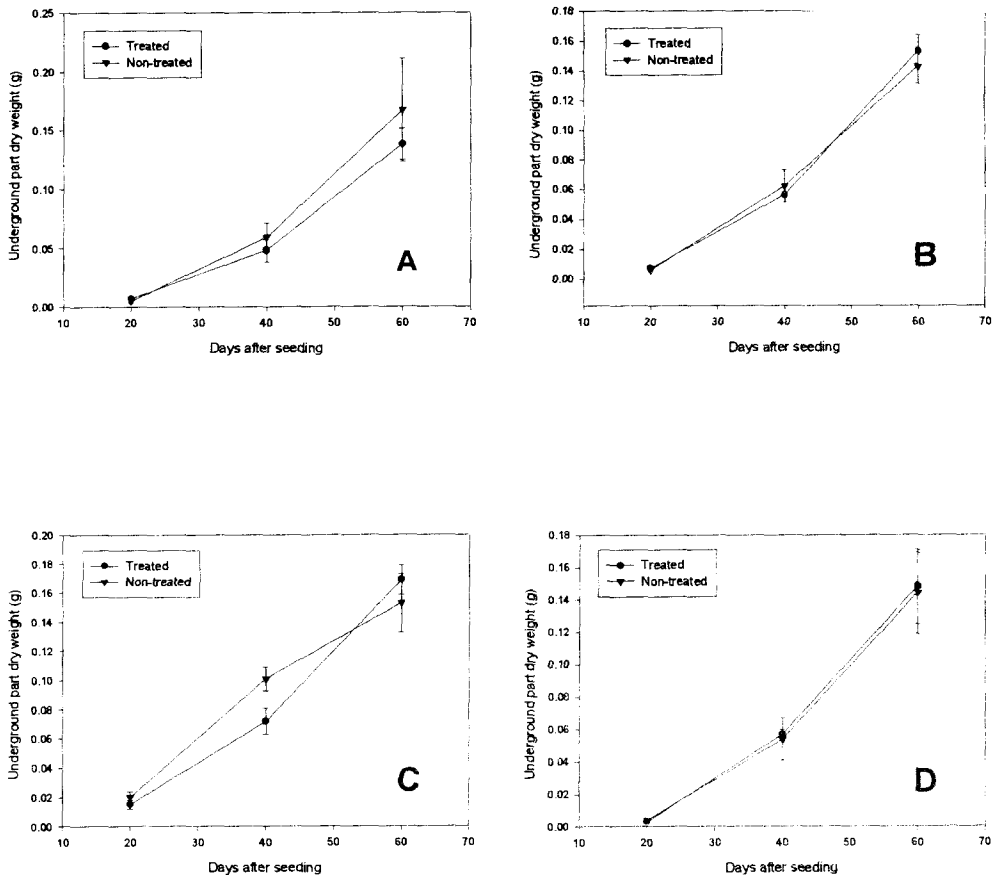


Fig. 9. Effects of copper-coated plug tray on underground part dry weight of pepper and tomato seedling.  
 A: Dabotop(Pepper) B: Nokkwang(Pepper)  
 C: Suekwang(Tomato) D: Youngkwang(Tomato)

근장은 고추와 토마토의 모든 품종에서 비슷한 경향을 나타내었다(Fig. 10). 무처리구의 근장은 생육기간이 길어질수록 뿌리신장율이 더욱 커지고, 구리처리구의 근장은 무처리구에 비해 현저히 짧게 나타났다. 이는 트레이에 코팅된 구리의 영향으로 뿌리가 신장하다가 트레이 벽면에 닿으면 기부우세성이 생겨 뿌리의 길이 신장이 멈춰 결

국은 구리처리구에서 육묘시 가장 문제가 되는 뿌리돌림이 확실하게 억제되었다는 것을 의미한다. 고추와 토마토의 뿌리호흡 변화는 Fig. 11과 같다. 다보탑은 무처리구에 비해 구리처리구에서 호흡량이 높게 나타났고, 반대로 영광은 구리처리구에 비해 무처리구에서 더 높은 호흡량을 나타내었다. 이는 구리처리를 하면 호흡량이 감소한다는 기존의 연구결과(McBrien 등, 1967)는 있으나, 본 실험에서는 구리처리구와 무처리구간의 상관관계가 없는 것으로 판단된다.

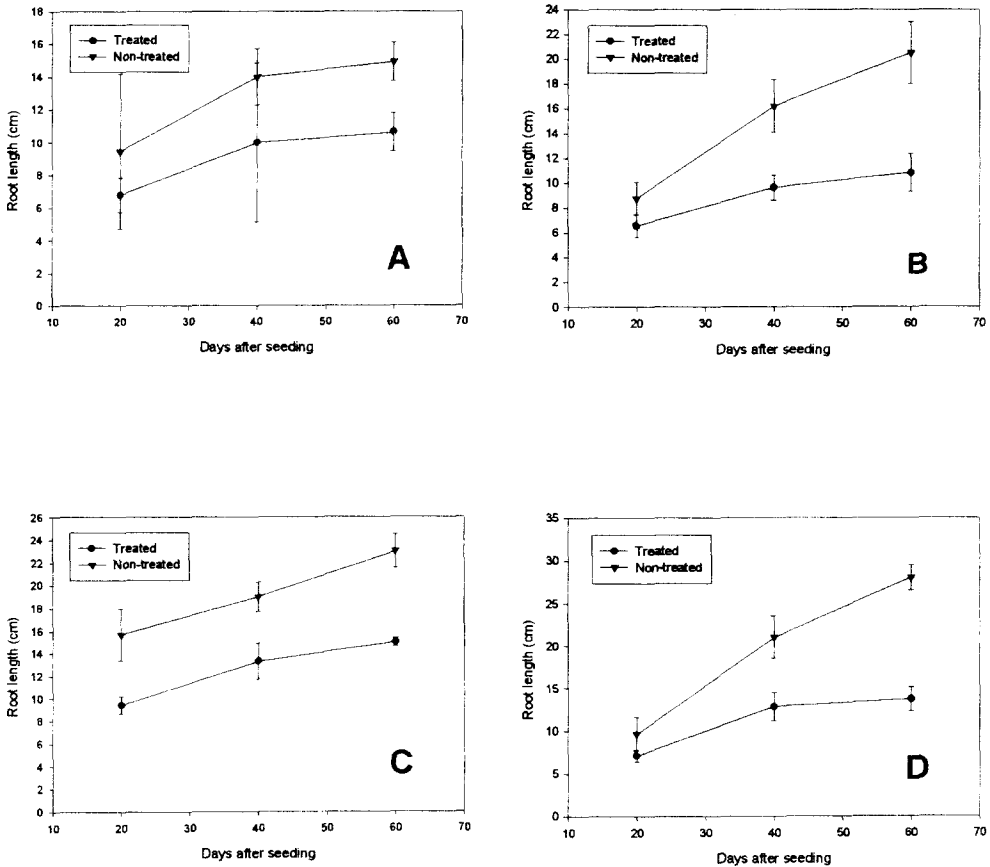


Fig. 10. Effects of copper-coated plug tray on root length of pepper and tomato seedling.

A: Dabotop(Pepper) B: Nokkwang(Pepper)  
 C: Suekwang(Tomato) D: Youngkwang(Tomato)



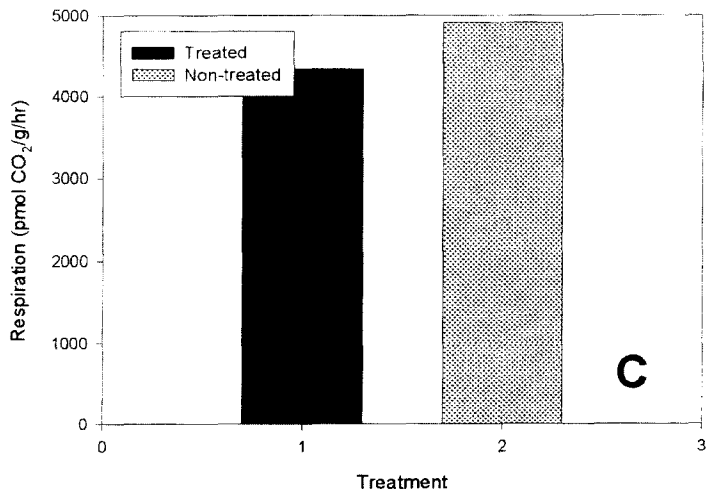
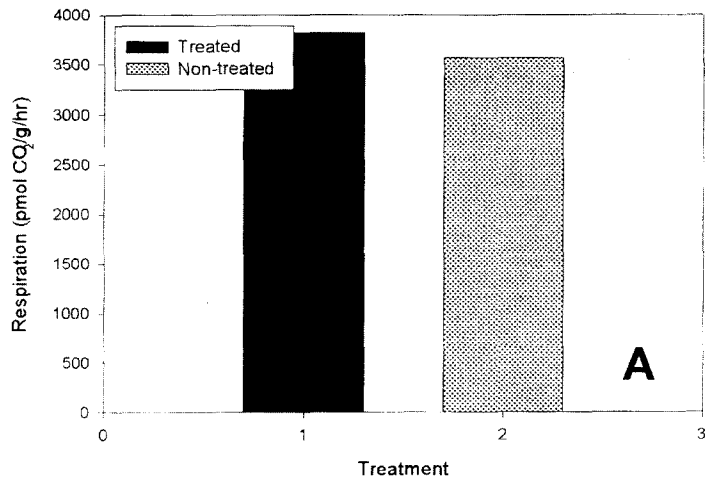


Fig. 11. Effects of copper-coated plug tray of respiration of pepper and tamato seedling.

A: Dabotop(Pepper) C: Suekwang(Tomato)

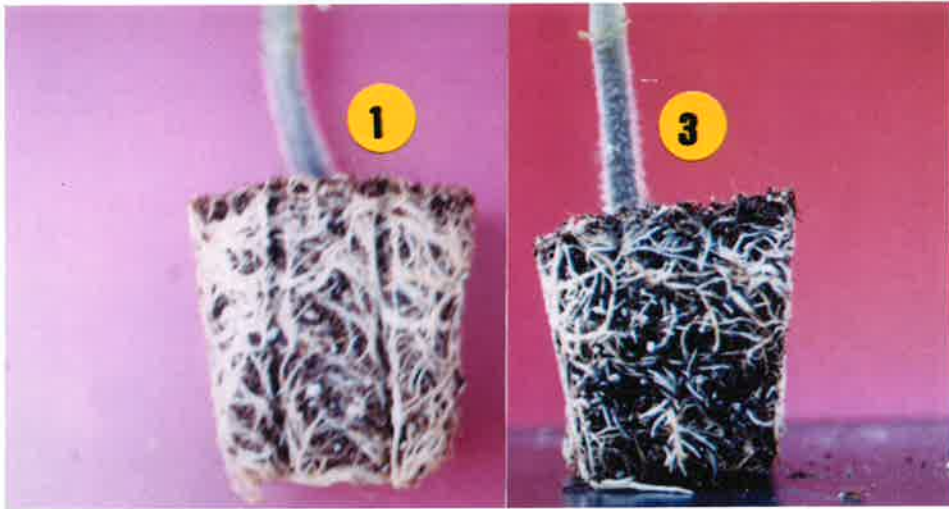


Fig. 11. Effect of copper-coated plug tray on root morphology of tomato seedling. Seedlings grown 70 days in tray coated with compounding chip containing copper and general plug tray without copper. 1: control, 2: control after transplanting, 3: treatment with copper, 4: treatment with copper after transplanting.

#### 나. 고추와 토마토의 수확후 생육반응

수확후 생육반응은 근계생육조절제(구리화합물)가 서로 다른 농도로 표면코팅 처리된 A, B, C, D 플러그 트레이와 일반 트레이를 사용하여 육묘한 묘를 정식한후 20일간격으로 조사하였다.

고추의 수확후 생육반응은 Table 1, 2와 같다. 다보탑은 무처리구의 초장 68.8cm에 비해 모든 구리처리구에서 높게 나타났다. 과경은 구리처리구와 무처리구간의 큰 차이는 없었으나 무처리구에 비해 A처리구에서 0.1cm 정도 더 크게 나타났다. 과장 역시 A처리구가 가장 우수하여 무처리 11.9cm에 비해 0.8cm 더 길게 나타났다. 주당 과실수는 무처리가 40.9개로 가장 높게 나타났고, A처리구가 37.6개로 가장 적게 나타났으나, 과실 한 개당 과중이 A처리구가 14.1g으로 가장 높게, 무처리구가 가장 낮게 나타나 전체적인 수량을 비교하였을 때 A처리구가 무처리구에 비해 약 6.3% 이상 증가한 것으로 나타났다(Table 1). 녹광은 무처리구의 초장이 처리구에 비해 평균적으로 작게 나타났고, 과경과 과장은 B처리구가 가장 우수하였다. 주당 과실수는 무처리구 26.0개에 비해 A처리구는 31.1개로 가장 많았고, 과실 한 개당 과중은 무처리구 14.2g에 비해 A처리구는 13.5g으로 0.7g 정도 더 작게 나타났다. 그러나 전체수량은 과중이 적었음에도 불구하고 주당 과실수가 가장 많은 A처리구의 생육이 가장 우수하여 약 8.5% 이상 증가하였다(Table 2).

토마토의 수확후 생육반응은 Table 3, 4와 같다. 영광의 주당 과실수는 A처리구를 제외하고 무처리구 10.0개에 비해 모든 구리처리구에 높은 경향을 보였다. 과실 한 개당 과중은 전체 처리구 중에서 무처리구가 273.2g으로 가장 높았고, D처리구가 260.1g으로 구리처리구중에서 가장 높게 나타나, 전체수량은 무처리구 4,050kg에 비해 D처리구는 4,500kg으로 약 11.1% 이상이 증가하였다. 또한 구리처리구에서 무처리구에 비해 기형과 발생율이 억제되는 것이 관찰되었다(Table 3). 서광의 주당과실수는 무처리구가 13.0개로 B처리구 13.1개와 비슷한 결과를 나타냈으나 과실 한 개당 과중은 무처리구가 216.3g에 비해 B처리구는 237.3g으로 나타나 전체수량은 B처리구가 무처리구에 비해 약 10.7% 증수효과를 나타냈다. 기형과 발생율은 B처리구에서 무처리구에 비해 다소 낮게 나타났으나 다른 구리처리구에서는 무처리구와 비슷하거나 높게 나타났다(Table 4).

Table 1. Effects of plug tray coated with different concentration of copper on growth of pepper cultivar 'Dabotop'.

Treatment	Plant height (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit length (cm)	Fruits (No./plant)	Fruit weight (g/each)	Fruit dry weight (g/each)	Yield (kg/10a)
A <sup>2</sup>	78.7	2.2	12.7	37.6	14.1	2.7	795.3
B	70.6	2.1	12.4	39.1	12.6	2.4	739.1
C	82.3	2.0	11.7	38.3	12.5	2.5	718.2
D	73.6	2.0	11.9	39.6	12.7	2.4	754.4
E	68.8	2.1	11.9	40.9	12.2	2.5	748.5

<sup>2</sup>A-D: Plug tray coated with different concentration of copper

E: Control

Table 2. Effects of plug tray coated with different concentration of copper on growth of pepper cultivar 'Nokkwang'.

Treatment	Plant height (cm)	Fruit diameter (cm)	Fruit length (cm)	Fruits (No./plant)	Fruit weight (g/each)	Fruit dry weight (g/each)	Yield (kg/10a)
A <sup>2</sup>	75.1	2.0	11.9	31.1	13.5	2.5	832.4
B	74.1	2.2	12.5	23.9	14.6	2.8	742.4
C	69.7	2.1	11.5	29.0	12.9	2.4	754.7
D	75.7	2.1	12.3	26.4	13.6	2.6	742.5
E	70.9	2.1	12.2	26.0	14.2	2.7	766.8

<sup>2</sup>A-D: Plug tray coated with different concentration of copper

E: Control

Table 3. Effects of plug tray coated with different concentration of copper on growth of tomato cultivar 'Youngkwang'.

Treatment	Fruits (No./plant)	Fruit weight (g/each)	Abnomal fruit (%)	Yield (kg/10a)
A <sup>z</sup>	8.0	258.8	2.5	3,150
B	11.4	234.3	1.7	4,050
C	11.8	228.5	10.2	4,050
D	11.4	260.1	5.3	4,500
E	10.0	273.2	14.0	4,050

<sup>z</sup>A-D: Plug tray coated with different concentration of copper

E: Control

Table 4. Effects of plug tray coated with different concentration of copper on growth of tomato cultivar 'Suekwang'.

Treatment	Fruits (No./plant)	Fruit weight (g/each)	Abnomal fruit (%)	Yield (kg/10a)
A <sup>z</sup>	12.3	222.3	4.9	4,050
B	13.1	237.3	3.8	4,650
C	14.6	209.5	4.1	4,650
D	12.6	209.3	6.3	3,900
E	13.0	216.3	4.6	4,200

<sup>z</sup>A-D: Plug tray coated with different concentration of copper

E: Control

## 제 4 절 업체류용 플러그트레이 제작 연구내용

### 1. 서 언

전술한바와 같이 기존의 트레이 사용시 문제되고 있는 뿌리돌림현상을 억제하기 위하여 트레이에 근계조절제를 박막코팅하는 방식으로 새로운 근계 조절용 플러그 트레이를 개발하였다. 그 첫단계로 우선 업체류에 적용 가능한 트레이를 개발하는 것에 연구를 집중하였다. 업체류는 트레이에서의 성장기간이 3개월이내의 단기작물로 단기간에 근계조절력이 탁월하여야하며 근계조절력이 너무 과다하게되면 뿌리성장자체가 문제시됨으로써 적절하고 일정한 근계조절제의 용출이 중요시된다. 그러나 새로운 공정을 도입하게되면 신규 투자가 과도하게 되며 따라서, 기존의 트레이 제조공정을 참조하여 신규 설비투자를 극소화하면서 근계 조절이 되는 기능성 트레이를 개발하고자 제조공정에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과 현재 일부 이중색 및 광택용트레이 및 용기제조시에 사용되고 있는 다층막시트제조법, 단층트레이제조시에 근계조절제를 첨가하는 방식 및 스프레이.페인트방식에 의한 표면코팅법 등 몇몇 가능성 있는 공정이 고려되었고 이것을 바탕으로 하여 근계 조절성분, 가공시 필요한 첨가제 및 레진 특성 등을 연구하여 가공성 및 근계 조절성분의 리칭성이 동시에 만족되는 시스템을 개발하여 시제품을 제작하였다.

### 2. 연구내용

가. 플라스틱 플러그 트레이의 표면 가공 공정 및 코팅 조성물 특성 연구

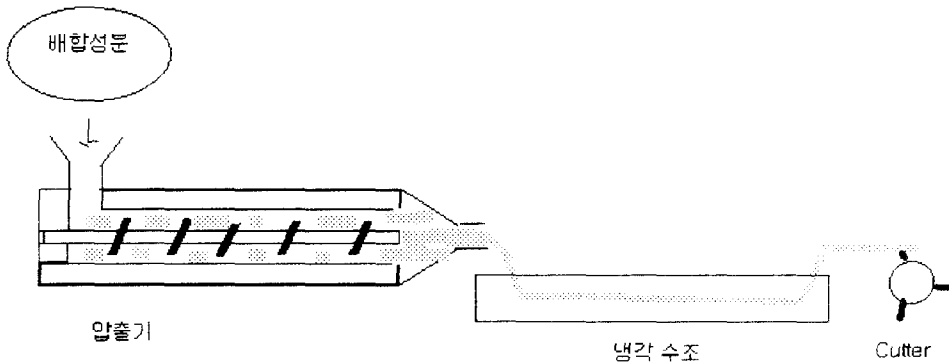
#### 1) 표면 가공 공정

##### 1-1) 다층 코팅 공정

##### a) 펠렛화 공정(컴파운드 공정)

본 과제에서 도입한 다층 코팅방법은 먼저 근계 생육 조절제를 폴리스티렌수지와 적정비율(폴리스티렌대비 1에서 50 w %)로 압출기(Extruder; Twin Screw)를 사용하여 200 - 300 °C 에서 가열 용융후 혼용하여 펠렛화하는 공정이다. 이 공정은 차후 최종 플러그 트레이 제조시에 나타나는 물성과 유사한 경향을 나타내므로 모델테스트로서 중요하며 생육조절제의 물성효과에 절대적인 영향을 미치므로 가장 중요한

단계라고 할 수 있다. 이 단계에서 폴리스티렌수지와 근계 조절제의 혼용도 및 근계 조절제의 리칭특성을 조사할 수 있고 내열성 및 가공성을 검증 할 수 있어 제품 개발의 핵심단계이며 기술 know-how가 집중되어 있다고 하겠다. 펠렛화 실험은 압출기를 사용하여 제조하였다. 압출기는 크게 feeding zone, mixing zone, die zone으로 나눌 수 있는데 feeding zone은 각 배합물을 단순히 혼합한 후 압출기에 주입, 가열 용융시키는 부분이며 Mixing zone은 용융된 배합물을 적절히 혼용시켜 균일한 분포를 갖게하며 die zone은 원하는 모양으로 용융물을 압출하는 곳이 되는데 die를 통과한 용융물은 냉각수를 통과하면서 딱딱한 고상물로 되면서 cutting되어 펠렛이 제조되게 된다. 각 영역마다 적절한 범위로 가열하여 레진배합특성이 최적화되게 하였다. 일반적인 가열온도는 200 - 400 °C로 하였고 압출속도를 일정하게 유지하여 펠렛특성을 균일화 하였다.

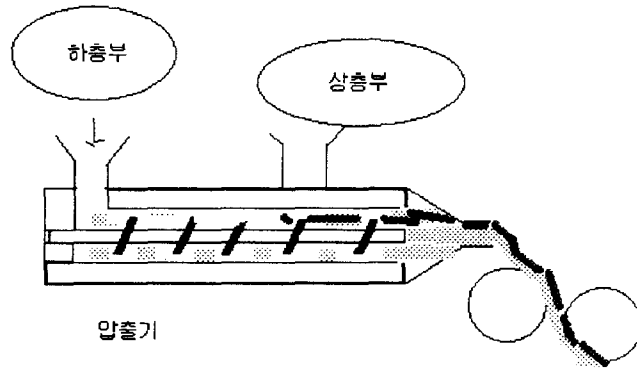


#### b) 시트 제조 공정

근계 생육 조절제가 함유한 펠렛을 원단표면에 코팅하여 다층시트를 제조하는 공정으로 펠렛화 공정에서 사용한 압출기와는 기본적으로는 동일하나 다이부분이 시트형태의 원단을 제조하기 위하여 T형 다이로 구성되어 있고 용융된 수지들이 압출기내의 스크루에서 다이로 전송되는 과정이 하단부와 상단부로 분리되어있어 사용한 펠렛의 종류에 따라 시트의 하단부 및 상단부로 선택적으로 압출이 가능하게 되어 다

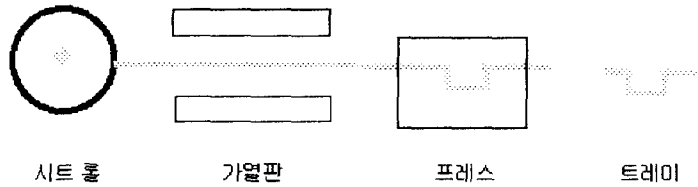
층 시트의 제작이 가능하게 된다. 시트두께는 카렌더방식의 공정으로 카렌더간의 간격조정으로 조절할 수 있었고 최종적으로 시트간의 접착을 방지하기 위해 이형제를 코팅하여 시트 제조를 완성하였다. 일반적인 가공온도는 200 - 400 °C정도로 하였으며 기존의 수지(폴리스티렌)를 바탕층으로 하고 그위에 근계조절제가 함유한 레진조성물을 코팅하여 근계조절효과가 극대화되게 설계, 제조하였다. 본 과제에서는 이층구조를 이루고 있으나 현재 다층용 압출기로는 7층막 이상이 가능한 압출기도 개발되어 있으나 이 경우에는 압출기 가격이 상당히 비싸며 제조단가도 높아지므로 특수 포장제에서만 현재 일부 상용화되고 있다. 본 과제에서는 이층시트로도 충분히 근계조절효과를 나타낼 것으로 검토되어 경제성 효과와 부합되어 이층구조에 집중개발을 시도하였다. 이층구조에서 하단부는 어느정도의 두께를 유지하여 시트의 물리적 및 기계적특성 예를 들어, 인장강도, 충격강도, 내열성 및 내후성 등이 일정수준이상의 기존의 트레이용 시트와 동등한 물성을 갖게하게 하며 상단부는 근계조절제를 폴리스티렌 수지와 혼용하여 하단부위 위에 박막으로(두께 : 1에서 200미크론)코팅하여 시트에서의 기계적특성보다는 근계조절효과에 집중하도록 하였다. 한편 상단부에 근계조절제와 폴리스티렌수지를 혼용하여 코팅한 이유는 근계조절제 자체로는 물리적 특성상 박막으로 만들 수 없고 폴리스티렌수지는 원단의 바탕층에 사용하는 수지와 동일하여 하단부와 상단부의 계면에서의 상분리나 접착불량이 최소화되어 우수한 시트 물성을 나타내기 때문이다. 이 공정은 기존의 고풍택 플러그 트레이생산공정과 동일하여 공정 최적화작업이 용이하며 상단부의 조성물변화에 따른 시트특성을 조사하여 고품질의 시트를 개발하는 것이다. 이 단계에서는 주로 시트제조시에 상단부에 코팅한 코팅층의 표면 균일도 및 근계조절제가 원단표면에 균일하게 분포되어 있는지를 검토하는 것인데 공정조건 변화에 의한 균일도의 향상은 일부 가능하지만 큰 차이는 없고 주로 펠렛단계에서의 조성물 특성에 의해 좌우되므로 문제발생시 펠렛제조시 배합조건을 변화시켜 표면특성을 개선하는 방법을 사용하였다.





### c) 프레스 공정

프레스공정은 제조한 시트를 고온에서 부분용융시킨 후 진공압착하여 원하는 모양으로 성형하는 것이다. 이것은 단시간에 다량의 용기를 제조할 수 있어 이미 기존에 플러그 트레이 및 각종 플라스틱 용기 제작에 많이 사용되어온 공정인데 본 연구에서도 기존의 장비 가공조건에서 크게 벗어나지 않게 실험을 실시, 최적화하여 공정을 단순화시켰다. 가공온도는 200 - 400 °C로 조절하면서 프레스를 하여 육묘용기를 제조하였다. 본 공정은 가열단계와 진공성형단계로 나눌 수 있는데 가열단계에서는 플라스틱 시트를 가열하여 시트에 유연성을 부과하고 다음단계인 진공압착단계에서 용기모양으로 진공압착한 후 펀치하여 플러그 트레이를 제작할 수 있게된다. 이 경우에는 근계조절제를 함유한 코팅층이 바탕층에 비해 박막이어서 가공공정의 미세변화에 의한 물성변화가 거의 없어 이 단계에서의 공정특성효과는 극히 작게되며 전 단계인 펠렛 및 시트공정에서 기본적인 물성을 점검할 수 있어 최종 육묘특성 점검을 위한 용기제작에 의미가 있으며 이미 기존공정을 그대로 사용해도 거의 문제가 없었다.



### 1-2) 단층 시트 공정

단층 시트공정은 기존의 범용 플러그 트레이와 동일한 공정을 사용하는데 배합물 특성상 단순히 폴리스티렌수지를 사용하지 않고 폴리스티렌수지에 근계 조절제를 함유한 수지를 가공하여 제작된 플러그 트레이를 말한다. 기본적인 공정은 전술한 다층 막 구조와 거의 동일한데 시트제조공정에서 다층형 압출이 아니고 단층형 시트제조라 점에서 차이가 있고 그 외에는 가공온도나 가공조건들에서 미세 변화가 있으나 거의 일치된 공정법을 사용할 수 있다. 그러나 이 공정은 상대적으로 고가인 근계 생육 조절제가 두터운 시트내에 고루 분포되어 있어 경제적으로 불리하며 근계 조절효과는 일반적으로 용기표면에서 거의 대부분 일어나므로 효율적인 측면에서도 바람직하지 않는 방식이 되어 본 과제 1차 년도에서는 더 이상의 실험은 실시하지 않았다. 그러나, 원단이 시트방식이 아닌 필름형태일 경우에는 필름의 두께가 얇으므로 공정방식이 간편한 단층 막 코팅방식도 검토할 수 있는 공정법이다.

### 1-3) 스프레이 및 페인팅 공정

스프레이 및 페인트 공정법은 기존의 방식으로 제작된 플러그 트레이를 필요시 사용할때마다 스프레이나 페인트방식으로 표면에 근계조절제를 코팅하여 사용하는 방식인데 이것은 이미 미국에서 시제품이 출시된 상황이고 국내의 육모시장은 소규모의 단일 농가에서도 수천장에서 수만장을 사용하므로 수요자가 필요할 때 마다 코팅한다는 것은 거의 불가능한 형편이다. 또 다른 방식으로는 제조사에서 코팅된 제품을 판매하는 방식이 있는데 이 경우에는 기존의 플러그 트레이 제조 공정에 추가로 코팅설비가 요구되며 코팅층이 플러그 트레이와의 밀착성이 전술한 이층막이나 단층막보다는 떨어질 수 밖에 없어 운반시 혹은 보관시 코팅층이 손상될 수 있고 트레이의 표면

굴곡성으로 균일한 코팅이 어려움으로 효율이 저하되게 된다. 따라서 본 과제에서는 이 방식의 공정은 제조공정이 추가되고 최종 제품의 물성도 전술한 다층막에 비해 떨어지므로 더 이상의 연구는 수행하지 않았다.

## 2) 코팅 조성물들에 대한 연구

### 2-1) Cu계 식물 근계조절제

전술한 바와 같이 본 연구개발에서 제조하고자하는 육묘용기는 기존의 페인트나 스프레이방식과는 달리 용기자체에 식물근계조절제를 박막 코팅함으로써 일반 수요자들의 이용에 용이하도록 하는데 주안점을 주었다. 그런데 일반적인 용기제조공정은 먼저 폴리스티렌수지를 200 - 400 °C정도의 고온에서 용융시켜 시트형으로 제조한 후 역시 같은 온도에서 프레스를 하여 원하는 모양을 만들 수 있게 된다. 따라서, 근계식물조절제도 이와 같은 고온공정에서 분해되지 않는 열안정성을 갖는 재료가 요구되어 각종 열안정성 시험과 문헌조사 등을 통하여 적합한 Cu계 근계조절제를 선정하였다. 식물 근계 조절제로는 다양한 Cu계 화합물들이 알려져 있는데 예를 들어  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuI}$ ,  $\text{CuBr}$ ,  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OAc})_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$  및  $\text{CuCl}$  등이 알려져 있다.

### 2-2) 식물 근계 조절제와 플라스틱 수지와의 혼용성

식물근계조절제와 수지와의 혼용성은 시트제조 후 수지에 근계조절제를 균일하게 분포시키기 위한 중요한 물성이며 이것은 제조된 시트의 강도에도 중요한 역할을 하게된다. 먼저 PS수지와 근계조절제를 일정비율로 배합하고 혼용제를 사용하지 않은 경우와 일정량의 혼용제를 소량 사용하였을 경우를 비교하여 혼용뒤에 특성을 전자현미경을 통해 분석하여보았다. 근계 조절제와 폴리스티렌과의 혼용실험은 고온에서 가열용융시켜 혼용하여야하는데 압출기를 이용한 방식은 각 배합물당 다량의 재료가 요구되며 여러 배합물의 특성을 조사하는데에 많은 시간이 소요됨으로 간단한 모델테스트방법으로 컴파운딩 장비를 사용하여 실험을 실시하였다. 믹싱 온도는 200 - 400에서 1 - 100분간 혼용한 후 물성을 조사하였다.

표 1. 혼용실험 I

실험번호	PS수지	근계조절제 (A-1)	혼용제
1	20	80	-
2	30	70	-
3	40	60	-
4	50	50	-
5	60	40	-
6	70	30	-
7	80	20	-
8	80	20	K-1(5)
9	70	30	K-1(5)
10	60	40	K-1(5)
11	50	50	K-1(5)
12	80	20	K-1(1)
13	70	30	K-1(1)
14	60	40	K-1(1)
15	50	50	K-1(1)
16	80	20	K-2(5)
17	70	30	K-2(5)
18	60	40	K-2(5)
19	50	50	K-2(5)
20	80	20	K-2(1)
21	70	30	K-2(1)
22	60	40	K-2(1)
23	50	50	K-2(1)

\* 가공조건 : 200 - 300 °C

표 2. 혼용실험 II

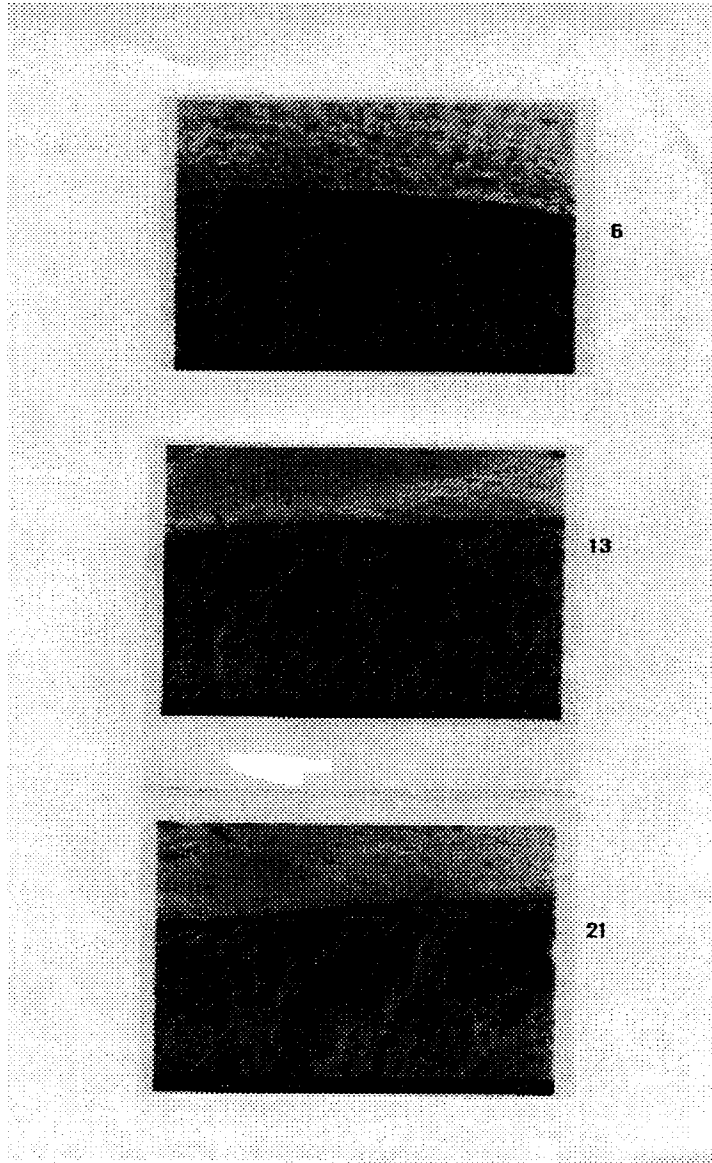
실험번호	PS수지	근계조절제 (A-2)	혼용제
24	50	50	-
25	60	40	-
26	70	30	-
27	80	20	-
28	80	20	K-1(5)
29	70	30	K-1(5)
30	60	40	K-1(5)
31	50	50	K-1(5)
32	80	20	K-1(1)
33	70	30	K-1(1)
34	60	40	K-1(1)
35	50	50	K-1(1)
36	80	20	K-2(5)
37	70	30	K-2(5)
38	60	40	K-2(5)
39	50	50	K-2(5)
40	80	20	K-2(1)
41	70	30	K-2(1)
42	60	40	K-2(1)
43	50	50	K-2(1)

\* 가공조건 : 200 - 300 °C

- 표면 특성 관찰 -

위 혼용실험에 의한 결과를 전자현미경으로 표면특성을 관찰하였다.

그 결과 예상한대로 혼용제를 사용하였을 경우 근계조절제와 수지와의 혼용성이 우수한 것으로 나타났으며 소량의 혼용제에서도 효과가 우수하게 나타났다. 이것은 혼용제가 수지와 근계조절제의 상분리 특성을 완하시키면서 근계조절제의 고른 표면분포에 탁월한 효과가 있음을 입증하였다. 실험 6의 경우 혼용제를 전혀사용하지 않았는데 전자현미경으로 관찰한 결과 근계조절제의 분포가 일부영역에서 균일도가 부분적으로 떨어지고 있으며 아울러 수지와는 확연히 상분리가 되어있었다. 그러나 실험 13, 21의 경우 각각 혼용제를 소량 사용하여 혼용하였는데 근계조절제의 분포가 수지내에 거의 균일하게 나타났고 수지와의 상분리현상도 크게 감소되어 있음을 확인하였다 (그림 1).



(그림 1)

#### 나. 근계 조절제로 코팅된 플라스틱 플러그 트레이의 리칭 조절 기술 개발

식물 근계 조절제를 함유한 수지(resin)로 제조한 트레이가 근계 조절 효과를 나타내기 위해서는 근계 조절제가 용기 표면에서 서서히 리칭되어야만 근계 조절효과를 극대화할 수 있다. 따라서 리칭속도는 근계 조절 효과를 나타낼 수 있는 핵심기술이며 리칭이 너무 느리거나 일어나지 않으면 조절 효과가 거의 없게되고 리칭이 너무 빠르면 초기 조절제 농도의 과다로 뿌리전체가 발육이 정지되거나 초기에만 효과나 나타나고 그후에는 전혀 조절력을 발휘하지 못해 장점이 없다고 하겠다. 본 과제에서는 리칭효과를 조사하기 위하여 중금속 분석기를 활용하여 측정하였는데 방법은 일정량의 물에 일정량의 근계 조절제가 함유한 수지 배합물을 함침시킨 후 상온에서 일정 시간 경과 후에 물속에 잔존하는 구리농도를 측정하여 리칭 효과 정도를 시간에 따라 조사하였다.

##### 1) 첨가제 및 수지조성비에 따른 리칭 특성

(근계 조절제 A-1을 사용한 경우 리칭 실험)

문헌 및 자료조사 결과 근계 조절제 A-1은 내열성이 우수하여 트레이 제조공정에서의 열분해나 변성이 거의 일어나지 않을 것으로 평가되어 A-1을 근계 조절제로 하여 폴리스티렌수지와 다양한 배합조건에서 가열 혼용한 후 리칭성을 측정하였다. 그 결과 첨가제의 종류에 따라 다양한 리칭 특성을 나타내었는데 PR이나 A를 수지 및 근계 조절제 대비 0.1에서 10wt%를 첨가하였을 경우에는 첨가제의 양과는 상관없이 리칭효과가 극히 미약하였고 첨가제를 사용하지 않은 경우와 비교해서도 별다른 장점을 발견할 수 없었다.(표3) 따라서 또 다른 계열의 첨가제인 L, C, T8 및 T2같은 첨가제를 사용한 결과 전과는 달리 우수한 리칭특성을 나타내었고 10wt%이상으로 사용하였을 경우에는 리칭성이 너무 커서 오히려 줄여야 할 정도로 리칭성이 크게 나타났다.(표4) 수지내에 함침된 근계 조절제의 리칭성은 첨가제의 종류와 양에 따라 자유로이 리칭속도를 조절할 수 있었고 이에 대한 정밀 실험을 실시한 결과 몇몇 배합물에서 적절한 리칭 속도를 갖는 레진배합물을 제조할 수 있었다.(표5)



표 3. 근계 조절제 A-1의 리칭성1

실험번호	PS수지 (gram)	근계조절제 (gram)	첨가제 (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	35	35	0	1.36ppm	-	-
2	25	45	0	5.25ppm	6.28ppm	-
3	35	35	0.05(PR)	1.11ppm	-	-
4	35	35	0.25(PR)	606ppb	-	-
5	35	35	0.5(PR)	1.68ppm	-	-
6	35	35	1.0(PR)	1.46ppm	-	-
7	35	35	0.05(A)	1.35ppm	-	-
8	35	35	0.25(A)	2.98ppm	2.4ppm	2.85ppm
9	35	35	0.5(A)	2.57ppm	3.33ppm	-
10	35	35	1.0(A)	3.32ppm	4.16ppm	4.2ppm
11	40	30	0.5(A)	1.69ppm	-	-
12	45	7	0.5(A)	700.6ppb	-	-
13	47.5	4.5	0.5(A)	1.19ppm	-	-
14	35	35	5(A)	2.08ppm	-	-

표 4. 근계 조절제 A-1의 리칭성2

실험번호	PS수지 (gram)	근계조절제 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	35	35	1(L)	625.7ppb	-	-
2	35	35	5(L)	11.19ppm	11.99ppm	17.74ppm
3	35	35	1(C)	1.58ppm	1.45ppm	1.54ppm
4	35	35	5(C)	10.40ppm	11.78ppm	15.90ppm
5	40	30	5(L)	9.85ppm	11.70ppm	16.56ppm
6	45	7	5(L)	69.51ppm	89.61ppm	-
7	47.5	4.5	5(L)	42.68ppm	47.19ppm	-
8	35	35	1(T8)	2.66ppm	2.46ppm	-
9	35	35	5(T8)	7.15ppm	7.50ppm	13.55ppm
10	35	35	1(T2)	4.17ppm	2.28ppm	-
11	35	35	5(T2)	11.34ppm	12.53ppm	15.97ppm
12	45	7	5(T2)	11.77ppm	13.71ppm	16.52ppm
13	47.5	4.5	5(T2)	3.94ppm	4.39ppm	6.93ppm
14	35	35	1(PG)	3.80ppm	2.28ppm	-

표 5. 근계 조절제 A-1의 리칭성3

실험번호	PS/CO (gram)	근계조절제 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	47.5/0	4.5	0.8(T8)	732.5ppb	1.68ppm	1.93ppm
2	47.5/0	4.5	1(T8)	728.6ppb	1.71ppm	1.59ppm
3	47.5/0	4.5	0.4(T8), 0.4(A)	430.8ppb	1.21ppm	1.21ppm
4	47.5/0	4.5	0.5(T8) 0.5(A)	612.6ppb	1.44ppm	1.44ppm
5	47.5/0	4.5	0.8(T2)	500.9ppb	1.25ppm	1.29ppm
6	47.5/0	4.5	0.8(L)	556ppb	1.31ppm	1.46ppm
7	47.5/0	4.5	0.4(L) 0.4(A)	269ppb	980ppb	1.12ppm
8	40/0	30	3(T8)	1.27ppm	2.10ppm	2.5ppm
9	40/0	30	4(T8)	2.62ppm	3.90ppm	3.19ppm
10	40/0	30	2(T8) 2(A)	3.75ppm	3.76ppm	7.08ppm
11	47.5/0	4.5	0.8(T8)	519ppb	999ppb	851ppb
12	43/4.5	4.5	0.8(T8)	862ppb	1.43ppm	1.39ppm
13	43/4.5	4.5	0.4(T8) 0.4(A)	1.34ppm	1.57ppm	1.39ppm
14	43/4.5	4.5	0.8(A)	1.03ppm	1.39ppm	1.27ppm

## 2) 근계 조절제의 종류에 따른 리칭 특성

(근계 조절제 A-1, 2, 3, 4, 5 를 사용한 경우 리칭 실험)

근계 조절제의 종류와 양에 따른 리칭성을 조사하기 위하여 몇몇 내열성이 우수하고 리칭성이 클 것으로 예측되는 근계 조절제를 선정하여 수지 및 첨가제와 혼용하여 리칭성을 측정하여 근계 조절제에 따른 효과를 조사하였다. 근계 조절제 A-1을 사용한 경우에는 지금까지 실험한 결과를 바탕으로 하여 최적화 작업을 실시하였는데 적절한 리칭 속도를 갖는 배합물을 제조할 수 있었다. 또 다른 근계 조절제 A-2의 경우에는 A-1과 거의 유사한 리칭성을 나타내었으며 별다른 물성상의 차이점은 관찰할 수 없었다.(표 6) 한편 근계 조절제로 A-3, 4를 사용한 경우에는 수지의 종류나 첨가제 조건이 동일한 상태에서 급속한 리칭성을 나타내었는데 배합조성을 변화시켜 리칭성을 줄일 필요가 있었다.(표 7) 이것은 근계 조절제로 사용한 A-3, 4의 기본 물성이 A-1,2와는 차별화 되기 때문이다. 따라서, 근계 조절제로 A-1, 3, 4를 사용한 경우에 레진 배합 조건을 변화시킨 후 리칭성을 관찰 하였다. 이것은 A-3, 4의 경우 리칭성이 너무 커서 리칭성을 줄이기 위해 근계 조절제의 양을 배합조건에서 줄인 상태에서 리칭성을 조사하기 위한 것이다. 그 결과 적정수준의 리칭 속도를 얻을 수 있었고 A-1에 비해 적은양의 근계조절제로도 동일한 리칭성을 나타내므로 A-3, 4의 경우 적절한 근계 조절제로 판명되었다.(표 8) 따라서 근계 조절 능력이 우수한 것으로 판명된 근계 조절제인 A-3, 4에 같은 종류인 A-5를 추가하여 근계 조절성을 관찰하였는데 A-3보다는 A-4, 5에서 근계 조절성이 조금 더 우수하게 나타났고 내열성도 a-3보다 우수하여 A-4, 5에 A-3 보다는 상대적인 우위적 물성을 나타내었다. A-4, 5의 경우에는 기본적인 물성은 동일하나 가공성이 좋은 A-5를 최종 근계 조절제로 선정하였다.(표 9)

표 6. 근계 조절제 A-1, 2에 의한 리칭성

실험번호	PS수지 (gram)	A-1 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	5(T2)	13.17ppm	-
2	40	30	4(T2)	9.31ppm	-
3	40	30	3(T2)	17.72ppm	24.36ppm
4	40	30	4(T2) 1(A)	17.04ppm	-
5	40	30	2(T2) 2(A)	9.33ppm	-
6	40	30	3(T8) 1(A)	11.34ppm	-
7	40	30	4(T8)	5.58ppm	-
8	40	30	3(T8)	6.3ppm	-
9	40	30	3(L)	4.96ppm	-
실험번호	PS수지 (gram)	A-2 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	4(T2)	7.71	-
2	40	30	5(T2)	5.49	-
3	40	30	5(T8)	2.98	-
4	40	30	2.5(T2) 2.5(A)	2.93	-

표 7. 근계 조절제 A-3, 4에 의한 리칭성

실험번호	PS수지 (gram)	A-3 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	4(T2)	36.11ppm	79.68ppm
2	40	30	5(T2)	38.11ppm	-
3	40	30	5(T8)	62.92ppm	-
4	40	30	2.5(T2) 2.5(A)	26.64ppm	-
5	40	30	5(L)	83.8ppm	-
실험번호	PS수지 (gram)	A-4 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	4(T2)	113.55ppm	-
2	40	30	3(T2)	109.998ppm	-
3	40	30	4(T8)	176.92ppm	-
4	40	30	2(T2) 2(A)	98.35ppm	-
5	40	30	3(L)	154.44ppm	-

표 8. 근계 조절제 A-1, 3, 4에 의한 리칭성

실험번호	PS수지 (gram)	A-1 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	2(T2)	3.62ppm	-
2	40	30	4(L)	4.67ppm	-
3	40	30	3(T2)	5.00ppm	-
실험번호	PS수지 (gram)	A-3 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	3(A)	20.18ppm	26.34ppm
2	40	30	1(A)	49.27ppm	-
3	40	30	2(T2) 2(A)	61.21ppm	-
4	47.5	4.5	0.8(T2)	16.29ppm	17.62ppm
5	47.5	4.5	0.4(T2) 0.4(A)	18.69ppm	19.71ppm
실험번호	PS수지 (gram)	A-4 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험	
				1차	2차
1	40	30	3(A)	17.76ppm	25.42ppm
2	47.5	4.5	0.8(A)	8.94ppm	-
3	40	30	1(A)	31.72ppm	-
4	47.5	4.5	1.2(A)	14.38ppm	15.81ppm
5	47.5	4.5	0.4(T2) 0.4(A)	11.25ppm	11.18ppm

표 9. 근계 조절제 A- 3, 4, 5에 의한 리칭성

실험번호	PS수지 (gram)	A-3 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P)	18.02ppm	20.57ppm	22.36ppm
2	40	130	1.5(P)	22.51ppm	24.50ppm	22.98ppm
3	40	30	1.5(L)	44.17ppm	42.81ppm	45.52ppm
실험번호	PS수지 (gram)	A-4 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P)	25.92ppm	25.56ppm	30.06ppm
2	40	30	1.5(P)	26.68ppm	26.53ppm	30.83ppm
3	47.5	4.5	1.2(P)	16.43ppm	19.05ppm	19.83ppm
4	40	30	1.5(L)	41.71ppm	46.05ppm	55.08ppm
5	47.5	4.5	0.8(L)	12.72ppm	16.55ppm	14.00ppm
실험번호	PS수지 (gram)	A-5 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P)	26.67ppm	28.06ppm	28.13ppm
2	40	30	1.5(P)	33.64ppm	38.92ppm	42.64ppm
3	47.5	4.5	1.2(P)	9.88ppm	9.46ppm	9.74ppm
4	40	30	1.5(L)	58.70ppm	64.40ppm	79.45ppm
5	47.5	4.5	0.8(L)	12.17ppm	15.41ppm	15.96ppm



표 10. 펠릿화 조건 및 특성

실험번호	PS수지 (gram)	A-3 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P)	18.02ppm	20.57ppm	22.36ppm
2	40	130	1.5(P)	22.51ppm	24.50ppm	22.98ppm
3	40	30	1.5(L)	44.17ppm	42.81ppm	45.52ppm
실험번호	PS수지 (gram)	A-4 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P0)	25.92ppm	25.56ppm	30.06ppm
2	40	30	1.5(P)	26.68ppm	26.53ppm	30.83ppm
3	47.5	4.5	1.2(P)	16.43ppm	19.05ppm	19.83ppm
4	40	30	1.5(L)	41.71ppm	46.05ppm	55.08ppm
5	47.5	4.5	0.8(L)	12.72ppm	16.55ppm	14.00ppm
실험번호	PS수지 (gram)	A-5 (gram)	첨가제 (gram)	리칭 실험		
				1차	2차	3차
1	40	30	3(P)	26.67ppm	28.06ppm	28.13ppm
2	40	30	1.5(P)	33.64ppm	38.92ppm	42.64ppm
3	47.5	4.5	1.2(P)	9.88ppm	9.46ppm	9.74ppm
4	40	30	1.5(L)	58.70ppm	64.40ppm	79.45ppm
5	47.5	4.5	0.8(L)	12.17ppm	15.41ppm	15.96ppm

다. 염채류전용 플러그묘의 근계 생육조절용 플러그 트레이 개발(시제품 제작)

#### 1) 펠릿화 공정 연구

수지와 근계 조절제 및 첨가제간의 적절한 배합을 위한 펠릿화 작업은 차후 시트 제조공정에서 공정의 용이도를 위하여 꼭 필요한 공정이며 최종 제품의 물성에 결정적인 영향을 미치므로 펠릿상태에서의 물성은 중요하게 된다. 지금까지의 모델실험으로 펠릿화를 위한 최적 배합실험 조건을 확립하였고 그중 우수한 리칭성을 보여준 배합물들을 scale-up하여 펠릿화 작업을 수행하였다.(표 10)

그 결과 전반적인 펠릿 상태가 양호하였으며 일부 몇몇 배합물에서는 리칭성이 떨어지거나 가공장비 문제로 펠릿타이징에 어려움이 있었으나 전반적으로 우수한 물성과 리칭성을 보여주었다. 가공온도는 200 - 400 °C에서 twin screw extruder를 사용하여 가공하였으며 물냉각시스템과 cutter를 통과하면서 펠릿을 제조하였다.

#### 2) 시트 및 프레스 공정 연구

시트 및 프레스 제조 공정은 전술한 공정법에 의해 제조하게 되는데 앞에서 제조한 펠릿을 카렌다형 압출기의 상층부에 주입하고 원료 폴리스티렌수지를 하층부에 도입하여 공압출방식으로 압출하여 이층의 시트를 제조하였다. 가공온도는 200에서 400 °C로 하고 시트의 두께는 카렌다간 간격 및 압출속도로 조정하게 된다. 하층부의 두께는 0.5에서 1mm정도로하고 상층부의 두께는 10에서 100미크론으로 두께 변화를 주면서 표면상태 및 리칭 특성을 관찰하였는데 일반적으로 상층부의 두께가 두터울수록 리칭효과가 뛰어 났고 전반적인 표면상태는 우수하였다. 프레스 제조 공정은 제조한 시트를 같은 가공온도에서 가열 진공 성형하여 플러그 트레이형태의 용기를 제조하는 것인데 시트제조상에 문제가 없으면 용기제조에는 큰 문제가 없었고 리칭특성도 펠릿 상태에서 우수하면 그 물성을 시트나 플러그 트레이 상태에서도 그대로 유지됨을 관찰하였다.

#### o 요약

- 근계 조절제의 종류 및 특성 연구
- 근계 조절제와 플라스틱수지간의 혼용성 연구
- 수지, 근계 조절제 및 첨가제에 따른 특성연구

코팅용 배합물 최적화 연구

가공 및 물성 특성 연구

근계 조절제의 리칭특성 연구

염채류전용 플러그트레이 시작품 제작

특허출원

## 제 5 절 과채류용 플러그트레이 제작 연구내용

### 1. 서 언

엽채류용 전용 플러그트레이 개발 기술을 바탕으로 하여 장기작물인 과채류용에 적용 가능한 트레이를 개발하기 위하여 공정 및 배합 특성에 대한 연구를 수행하였다. 엽채류의 경우에는 상대적인 단기작물로써 근계조절력이 단시간에만 나타나도 효과를 보이나 장기작물의 경우에는 장기간에 걸쳐 근계조절력이 서서히 지속적으로 나타나야하므로 배합 및 공정상에 상당한 주의가 요구된다. 시트 및 플러그 트레이 제조 공정법은 엽채류의 경우와 동일하게 신규 시설투자가 전혀 없이 기존의 설비를 그대로 사용할 수 있는 다층막 및 단층막 시트 제조법을 도입하였고 스프레이나 페인트 방식 혹은 자외선 경화방식에 의한 코팅법은 추가 시설 투자등의 문제로 연구의 비중을 낮추었다. 근계조절제 및 첨가제등이 레진특성과 더불어 근계조절력에 절대적인 영향을 줄 것으로 예측되어 배합특성 과 근계조절력의 상관관계에 대한 연구를 수행하였고 리칭특성에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 최종적인 작물시험을 위하여 과채류용 트레이 시제품을 제작하여 근계조절력을 검증하고 작물생육특성의 조사에 따른 물성변환을 하여 최적화작업을 실시하였다.

### 2. 연구내용

#### 가. 공정연구

##### 1) 다층막 코팅공정

##### 1-1) 펠렛화공정(컴파운드링 공정)

엽채류용 시트제조에서와 동일하게 다층막 공정에 의한 시트제조가 과채류에서도 적용 가능한지를 확인하기 위하여 이중막으로 구성된 다층시트의 상층에 위치할 컴파운드링 칩을 압출기를 사용하여 제조하였다. 압출혼련은 트윈 스크류가 장착된 니더를 사용하여 바렐온도를 feeding 부분은 250도, mixing 부분은 260도, moving 부분은 260도, 다이부분은 240도로하고 스크류의 분당회전속도는 혼련부분은 200-250으로 하고 압출부분은 50-100으로 하여 용융브렌딩하였으며 냉각후 펠렛화하였다.

### 1-2)시트제작공정

시트제작은 업체류용 다층 시트제조공정과 동일한 방식으로 다층막의 하단에는 하이임팩트폴리스티렌수지를 사용하고 상단에는 폴리스티렌수지와 근계조절제를 혼용한 컴파운딩칩을 박막으로 코팅하여 2층구조를 갖는 시트를 제작하는 공정이다. 따라서 시트제작은 펠릿화한 컴파운딩칩을 카렌더와 티 다이가 장착된 2층시트 압출성형기를 이용하여 바렐온도는 200-250도, 롤설정온도는 30-90도로 한 후 길이와 직경비가 30/1인 스크류에서 100-150rpm으로 압출성형하였다. 2층압출기의 하층부에는 하이임팩트 폴리스티렌수지를 주입하고 상층부에는 위에서 제조한 컴파운딩칩을 공급하고 롤간격을 조절하여 하층시트의 두께는 1-1.5mm, 상층부는 10-60미크론으로 두께조절을 하여 시트제작을 완성하였다.

### 1-3)프레스공정

프레스공정은 고온 진공압착기를 사용하여 시트를 부분용융시킨 후 상압하여 일정모양의 플러그트레이를 생산하는 공정이다. 온도는 200-300도로 조절하고 가열판위를 5-20초간 통과 하면서 진공압착하여 성형물을 제작하였다.

### 2) 단층시트공정

단층시트제작공정은 다층시트와는 달리 펠릿화한 컴파운딩칩만으로 단층시트를 제작하는 공정이다. 바렐온도는 180-250도, 롤설정온도는 30-70도로 한 후 길이와 직경비가 30/1인 스크류에서 100-150rpm으로 압출성형하였다.

### 3) 스프레이 및 페인트 공정

스프레이나 페인트 공정은 위에서 언급한 다층막, 단층막공정과 달리 근계조절제를 바인더 수지와 혼용한 후 스프레이 혹은 페인팅방식으로 트레이표면을 코팅하는 것이다. 이공정은 이미에서 시도된 기술로 일부 상용화 하였으나 제조공정상 추가코팅설비가 요구되고 트레이 표면의 굴곡구조로 전표면에 균일한 코팅이 어렵게 된다. 그러나 본 연구에서는 이와같은 특성을 이해하면서 새로운 코팅조성물 및 공정에 대한 연구를 실시하였다.

## 나. 코팅조성물들에 대한 연구

### 1) 시트제조공정에서 코팅층의 조성비

코팅층은 이전의 얹채류용 트레이에서와 동일하게 근계조절력이 있는 구리계화합물, 근계조절제와 바인더수지와 혼용도 및 근계조절력을 높이는 역할을 하는 첨가제 그리고 코팅력을 갖고 근계조절제의 리칭특성을 좌우하는 폴리에틸렌 혹은 폴리스티렌수지로 구성되어 있다. 근계조절제는 1차년도 연구에서 탁월한 성능을 보인 A-5(CS)을 근계조절제로 사용하였고 폴리에틸렌 혹은 폴리스티렌수지를 바인더수지로 하고 다양한 첨가제에서의 리칭특성을 조사하면서 근계조절력을 최적화하였다. 혼용실험은 Hakke Mixer를 사용하여 180-250도에서 20-60분간 혼용한 뒤 물성을 조사하였다. 물성실험은 혼용물을 냉각시킨후 일정량을 펠렛모양으로 자르고 증류수에 함침시킨 후 용출되는 근계조절제(구리이온)의 양을 측정하여 근계조절력을 측정하였다. 기존의 플러그트레이는 폴리스티렌수지를 가공하여 시트모양으로 성형 후 프레스하여 제작되는데 일부 트레이는 저밀도 폴리에틸렌수지를 얇은 필름형 시트로 제작후 프레스하여 트레이를 만든 후 고밀도폴리에틸렌수지로 제작한 틀위에 넣어 트레이 가격저하효과와 재활용율을 높이고 환경오염을 낮출 수 있다는 가능성으로 현재 시제품 및 일부 제품이 출시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 차후 저밀도폴리에틸렌수지를 활용한 트레이제작이 활성화될 때를 대비하여 폴리에틸렌수지에서의 근계조절력을 실험하여 이에 대비하고자 하였으며 폴리스티렌수지에서는 과채류전용으로 근계조절제가 서서히 장기간 용출될 수 있도록 근계조절력 조절 효과를 실험하여 시제품을 제작하고 근계조절력을 검증하였다. 저밀도폴리에틸렌(LDPE; low density polyethylene)을 근계조절제(CS) 및 다양한 첨가제를 혼합용융시켜 제조된 칩으로 근계조절력을 조사한 결과 거의 대부분의 경우에서 우수한 리칭특성이 나타났으며 수지특성상 가공온도는 폴리스티렌보다 조금 낮은 온도에서 가공하였다.(표 11-13) 폴리스티렌을 바인더로 하고 근계조절제, 첨가제(L,C)등을 혼합용융시켜 근계조절력을 결정짓는 용출되는 구리이온함량을 측정하였는데 함유하는 구리이온의 양이 어느일정범위 이상은 되어야 근계조절력이 나타났으며 장기간에서도 우수한 리칭특성을 나타내었다(표 14, 15).

표 11. 조성비 및 첨가제(A) 효과

실험번호	LDPE (gram)	CS (gram)	첨가제 (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	47.5	4.5	2.3(A)	20.38	26.47	29.4
2	47.5	4.5	2.5(A)	25.11	26.90	33.69
3	47.5	4.5	3.0(A)	29.16	35.22	39.09
4	47.5	4.5	3.5(A)	29.19	36.32	39.92
5	47.5	4.5	4.0(A)	30.14	37.11	40.78
6	47.5	4.5	4.5(A)	48.22	50.55	60.56
7	47.5	4.5	5.0(A)	70.98	90.22	108.11
8	47.5	4.5	5.5(A)	95.56	110.21	130.4
9	45	7	2.3(A)	29.17	44.93	46.30
10	45	7	2.5(A)	30.11	47.99	55.31
11	45	7	3.0(A)	38.45	58.42	63.82
12	45	7	3.5(A)	44.98	62.97	71.24
13	45	7	4.0(A)	50.2	70.42	82.33
14	45	7	4.5(A)	54.98	60.22	70.67

표 12. 조성비 및 첨가제(AS) 효과

실험번호	LDPE (gram)	CS (gram)	첨가제 (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	47.5	4.5	2.3(AS-1)	23.98	28.22	35.73
2	47.5	4.5	2.5(AS-1)	24.67	28.19	36.21
3	47.5	4.5	3.0(AS-1)	30.78	38.75	42.11
4	47.5	4.5	2.3(AS-2)	21.69	25.98	33.50
5	47.5	4.5	2.5(AS-2)	22.09	26.11	33.99
6	47.5	4.5	3.0(AS-2)	26.77	35.60	33.41
7	47.5	4.5	2.3(AS-3)	20.67	22.99	31.48
8	47.5	4.5	2.5(AS-3)	21.09	24.76	32.50
9	45	7	2.3(AS-1)	33.67	46.98	50.21
10	45	7	2.5(AS-1)	42.18	68.16	75.52
11	45	7	3.0(AS-1)	45.89	74.56	80.89
12	45	7	2.3(AS-2)	32.45	51.89	61.26
13	45	7	2.5(AS-2)	34.48	55.89	62.29
14	45	7	3.0(AS-2)	36.98	58.56	65.80



표 13. 조성비 및 첨가제(A/P) 효과

실험번호	LDPE (gram)	CS (gram)	첨가제 A/P (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	47.5	4.5	0.3/2	37.89	52.21	60.18
2	47.5	4.5	0.5/2	38.24	49.56	59.37
3	47.5	4.5	1/1	30.90	46.33	46.62
4	47.5	4.5	1.3/1	29.32	43.21	45.11
5	47.5	4.5	1.5/1	27.24	41.18	43.69
6	47.5	4.5	2/0.5	27.15	37.31	40.18
7	45	7	0.5/2.5	59.87	81.37	83.96
8	45	7	1/2	55.43	80.73	83.89
9	45	7	1.5/1.5	53.57	79.43	80.95
10	45	7	2/1	50.12	61.79	70.53
11	45	7	2.5/0.5	49.82	52.17	82.33
12	45	7	3/0.5	39.46	51.98	76.51

표 14. 조성비 및 첨가제 효과

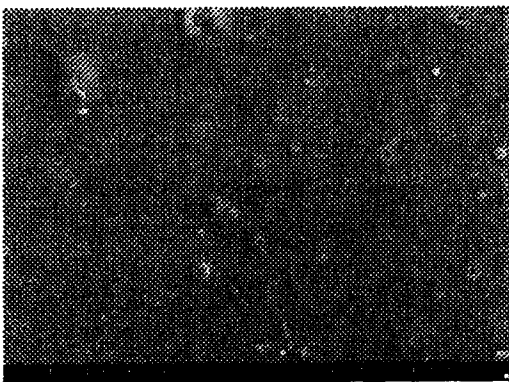
실험번호	PS (gram)	CS (gram)	첨가제 (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	47.5	4.5	2.2(L)	9.51	12.47	13.22
2	47.5	4.5	2.8(L)	11.97	15.78	16.22
3	47.5	4.5	3.2(L)	15.67	17.24	18.08
4	47.5	4.5	2.2(C)	8.98	10.59	11.64
5	47.5	4.5	2.8(C)	10.85	16.43	17.21
6	47.5	4.5	3.2(C)	15.37	16.99	19.17
7	45	7	2.5(L)	18.54	19.11	23.76
8	45	7	3.5(L)	20.01	25.47	28.31
9	45	7	5(L)	25.75	29.11	32.60
10	45	7	2.5(C)	17.65	20.11	25.43
11	45	7	3.5(C)	19.87	26.31	30.31
12	45	7	5(C)	26.87	30.23	31.95

표 15. 조성비 및 첨가제 효과

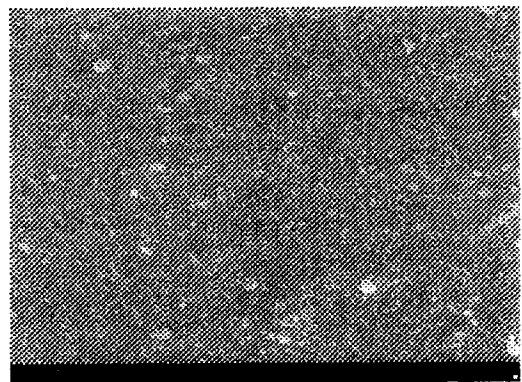
실험번호	PS (gram)	CS (gram)	첨가제 (gram)	리칭실험		
				1차	2차	3차
1	48.5	3.5	2.1(L)	1.41	1.47	1.55
2	48.5	3.5	2.2(L)	2.11	2.10	2.12
3	48.5	3.5	2.3(L)	2.14	2.14	2.15
4	48.5	3.5	2.4(L)	2.17	2.19	3.11
5	48	4	2.8(C)	6.21	6.51	6.97
6	48	4	3.2(C)	7.14	7.19	8.07
7	48	4	2.5(L)	8.76	9.02	9.78
8	48	4	3.5(L)	9.01	9.76	10.03
9	47.5	2.5	2.5/2.5(L/A)	2.57	3.89	4.12
10	47.5	2.5	2.5/3.5(L/A)	1.52	1.67	2.14
11	47.5	2.5	3.5/2.5(L/A)	3.33	4.87	5.31
12	47.5	2.5	3.5/3.5(L/A)	1.78	2.01	2.22

## 2) 근계조절제와 폴리스티렌은 코팅특성

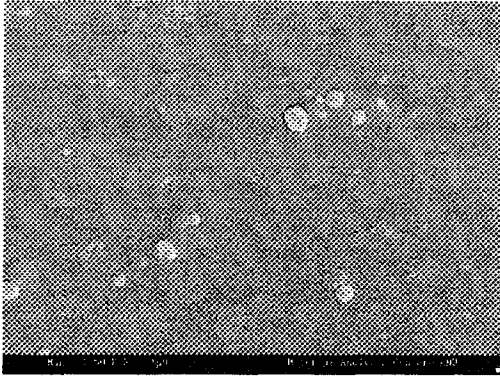
근계조절제를 폴리스티렌수지와 혼용가공하는 다층 및 단층시트제작에 의한 근계조절력이 있는 기능성트레이의 개발은 근계조절제가 플라스틱표면에 균일하게 분포되어 근계조절력의 강도를 일정하게 유지하는 것이 기술의 핵심이라 할 수 있다. 일반적으로 바인더수지로 쓰는 폴리스티렌수지는 소수성인데 반하여 근계조절제는 친수성으로 서로 상반되는 물성을 갖고 있다. 따라서 두 화합물을 혼합하였을 경우에는 상분리가 일어나 시트내에서 어떤부위는 근계조절력이 너무 강하고 또 다른 부위에서는 전혀 근계조절력이 나타나지 않은 결함을 기본적으로 갖고 있다. 따라서 이와같은 문제점을 해결하기 위하여 다양한 첨가제를 사용하여 근계조절제와 폴리스티렌수지간의 상용성을 높이려고 하였다. 서로 다른 물성을 갖는 첨가제(A)와 첨가제(L)의 경우를 비교하기 위하여 같은 조건에서 폴리스티렌수지와 근계조절제를 동일한 조성비율로 혼용하여 전자현미경으로 표면을 관찰하고 증류수에 함침시킨 후에 표면을 건조하고 다시 전자현미경으로 표면을 관찰한 결과 첨가제(L)을 사용한 경우 근계조절제가 플라스틱 매트릭스내에서 균일한 분포를 보이며 증류수에 함침된 후에도 균일한 분포성을 나타내므로서 우수한 특성을 보인 반면에 첨가제(A)와 혼용한 경우에는 일부 상분리가 관찰되었으며 증류수에 함침시킨 후에는 더욱 확연하게 근계조절제의 물립현상이 관찰되었다. (그림 2) 따라서 첨가제(L)이 우수한 상용화특성을 나타냄을 확인할 수 있었고 차후 시제품제작시의 첨가제로 이용하였다.



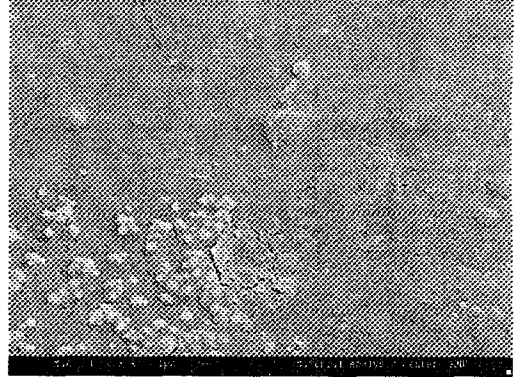
(a)



(b)



(c)



(d)

( 그림 2 )

SEM images of the surface of

PS/CS/TW20 = 90/10/2.5,

(a) before (b) after 24hrs dipping in distilled water

PS/CS/Pre = 90/10/2.5,

(c) before (d) after 24hrs dipping in distilled water

다. 과채류전용플러그묘의 근계생육용 플러그트레이의 개발(시제품제작)

#### 1) 펠렛화공정

전술한바와 같이 근계조절력이 있는 플러그트레이의 개발은 크게 펠렛화공정, 시트제작, 그리고 프레스공정으로 구분되는데 이중 펠렛화공정은 근계조절제와 바인더 수지를 고온용융시켜 균일한 분포를 갖는 칩을 제조하여 다층막시트의 경우에는 코팅층으로 단층막시트의 경우에는 단층막의 주성분으로 작용하게 된다. 지금까지 수행한 수많은 모델테스트를 기초로 하여 최적화 조건을 찾고 그 조건하에서 scale-up하여 시제품용 펠렛을 제작하는 것이다. 표 16에 최적화된 시제품용 펠렛의 조성비를 나타내었고 가공성에 대한 특성을 표시하였는데 전반적으로 우수한 가공성을 나타내었고 리칭특성도 우수하게 나타났다.

#### 2) 시트 및 프레스 공정

시트 및 프레스 공정은 전술한 공정조건하에서 실험을 실시하고 시제품용 시트 및 프레스에 의한 트레이를 제작하였다.

표 16. 펠릿화 조건 및 특성

실험번호	PS수지 (gram)	근계조절제(CS) (gram)	첨가제 (gram)	가공성
1	1940	80	10(L)	ok
2	1920	100	12(L)	ok
3	1920	100	10(L)	ok
4	1920	100	10(C)	ok
5	1900	300	30(L)	ok

#### 라. 스프레이 및 페인트용 코팅조성물

스프레이 및 페인트용 코팅조성물은 기술조사결과 선행기술의 존재 및 추가공정설비의 필요 등으로 초기연구에서 제외하고자 하였으나 기술특성과 개선형 공정이용 가능성을 조사하고자 이에 대한 기초실험을 실시하였다. 스프레이형은 분사형이므로 근계조절제를 작은 입자형으로 사용하여야 하고 그외 수지의 입자 균일도 등 고려하여야 할 사항들이 많이 있으나 본 연구의 최종 공정이 아니므로 기술적으로 용이하고 스프레이형으로 변환 가능한 페인트형으로 코팅조성물에 대한 연구를 실시하였다. 조성물로는 먼저 라텍스에 근계조절제(A-5)를 혼합하여 범용 트레이에 페인트방식으로 코팅하였다. 라텍스는 점도에 따라 두 종류를 사용하였고 플라스틱표면과의 접착력은 우수하지 않으므로 장기 작물사용에는 부적합하였으며 소량의 트레이를 사용시에는 이용할 수 있으나 가격등에서도 불리하고 물성적인 측면에서도 장점이 없다고 하겠다. 또다른 공정으로 광코팅제를 근계조절제와 혼용하여 트레이에 코팅하는 방식인데 라텍스 코팅시에는 장시간의 건조시간이 요구되며 열건조방식에 의한 급랭시에는 표면 crack 현상이 나타났다. 낮은 열안정성을 나타내는 라텍스의 경우에는 이와같은 특성을 극복할 수 있으나 어느정도의 건조시간은 요구된다. 그러나 광코팅방식은 컨베이어형태로 광조사기를 통과하면 10초이내의 단시간에 경화가 되므로 공정시간을 단축할 수 있는 장점이 있게 된다. 그러나 기존의 트레이는 거의 대부분 폴리스티렌수지로 제조되는데 수지 특성상 용제에 대한 내구성이 극히 미약하여 광코팅제에 소량 함유하고 있는 유기용제에 가용되어 표면부식현상이 나타났다. 따라서 스프레이나 페인트방식은 저 내열성의 라텍스와 근계조절제를 함유한 배합물을 사용하면 원하는 효과를 얻을 수 있었으나 공정 혹은 가격적으로 큰 장점이 없다고 하겠다.

## 제 6 절 플라스틱의 압출 및 열성형 공정

### 1. 범용플라스틱 특성

LDPE(low density polyethylene), HDPE(high density polyethylene), PP(polypropylene), PVC(polyvinyl chloride), PS(polystyrene)을 5대 범용플라스틱(수지)이라고 하며, 이들은 모두 열가소성수지이다. 열가소성수지란 열에 의해 변형이 일어나 원하는 모양으로 성형한 후 냉각시켜 사용하는데 다시 열을 가하면 다른 모양으로 성형 가능하게 된다. 즉 재활용(recycle)이 가능한 수지이다. 또한 범용수지라 함은 가격이 저가이며 범용으로 많이 쓰이는 수지를 일컫는다. 폴리에틸렌은 그 밀도에 따라 HDPE(0.941이상), LLDPE(0.926 - 0.941), LDPE(0.926미만)로 구분되며, 폴리프로필렌은 Homopolymer, Random Copolymer, Block Copolymer로 구분된다. 또한, 폴리프로필렌은 결정상태로 보아 Isotactic polymer, Syndiotactic Polymer, Atactic polymer로 나누며 일반적으로 시판되고 있는 PP는 Isotactic polypropylene이다. 폴리비닐크로라이드는 수지특성상 가공시 가소제가 함유되며 가소제의 함량에 따라 경질 PVC 혹은 연질 PVC를 제조할 수 있다. 가소제로는 DOP(dioctyl phthalate)등이 사용되며 용도에 따라 다양한 첨가제가 사용된다. 폴리스티렌은 일반 범용칩과 발포용칩으로 구분되며 각종 용기 및 단열제로 다양한 용도를 나타내고 있다. 그러나 내충격성이 극히 미약하여 폴리스티렌에 고무를 첨가한 HIPS(high impact polystyrene)이 최근들어 사용이 급격히 증가되고 있다.

#### 가. 플라스틱 기본 물성항목

1차 물성 혹은 기본 물성항목이라함은 수지(원료)가 가공되기전에 지니고 있는 고유의 특성을 의미하며 MI, Viscosity, Density, NNI, II등이 있다.

##### 1) MI(Melt Index), 단위 : g/10min

수지의 흐름성(유동성)을 나타내는 수치로써 일정온도 (PP :230도, PE : 190도) 일정하중(2,160g)에서 용융체가 규정된 Orifice(내경 2.09 mm, 높이 8 mm)를 통하여 10분간 압출되는 수지의 중량(g)을 말한다. 즉 MI가 증가하면 유동성이 증가하며, 이는 polymer의 분자량이 작다는 것을 의미한다.



2) 고유점도, 단위 : dl/g

시료(powder상)를 Tetraline(PE의 경우는 Decaline)에 용해시켜 자동점도계로 135도에서 상대점도를 측정하여 고유점도를 구한다.

3) 밀도 (Density) , 단위 : g/cm<sup>3</sup>

밀도는 분자 및 분자량의 크기에 따라 변화하며, 밀도의 증가는 인장강도, 강성, 표면경도 등의 기계적 성질이 증가하나 충격강도, ESCR성은 감소한다. 밀도의 측정법은 밀도구배관법, 비중에 의한 방법, 수중치환법 등이 있다.

4) NNI(Non Newtonian Index)

Polymer는 분자량분포(MWD : Molecular weight distribution)를 가지며 MWD 측정방법에는 GPC, 초원심법 등이 있으며, MWD의 넓고 좁은 정도만을 확인하는 것으로 Capillary Rheometry에 의한 용융유동곡선법이 있다. 이것은 shear rate에 따른 shear stress변화를 그래프로 표시하여 NNI를 구하는 방법으로 NNI가 클수록 MWD가 넓은 것을 의미한다. MWD는 성형성에 직접적인 영향을 준다. 즉, MWD가 넓은 것이 성형성이 좋다.

5) II(Isotactic Index), 단위 : %

결정성 고분자들은 중합시에 Isotactic, Syndiotac, atactic이라는 3종류의 고분자가 생성된다. 그중 Isotactic, syndiotactic Polymer는 입체 규칙성을 갖는 결정성 고분자이나 Atactic Polymer는 무질서한 입체배열로 인하여 Wax상의 비결정성고분자이다. n-Heptane에 녹지 않는 Isotactic Polymer의 비율을 II라고 한다.

표 17. HDPE 의 기본 물성(MI, D, NNI)에 따른 특성

품질결정인자	기본물성		
	MI	D	NNI
유동성	0	-	0
압출처짐성	x	-	0
강성	-	0	-
충격강도	x	x	x
항복점 응력	-	0	-
파단점응력	x	△	x
인장	x	-	x
파열강도	x	0	-
ESCR성	x	x	x
표면경도	-	0	▽
광택	△	△	x
투명도	0	x	x
가스투과성	▽	0	-
수축율	0	▽	x

0 : 개선, △ : 약간 개선, x : 나빠짐, ▽ : 약간 나빠짐, - : 변화 없음

#### 나. 플라스틱의 2차 물성

2차 물성이라함은 원료수지로 제품을 성형한 후의 물성을 말하며 2차물성을 측정하고자 할 때는 규정된 시험편을 성형하여 측정한다.

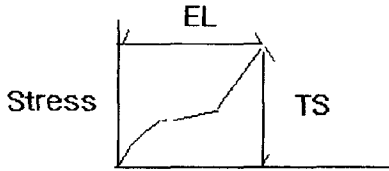
##### 1) 시편의 성형 및 Annealing

충분히 건조된 원료를 가지고 규정된 시편(Press 혹은 Injection)을 제작하여 Annealing을 시킨다. Annealing이란 수지가 용융되어 냉각될 때 생기는 내부응력을 제저하는 목적으로 행하는 열처리를 말한다. Plastic의 종류, 두께, 형상, 잔존하는 내부응력의 정도에 따라 처리조건은 다르지만 보통 재료의 열변형온도보다 5-10도 낮은 공기중에서 수십분에서 수시간 방치하고 필요에 따라 변형방지를 위하여 치구를 사용하고 공기중에서 산화, 변색하는 것은 수욕 또는 염류용중에서 처리한다.

2) 기계적 성질

2-1) 인장강도(Tensile strength) 및 신장율(Elongation)

규정된 시험편을 인장시험기로 인장시켰을때의 항복점 응력(Yield Strength)가  
파단점 항장력 (Tensile Strength) 및 신장율(Elongation)을 표시하면 다음과 같다.



단위

TS : Kg/cm<sup>2</sup>    EL : %

조건

항목	PE	PP	복합수지	Film	Monofilament
Crosshead speed(mm/min)	20	30	50	500	200
Load cell (kg)	100	100	500	100	50
Full scale(kg)				2-5	2-5

2-2) 굴곡탄성율(FM) 및 굴곡강도 (FS)

시험편을 두 지점상에 수평하게 놓고 시험편의 중앙에 하중을 가하면 시험편은 변형이 일어난다. 이때 탄성한도내에서 Hook's의 법칙이 성립하므로 하중과 변형과의 비를 Flexural Modulus 하고 굴곡하중에 의해 시험편이 파단할 때까지의 최대응력을 Flexural strength라고 한다.

계산식

$$FM(kg/cm^2) = L^3/4bd^3.P/Y$$

$$FS(kg/cm^2) = 3QL/2bh^2$$

이때, L : 지점간 거리 (10 cm), b : 시편의 폭 (cm), d : 시편의 두께 (cm)

Y : 변형거리 (cm), Q : 최대하중 (kg), P : 하중 (kg)

### 2-3) 충격강도

\* Du-pont 충격강도 (kg.cm/cm)

미국 Du-pont사에서 개발한 시험방법으로 규정된 시편에 규정된 봉을 고정하고 일정 하중을 임의의 높이에서 낙하시켰을 때 시편이 파단되는데 필요한 에너지량을 말한다.

\* IZOD 충격강도 (kg.cm/cm)

규정된 시편의 일단을 고정하고 IZOD 충격시험기로 충격 파단했을 때 재료에 흡수된 에너지의 양을 측정하는 시험이다. 이충격시험으로 측정한 결과는 외부의힘에 견디는 최고의 응력이 아니라 파단을 일으키는데 필요한 에너지의 양이다.

### 2-4) 표면경도 (R)

경도는 침투나 마멸, 굽힘에 대한 저항의 척도가 되는 것으로 Shore경도, Durometer경도, Rockwell경도, Mohs경도 등이 있다. Rockwell경도는 ASTM D785에 정해진 규격으로 플라스틱 시편에 규정된 치수의 강구를 고정하여 처음에 적은 하중을 주어 눈금을 영에 맞추어 곧 규정된 큰 하중(60kg)을 주어 15초 후에 우묵의 깊이를 눈금으로 읽어 경도값으로 한다.

## 다. 열적 성질

### 1) 열변형온도(HDT) : Heat Deflection Temperature

규정된 시편을 두 지점에 놓고 에너지 4.6 kg을 가하여 온도를 120도/시간으로 상승시킬 때 시편이 0.01인치의 변형이 생기는 온도를 측정하는 시험이다.

### 2) 연화점 (VICAT Softening Point Temperature)

열연화온도는 ASTM D1525로서 표시되는 VICAT 시험으로 결정된다. 이 시험법은 침투현시험으로 시편의 온도를 50도/시간 비율로 상승시키면서 시편에 1kg 의 하중을 주어 표면적이 1mm<sup>2</sup> 인 표준바늘이 시편에 1mm 침투할때의 온도를 측정하는 시험이다.

### 3)내열성 시험

규정된 인장시편을 geer oven형 노화시험기에 넣고 130도로 유지시켜 일정시간마다 시편의 신장율을 테스트하여 처음보다 10%이하로 감소하는 시간을 구하는 시험이다.

#### 라. 내후성

플라스틱이 옥외에서 사용할 경우(일광이나 비바람에 노출) 어느정도 오래 견딜 수 있는가를 측정하는 시험으로 Weather-o-meter법이 있고, 빛에 의한 열화를 측정할 때에는 UV-Conditioner법이 있다.

Weather-o-meter법은 시험편이 carbon-arc의 빛을 받으면서 회전하고 18분간 물을 spray한후 102분간은 arcaks 되는 cycle이 반복되는 도중 시험편을 일정시간 만 꺼내어 인장시험을 하여 신율이 처음보다 10%이하로 감소되는 시간을 측정한다.

UV-Conditioner법은 시편을 40-6-도 되는 수증기중에 방치하여 Xe almp로 cycle program에 따라 자외선을 방출시키면서 일정시간마다 꺼내어 인장시험을 하여 처음보다 10%이하로 감소되는 시간을 측정한다. Weather-o-meter법에서는 200시간, UV-Conditioner법에서 67시간 방치한 것은 옥외폭로 1년에 해당하는 시간이다.

#### 마. 환경시험

##### 1) 저온취화온도

규정된 시험편을 취하온도 시험기에서 dry ice로 온도를 내려가며 규정된 충격을 가해 시편이 50%가 파괴되는 온도를 측정하는 시험이다.

##### 2) ESCR(Environmental Stress-Cracking Resistance)

환경응력균열시험이라고도하며 압축성형시트로부터 규정된 시편을 만들어 규정응력하에서 선을 긋고 구부린 다음 시편 holder에 고정시킨 후 시편의 stress cracking 성을 촉진시키기 위하여 50도의 계면활성제 속에 방치하여 600시간에 걸쳐 24시간마다 시편의 파손여부를 측정한다. 그래서 시편이 10%, 50%, 100% 파손되는 시간을 측정하는 시험이다.

## 2. 플라스틱 안정제, 첨가제

플라스틱 첨가제란 플라스틱의 가공을 용이하게하고 최종제품의 성능개량과 우수한 물성보존을 위하여 가공이나 중합과정에 첨가되는 화학물질로 안정제 계통은 15미만, 필러계통은 물성에 따라 다량 첨가할 수 있다.

### 가. 산화방지제 (Antioxidant)

천연폴리머, 합성폴리머는 산소, 중금속의 공격에 의해 분해하기 시작한다. 산화방지제는 이러한 화학적 작용을 방해하여 분해를 방지함으로써 플라스틱의 제조와 가공, 저장중의 산화로부터 보호하는 역할을 한다.

### 나. 대전방지제 (Antistatic agent)

플라스틱에 첨가하거나 완성된 제품의 표면에 처리하여 제품의 표면에 형성되는 정전기를 감소시키거나 제거하는 작용을 하는 첨가제. 대전방지제는 대부분 친수성이며 흡수성이 있고, 수지와의 낮은 상용성으로 수지표면에 용출되어 정전기를 없애는 얇은 습기의 전도층을 형성함.

### 다. 활제 (Slip agent)

시트, 필름 제품의 슬립성을 향상시킨다.

### 라. 핵제 ( Nuclear agent)

폴리머의 결정크기를 작게하여 투명성을 향상시킨다.

### 마. 난연제, 충전제 및 강화제

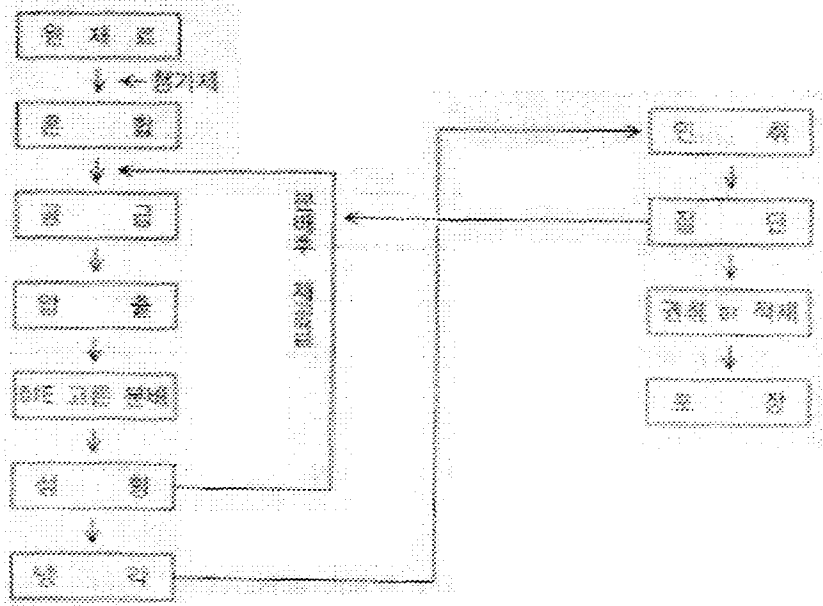
난연제는 플라스틱에 난연효과를 부여하는 것인데 인화성을 낮추어 화재위험에 안정한 프라스틱제조에 사용되며 충전제는 플라스틱 가공시 단가를 낮추기위하여 사용되는 첨가제로 Talc, calcium carbonate등이 있으며 강화제는 플라스틱에 강도를 증가시키기 위하여 유리섬유등을 첨가하여 가공 후 강도를 극대화시킬 때 사용하는 첨가제이다.

### 3. 시트 압출 성형

#### 가. 공정 정의

시트압출공정은 powder 또는 Pellet상의 플라스틱을 두꺼운 시트로 변형시키며 직접 용기나 이형품의 형태로 성형할 수 있다.

#### [시트제조공정도]



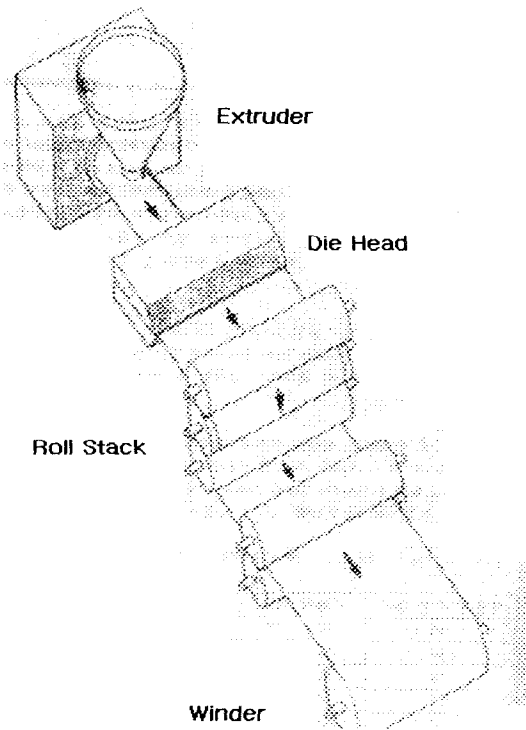
#### 나. 장치선택

압출기의 압출량은 실린더 직경에 의하여 결정된다. 대부분의 상업적인 기계는 직경이 40 - 150 mm의 사이의 범위를 갖고 있다. 압출기 스크류의 조합은 폴리머가 다이에 도달하기전에 용융, 혼련, 그리고 이송능력을 결정하며, 이로인해 라인의 효율과 시트의 품질을 결정한다.

[압출기의 적정 전력과 압출량]

압출기 직경 (mm)	구동력(HP)	압출량(kg/h)	바렐 열용량 (kw)
40	12-20	25-35	7
60	25-40	50-75	20
90	50-90	110-180	45
120	95-150	180-320	75
150	165-255	350-550	140
210	350-600	650-900	225

[시트 압출 설비 개략도]





압출기는 내장된 screw의 수에 따라 single stage screw와 twin stage screw로 나누어지는데 single screw의 일반적인 사양은 아래와 같다.

압축비 : 2.5 - 3.5

길이와 직경비 : (L/D) 28-32 : 1

압출량은 screw의 L/D비와 관계가 있고 긴압출기는 높은 생산성, 우수한 혼련도, 용융안정성을 개선시켜 준다. 일반적으로 L/D가 24 :1 보다 적으면 충분한 용융과 혼련효과를 기대하기 힘들고 36 :1 보다 길게 되면 압출기내에서의 수지 체류시간이 증가하여 폴리머의 열화의 원인이 될 수 있다. 한편, 기존의 single-flighted, square pitched screw는 압출공정에서 일반적으로 사용되며 고체층으로부터 용융 pool로 구분되어 있는 barrier screw는 혼련효과를 개선할 수 있다. Barrier screw는 압출기를 따라 흐르는 물질에 의해 고체주위로 형성되어지는 melt film을 제거함으로써 실린더 내벽과의 전단작용으로 고체물질의 혼련효과를 최대로 할 수 있다. 수지가 용융되어 균질화가 완성되면 용융물은 die head를 통하여 시트형태로 성형된다. 그림 에 시트압출을 위한 die개략도를 표시하였다. 그림에 나타난 바와 같이 시트용 die는 일반적으로 choker bar를 포함하는 데 이것은 die head의 중심부이거나 가장자리를 통하여 흐르는 수지를 조절하기 위하여 블록하거나 오목한 형태의 활처럼 되어 있고 수지의 점도에 의존한다. 시트의 두께조절은 die slot에 있는 flex lip에 의하여 조정된다. Die를 통하여 압출된 시트형의 수지는 3개의 롤에 의해 냉각되고 광택이 발생된다. 우수한 시트표면을 얻을 수 있는 chrome roll들의 온도는 각각 조절할 수 있다. chrome roll들은 roll의 표면에 완전히 밀착되어 있는 압출 시트를 급냉시키고 시트의 양끝부분이 우수한 제품을 얻을 수 있게 한다.

#### 다. 공정조건

압출기의 온도분포는 기하학적인 screw사용과 수지의 점도에 의존하여 설정한다. 일반적으로 온도는 압출기의 크기, screw형태, 그리고 주변 기계장치의 일반적인 조건에 의존하며, 190- 250도의 범위에서 설정된다.

Adaptor와 die 온도는 180-250도 사이의 용융온도를 요구하며 실제 용융온도는

adaptor부근의 용융흐름이 있는 곳에서 thermocouple을 사용하여 측정한다.

대부분의 압출성형용 수지들은 용융 열안정성이 우수하게 생산, 공급된다. 한편, 압출기에는 가혹한 압출성형에 의한 수지의 열산화 분해를 막기 위하여 압출기 호퍼속의 밑부분으로 질소가스를 공급하는 장치가 적은 비용으로 설치되어 있다. 이는 대기중에서의 수지의 용융흐름속도를 최소화하고 산화현상을 감소시킴으로서 수지의 열산화 분해를 늦추게 된다. 과도한 압력생성과 용융온도의 상승을 막기 위하여 미세 filter를 coarse screen pack에 사용한다. 일반적으로 오염물이 나타나지 않도록 20 - 100 mesh의 screen을 사용한다. 압출기는 압출압력 100 - 200 bar의 범위에서 운전되고 die lip간격은 원하는 시트 두께보다 대략 5 - 10 % 크게 조정한다. 접촉 롤의 설정온도는 60-80도, polishing roll의 온도 설정은 70- 110도로 각각 조정한다.

#### 4. 열성형 (Thermoforming)

##### 가. 공정 설명

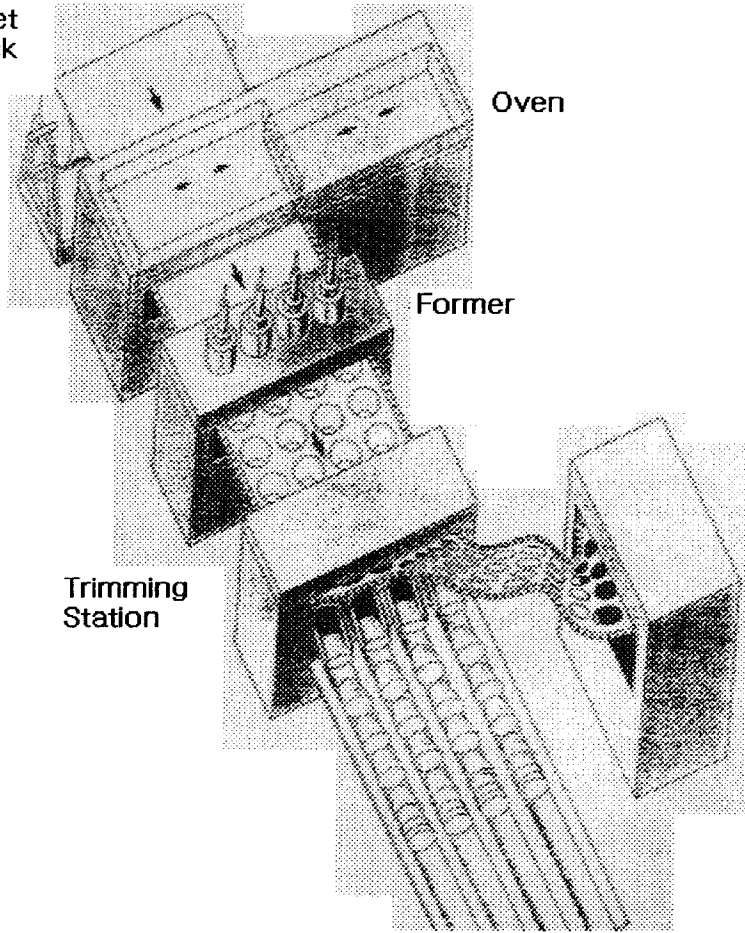
열성형은 고체상 압성형(solid phase pressure forming)과 용융상 열성형(melt phase thermo-forming)의 두 분류로 구분된다. 기본적인 공정은 플라스틱 시트의 clamping, heating, moulding, cooling, 그리고 trimming으로 구성되어 있다.

##### 나. 열성형 메카니즘

열성형법은 시트가 적절한 온도에 도달했을 때 진공 또는 공기의 압력을 사용하여 성형하며, 시트를 용기형태로 만들어주는 플러그와 금형이 동시에 움직인다. 플러그의 형태와 물질, 플러그의 작동속도는 최종제품의 품질에 큰 영향을 줄 수 있다. 금형온도는 냉각 cycle time, 완성된 표면, 각부분의 치수 안정성에 영향을 주므로 중요하다. 적당한 mould의 온도는 30 - 90도 사이이다.

[열성형 설비 개략도]

Sheet  
Stock

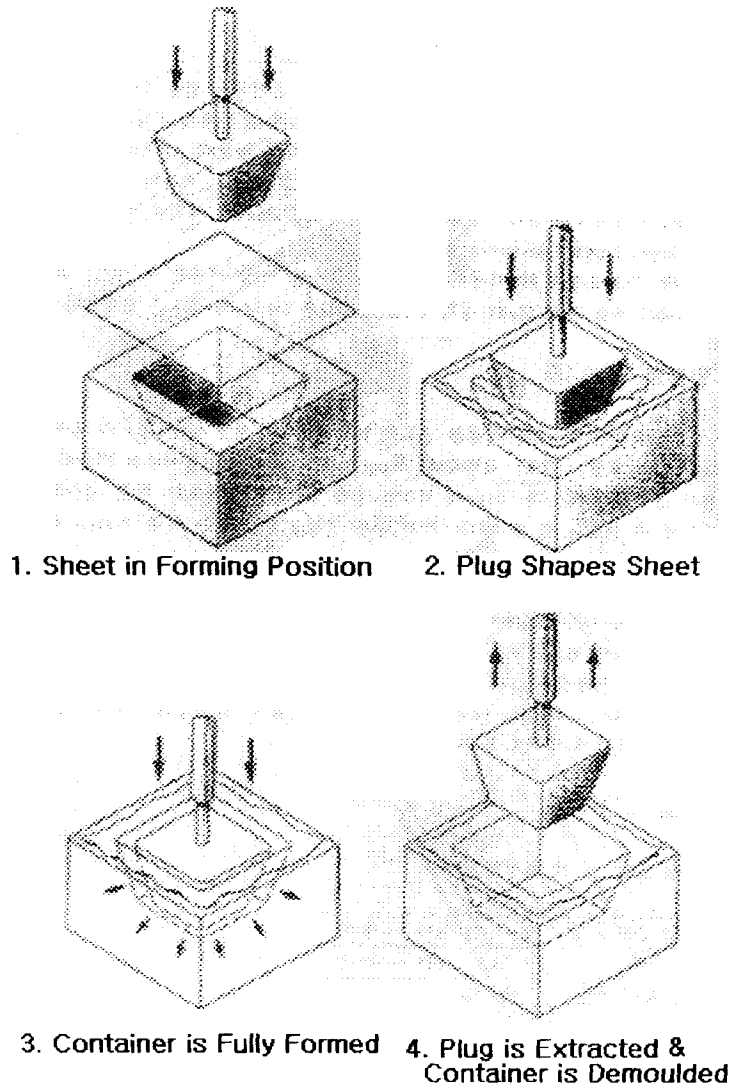


Oven

Former

Trimming  
Station

[열성형 공정도]



#### 4. 시트압출성형의 문제점과 대책

원인	조치사항
<p>Surface Defects</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 광택</li> <li>- 불규칙한 표면 광택</li> <li>- 한쪽면에서 광택이 적다</li> <li>- 표면에 반점이 발생</li> <li>- 거친 표면</li> <li>- 압출기 Surging</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roll Stack 온도를 조정하라</li> <li>- 첫 번째 Lip로 Polymer를 더 보내라</li> <li>- Nip Gap을 조정</li> <li>- 광택이 없는 표면의 Roll 접촉을 조정하라</li> <li>- 두 번째에서 최대한 접촉할 수 있도록 첫 번째 Nip Gap을 증가시켜라</li> <li>- Polymer를 건조</li> <li>- 오염을 확인</li> <li>- 공기 혼입 제거</li> <li>- 고분자의 열화 확인</li> <li>- 용융온도를 감소</li> <li>- Roll Stack 온도를 조정</li> <li>- 용융온도를 증가</li> <li>- 장치 조건 확인</li> <li>- Screw 설계 점검</li> <li>- Back Pressure 점검</li> </ul>

원인	조치사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet Stretch가 불균일 하다</li> <li>- 거친 Mold 표면</li> <li>- Drag , Mark</li> <li>- 오물 , 오염</li> <li>- Polymer 열화</li> <li>- 수분</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plug 설계 변경</li> <li>- Sheet 온도 증가</li> <li>- Polymer 선정 유의</li> <li>- Mold Clean</li> <li>- 다른 재질 사용</li> <li>- Sag Support장치를 조정하거나 부착</li> <li>- Mold Clean</li> <li>- Sheet 오염 확인</li> <li>- 재생품 사용 억제</li> <li>- Sheet 압출 조건 확인</li> <li>- Polymer 건조</li> </ul>
<p>Sheet Webbing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도가 너무 높다</li> <li>- Sheet 연신</li> <li>- Mold 설계 문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heater 조정장치 확인</li> <li>- 가열시간과 Oven 온도 감소</li> <li>- Heater와의 거리 늘려라</li> <li>- Sheet 압출조건 조정</li> <li>- Plug Assist 사용</li> <li>- Mold Tapper angle 증가</li> <li>- Mold 재설계</li> </ul>
<p>Striation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 Mold 온도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mold 온도 증가</li> <li>- Mold에 흐르는 냉각수 감소</li> </ul>

## 5. 열성형의 문제점과 대책

원인	조치사항
<p>Poor Part Detail</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도가 너무 낮다</li>   <li>- 불충분한 진공</li>   <li>- 낮은 압력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heater 효율 점검</li> <li>- 가열시간과 Oven 온도를 증가한다</li>   <li>- 진공 연결선 확인</li> <li>- 진공수준 증가</li> <li>- 누수 확인</li>   <li>- 성형압력 증가</li> <li>- Plug assist를 사용하라</li> </ul>
<p>Excessive sheet Sag, Scorched Sheet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도가 너무 높다</li>   <li>- Polymer 선택이 부적당하다</li>   <li>- 압출도중 Polymer의 열화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heater 조정장치 확인</li> <li>- 가열시간과 Oven 온도 감소</li> <li>- Sheet 중앙부위의 Oven 온도를 감소</li>   <li>- 높은 분자량의 수지 사용</li>   <li>- Screw 설계 확인</li> </ul>
<p>Abnormal Colour or Surface</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet의 온도가 부적당하다</li>   <li>- Sheet 질이 안좋다</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Heater 조정장치를 확인</li> <li>- Cycle Time 조정</li> <li>- Oven 온도 조정</li>   <li>- Sheet 압출조건 확인</li> <li>- Sheet 이송 개선</li> </ul>

원인	조치사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 낮은 Plug 온도</li> <li>- 높은 Sheet 온도</li> <li>- 불규칙한 Sheet 온도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plug 온도를 증가</li> <li>- Plug 속도를 증가</li> <li>- Plug 재질 변경</li> <li>- Heater 조정장치 확인</li> <li>- 가열시간과 Oven 온도를 감소</li> <li>- Heater 조정장치 확인</li> <li>- 균일도 조사</li> </ul>
<p>Warpage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 불균일한 Mold 냉각</li> <li>- Part 균일성이 불충분</li> <li>- Mold 설계 부적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mold 접촉시간 증가</li> <li>- Mold 온도 감소</li> <li>- 냉각호스 점검</li> <li>- 성형후 표면 냉각 조정</li> <li>- Plug 설계 변경</li> <li>- 균일한 Sheet 간격 확인</li> <li>- Sheet 온도 증가</li> <li>- 진공도 확인</li> <li>- 냉각수 및 진공도 확인</li> <li>- 가장자리부분 두께 확인</li> </ul>
<p>Poor Polymer Distribution</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 두께의 변화</li> <li>- 뜨겁거나 찬 부분</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 간극 공차 확인</li> <li>- Sheet 온도 확인</li> <li>- Oven온도나 조정장치 조절</li> </ul>



원인	조치사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 처짐</li>   <li>- Sheet 손실</li>   <li>- 차가운 Mold</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도 감소</li> <li>- Polymer Grade 변경</li> <li>- Sag Support system 부착</li>   <li>- 정돈선 조절</li> <li>- Clamp 압력 증가</li>   <li>- Mold 온도 증가</li> <li>- 냉각기 확인</li> </ul>
<p>Polymer Stick</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉각부분 문제</li>   <li>- Mold 표면 거침</li>   <li>- Mold Release 부적당</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도 감소</li> <li>- Mold 와 Plug에 주는 온도 감소</li> <li>- Mold 냉각시간 증가</li>   <li>- 거친 표면 조정</li> <li>- 재질 변경</li>   <li>- 진공주기 조정</li> <li>- Mold 와 Plug 코팅</li> </ul>
<p>Sheet Fractures</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도가 안 맞다</li> <li>- Oven에 Sheet 가 걸린다</li>   <li>- 진공으로 흠이 생김</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sheet 온도 증가</li> <li>- Sag Support System 부착</li> <li>- Polymer 확인</li>   <li>- 진공 조정</li> </ul>

## 제 4 장 실용화를 위한 경제성 분석

본 과제에서 개발된 원예작물의 근계생육조절용 플러그트레이는 원예작물의 플러그 육묘시 발생하는 뿌림꼬임과 공동화 현상을 방지하기 위하여 개발제작되었다. 제작된 플러그 트레이를 강릉대학교 실험포장, 대관령육묘공장, 개별육묘장, 일반농가에서 원예작물(배추, 양배추, 고추, 토마토)의 육묘에 사용한 결과 육묘시 발생되었던 위의 문제점들을 쉽게 해결할 수 있었고 특히 고랭지 배추재배시 문제가 되었던 정식후 뿌리활착의 문제점들이 해결되어 농민들로부터 개발제품의 효과가 매우 만족한 것으로 나타났다. 본 장에서는 본 연구를 통해서 개발된 고기능성 플러그트레이와 일반트레이의 경제성을 상호비교 분석하여 개발된 제품의 상업화의 가능성을 검토하였다. 현재 농업도 공업분야와 마찬가지로 분업화 전문화됨에 따라 육묘산업에 대한 관심이 고조되고 있으며 국내 육묘공장수도 해마다 증가추세 있고 앞으로 근채류를 제외한 대부분의 채소류는 육묘가 필요할 것으로 기대되면서 육묘시 필요한 육묘용기에 대한 수요도 증가할 것으로 전망됨으로 육묘용기 생산업체들도 이에 대한 대비가 필요할 것으로 사료된다. 최근에 사용되는 육묘용기는 90% 이상이 PS, PE 플라스틱 수지를 이용하고 있으며 원료를 수입에 100% 의존하고 있기 때문에 유가상승에 따른 가격변동이 매우 심한 것으로 알려졌다. 특히 IMF 이후 수입원자재 가격의 상승으로 인해 플라스틱 육묘용기의 가격이 3년전에 비해 40% 이상 상승하여 농산물의 생산비를 증가시키는 요인중에 하나였다. 표 4-1에서 나타낸 것처럼 국내 육묘용기 생산공장들의 추이를 보면 1995년도에부터 원예작물의 육묘산업이 증가하면서 공장수 10개 종업원수 150명으로 중소기업수준으로 시작되었으며 2000년도에는 공장수 및 종업원수가 다소 감소하여 현재 8개 업체만 공장을 가동하고 있는 실정이다. 2000년도 종업원 1인당 부가가치 생산성은 95년도에 비해 다소 떨어지는 경향을 보이고 있는데 이는 업체간에 과당경쟁으로 인한 것으로 알려졌다. 최근 5년간 육묘용 플러그트레이 구수별 생산추이를 보면 표 4-2에 제시된 것처럼 30구 이하는 5% 이하로 매우 적으며 과채류 육묘에 사용되는 40구, 50구, 72구는 35%이며 엽채류 전용인 128구, 162구가 35%이고 200구 이상은 20%정도 차지하고 있다. 그러나 앞으로 양파, 시금치, 양채류 등의 육묘가 시작되면서 300구 이상의 플러그트레이의 수요가 점차 증가할 것으로 사료된

다. 배추의 경우 남부지방의 농민들은 비교적 구수가 적은 102구 중부지방의 고랭지 배추재배 농민들은 162구나 200구를 선호하는 것으로 나타났다. 앞으로 작목별 혹은 재배형태에 따른 적정 육묘용기 구수의 수요가 증가하고 있는 추세이기 때문에 현재의 구수형태는 좀더 세분화 될 것으로 생각된다. 일부 농민들은 재배밀도가 묘의 생육에 많은 영향을 미치는 것으로 보고하여 플러그트레이 형태도 다소 변화될 것이다. 또한 육묘중 통기성이 문제가 있어 이를 해결하기 위한 연구가 진행중에 있는 것으로 보고되었다.

표 4-1. 최근 5년간 육묘용기 생산공장의 추이

년도	사업체수	종업원수	부가가치 생산성 (백만원/인)	공장당 생산액 (백만원)
1995	10	150	150	2,000
1996	10	150	150	2,000
1997	9	140	140	1,867
1998	9	140	140	1,867
1999	10	150	150	2,000
2000	8	135	135	1,800

표 4-2. 최근 5년간 육묘용 트레이 구수별 생산 비율

년도	30구	40구	50구	72구	105구	128구	162구	200구	288구	406구	500구	합계 (%)
1995	5	10	15	10	5	15	20	5	5	10	0	100
1996	5	10	15	10	5	15	20	5	5	10	0	100
1997	5	10	15	10	5	15	20	5	5	10	0	100
1998	5	10	15	10	5	15	20	5	5	10	0	100
1999	5	10	15	10	5	15	20	5	5	10	0	100
2000	5	10	15	5	5	15	20	5	5	10	5	100

표 4-3에서 보는 바와 같이 현재 국내에서 사용되는 육묘용 플러그트레이의 규격은 생산공장마다 약간의 차이는 있지만 50구·70구·128구·200구 모두 밀도 1.0, 함수율

0.1, 하단점항장력 30, 하단점 신장율 300, 하단점 탄성율 300으로 농가에서 3년이상 사용하는데 커다란 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 일부 농민들은 하단점 항장력 및 하단점 신장율의 증가를 요청하고 있으나 용기생산비용과 제작과정의 변경이 필요하여 현실적으로는 어려운 실정이다. 본 연구에서 개발된 고기능성 플러그트레이도 일반트레이와 아주 비슷한 경향을 보여 표준규격의 수준에 만족하는 결과가 나타났다.

표 4-3. 국내 B사 육묘용 트레이 규격

종 류	밀 도 (g/cm <sup>3</sup> )	함수율 (%)	하단점 항장력 (kg/cm <sup>2</sup> )	하단점 신장율 (%)	하단점 탄성율 (kg/cm <sup>2</sup> )
일반형 50구	1.0	0.1	30	300	300
70구	1.0	0.1	30	300	300
기능성 50구	1.0	0.1	30	300	300
70구	1.0	0.1	30	300	300

표 4-4. 국내 B사 육묘용 트레이 제조원가 제시

구 분	일반트레이		기능성트레이	
원재료(톤)	PS칩	1,100,000원		1,100,000원
부재료			첨가제	36,800원
			구리화합물	50,000원
공 정		1,200,000원		1,200,000원

표 4-4는 국내 B사의 육묘용 트레이 제조원가를 제시하고 있다. 플러그트레이 제조원가는 원재료, 부재료, 공정비로 구분이 되어 일반트레이의 경우 원재료와 공정비가 차지하는 비율이 각각 50%를 차지하고 있으나 기능성트레이를 제작과정에는 표면코팅에 사용되는 부재료로써 첨가제와 구리화합물이 포함되는데 이때 부재료가 차지하는 비율은 총 제조원가중의 약 4%정도로 커다란 원가상승의 요인이 되지 않았다

만약 첨가제를 외국에서 수입을 할 경우 부재료 비용이 상승하겠지만 본 실험에서 사용되었던 첨가제는 국내에서 쉽게 구입이 가능하여 플러그트레이 표면코팅 비용은 커다란 문제가 없는 것으로 사료된다.

표 4-5. 국내 B사의 육묘용 플러그트레이 생산비(100개/box)

구 분	일반트레이		기능성트레이	
	평균 소요량(kg)	평균원가(원)	평균 소요량(kg)	평균원가(원)
원 료	17	18,700	17	18,700
부재료	1BOX	0	1BOX	1,475
계(원)		18,700		20,176

본 연구에서 제작된 과채류 및 엽채류 전용 플러그트레이의 생산비를 비교한 결과는 표 4-5와 4-6과 같다. 기능성트레이 생산단가는 20,176원으로 일반트레이 생산비에 비해 약 8% 정도 가격이 상승하는 것으로 나타났다. 기능성 플러그트레이 생산의 구성요소는 원자재인 PS칩과 부재료인 첨가제 및 구리화합물이 포함되어 평균가격이 약간 상승하였지만 근계생육조절 효과가 매우 뛰어나 일반트레이에 비해 충분한 가격 경쟁력이 있는 것으로 사료된다.

표 4-6. 국내 B사 육묘용 플러그트레이 재료비 비교 예시

구 분	일반트레이(1톤)		기능성트레이(1톤)	
	원가	비율	원가	비율
변동비 원재료	1,100,000원	86.0%	1,100,000원	81.7%
부재료	0원	0%	86,800원	5.0%
에너지	19,400원	1.5%	19,400원	1.4%
간접재료비	30,000원	2.3%	30,000원	2.2%
소 계	1,149,400원	89.8%	1,236,200원	90.3%
고정비 노무비	76,000원	6.0%	76,000원	5.7%
제조경비	54,000원	4.2%	54,000원	4.0%
소 계	130,000원	10.2%	130,000원	9.7%
합 계		100%		100%

표 4-7은 1998년도 기능성 플러그 트레이 사용에 따른 고랭지 여름배추의 비용 및 소득을 나타낸 것이다. 고랭지 여름배추의 생산비용은 경영비와 수입을 기준으로 하여 일반트레이와 기능성트레이 사용시 경제성을 간단히 비교 분석하였다. 고랭지 여름배추의 문제점은 육묘시 뿌리꼬임과 공동화 현상으로 정식시 활착이 낮아 환경스트레스에 민감하게되어 수량 및 품질의 감소가 문제점으로 나타나고 있는 실정이다. 일반적으로 고랭지 여름배추의 재배시기는 5월부터 9월말까지로 해발 600m 이상에서 재배되고 있으며 육묘는 5월말부터 시작하여 7월중하순까지 계속된다. 현재 고랭지 배추 재배농민들은 자가육묘를 하거나 육묘공장에서 묘를 구입하여 배추를 재배하는 실정이다. 육묘기간 중에 비교적 고온다습하여 배추묘의 도장이 매우 심각한데 기능성트레이를 사용할 경우 지하부의 생육조절을 통하여 묘의 도장이 억제되어 우량묘를 생산할 수 있었다. 따라서 육묘시 도장억제를 위한 성장조정제를 사용하지 않음으로써 얻어지는 효과도 있다. 고랭지 여름배추의 가격을 3,000/10kg으로 할 때 기능성트레이를 사용할 경우 10a당 소득은 2,278,264원으로 일반트레이의 2,100,425원보다 약 177,839원 높은 것으로 나타났다. 기능성 트레이를 사용할 경우 수익성은 일반트레이 사용에 비하여 약 9 %이상 높았다. 결과적으로 기능성트레이사용에 의한 배추재배의 경제성은 일반트레이에 비하여 경제성은 높아질 것으로 사료된다. 표 4-8은 기능성트레이 사용에 따른 건고추의 비용 및 소득의 경제성을 분석한 것이다. 고추재배에서의 경제성은 기능성트레이와 일반트레이 사용에서 커다란 차이가 없었다. 과채류는 정식후의 재배관리가 생육에 커다란 영향을 미치기 때문에 우량묘를 정식했다 하여도 최종수량에는 차이가 없었지만 초기생육이 좋아 수확시기는 조금 빠른 것으로 나타났다. 그러나 육묘중에는 기능성트레이를 사용할 경우 초장이 짧고 염육이 두꺼운 우량묘의 생산이 가능하여 육묘중의 효과도 경제성 분석에 가산된다면 기능성트레이는 일반트레이에 비하여 경제성이 있는 것으로 사료된다.

표 4-7. 기능성 트레이 사용에 따른 고랭지 여름 배추의 비용 및 소득

항 목		일반트레이	기능성트레이
		금액(원/10a)	금액(원/10a)
경 영 비	종묘비	40,225	40,225
	무기질비료비	51,852	51,852
	유기질비료비	61,868	61,868
	농약비	35,610	30,000
	트레이비용	3,460	3,670
	육묘관리비용	1,561	1,561
	기타비용	82,560	82,560
소 계		275,575	271,736
수입(수량×가격)		7,920kg/10a × 3,000원/10kg =2,376,000원	8,500kg/10a × 3,000원/10kg =2,550,000원
소득(수입-경영비)		2,376,000 - 275,575= 2,100,425원	2,550,000 - 271,736 = 2,278,264원

종묘비 : 시중판매가격

유기질비료 : 시중판매가격

농약비 : 시중판매가격

트레이비용 : 본 연구에서 개발된 트레이의 제품원가

기타비용 : 농진청의 경영관실의 작목별 작업단계별 노동력 투하시간의 표준에 의해 산정

배추가격 : 99년도 가락동 농수산물도매시장 8월 가격(3,000원/10kg)을 기준으로 정함

표 4-8. 기능성 트레이 사용에 따른 건고추의 비용 및 소득

항 목		일반트레이	기능성트레이
		금액(원/10a)	금액(원/10a)
경	종묘비	44,832	44,832
	비료비	59,340	59,340
	농약비	32,304	32,304
영	트레이비용	5,610	5,950
	육묘관리비용	86,854	66,000
비	기타비용	690,257	690,257
	소 계	919,197	898,683
수입(수량×가격)		166.6kg/10a × 13,000원/kg = 2,158,000원	165.8kg/10a × 13,000원/kg = 2,145,000원
소득(수입-경영비)		2,158,000원 - 919,197원 = 1,238,803원	2,145,000원 - 898,683원 = 1,246,317원

종묘비 : 시중판매가격

유기질비료 : 시중판매가격

농약비 : 시중판매가격

트레이비용 : 본 연구에서 개발된 트레이의 제품원가

기타비용 : 농진청의 경영관실의 작목별 작업단계별 노동력 투하시간의 표준에 의해 산정

배추가격 : 99년도 가락동 농수산물도매시장 8월 가격(13,000원/kg)을 기준으로 정함



## 참 고 문 헌

- 강영희, 신영오. 1996. 식물영양학. 아카데미서적. pp. 333.
- 농경과 원예. 2000년 2월호. 농경과 원예사. pp. 162-176.
- 박한영, 손기철, 구은영, 임기병, 김병한. 1996. 주야온도차(DIF) 처리가 고추 플러그묘의 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 37:617-621.
- 유근창, 김일섭, 정천순, 윤형권. 1997. 고온기 토마토의 plug 육묘시 접촉 자극 및 uniconazole 처리가 생장억제에 미치는 영향. 강원대학교 농업과학연구소지 8:1-8.
- 서정근. 1997. 카네이션 Plug 삽목시 모본의 일장, 온도, 용토 및 생장조절제 전처리가 발근 및 품질에 미치는 영향. 한국원예학회지 38:303-308.
- 신영안, 김광용, 김영철, 서태철, 정주호, 박한영. 2000. Plug Cell 크기와 육묘일수가 고추의 묘소결과 정식후 초기생장에 미치는 영향. 한국원예학회지 41:49-52.
- 용영록, 전지영, 심상연. 1999a. 식물근계생장저지용 플라스틱 육묘용기 생산 및 그 응용기술. Proc. Korea-Japan Symp. on Transplant Production in Horticultural Plants. Cheongju. Korea.
- 용영록, 심상연, 전지영, 이호선. 1999b. 식물 근계제어용 트레이에 의한 원예작물의 육묘기술. 원예과학기술지 17:184.
- 용영록, 전지영, 심상연, 황일기. 1999c. 식물 근계 생육제어용 플러그 트레이에서 육묘된 배추묘의 뿌리 형태학적 특성. 원예과학기술지 17:610.
- 용영록, 전지영, 이호선, 심상연. 1999d. 식물 근계 생육제어용 플러그 트레이가 배추 뿌리의 생장과 효소활성에 미치는 영향. 원예과학기술지 17:610.
- 임기병, 손기철, 정재동. 1997a. 주야간 온도차 처리에 의한 살비아 플러그묘의 생장 및 정식후 생육. 한국원예학회지 38:408-414.
- 임기병, 손기철, 정재동. 1997b. 살비아 플러그묘 節間伸長에 미치는 DIF와 生長調節劑의 相互作用. 한국원예학회지 38:415-419.
- Arnold, M.A. 1992. Timing, acclimation period, and cupric hydroxide concentration after growth responses of the Ohio production system. J. Environ. Hort. 10:114-117.

- Arnold, M.A. and D.K. Struve. 1989a. Cupric carbonate controls green ash root morphology and root growth. Hort. Sci. 24:262-264.
- Arnold, M.A. and D.K. Struve. 1989b. Growing green ash and ted oak in CuCO<sub>3</sub>-treated containers increases root regeneration and shoot growth following transplant. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:402-406.
- Arnold, M.A. and E. Young. 1991. CuCO<sub>3</sub>-painted containers and root pruning affect apple and green ash root growth and cytokinin levels. Hort. Sci. 26:242-244.
- Case, G.N. and M.A. Arnold. 1992. Cupric hydroxide treated containers decrease pot-binding of five species of vigorously rooted greenhouse crops. Proc. Southern Nurserymen's Assn. Res. Conf. 37:94-98.
- Coombes, A.J., N.W. Lepp, and D. A. Phipps. 1976. The effect of copper IAA-Oxidase activity in root tissue of barley. Z. Pflanzenphysiol. 80:236-242.
- Flanagan, P.C. and W.T. Witte. 1991. Effects of chemical root pruning of root regeneration and cellular structure of *Viburnum* root tips. San Research Conference. Vol 36.
- Gross, R.E., P. Pugno, and W. M. Dugger. 1970. Observations on the mechanism of copper damage in *Chlorella*. Pl. Phys. 46:183-185.
- Hewitt, E. 1953. Metal interrelationships in plant nutrition. I. Effects of some metal toxicities of sugar beet, tomato, oat, patato and marrowstem kale grown in sand culture. J. Exp. Bot. 4:59-64.
- Hordenberg, A.V. and A. Finck. 1975. Ermittlung von toxizitats-grenzwerten fur zink, kupfer nud blei in hafer und rotklee. Z. Planzenernahr. Bodenk. 138:489-503.
- Matto, A.K., J.E. Baker, and H.E. Moline. 1986. Induction by copper ions of ethylene production in *Spirodela oligorrhiza* : evidence for a pathway independent of 1-amminocyclopropane-1-carboxylic acid. J. Plant Physiol. 123:193-202.

- Mukher, J.S. and B.D. Gupta. 1972. Characterization of copper toxicity in lettuce seedlings. *Physiol. Plant.* 27:126-129.
- Nichols, T.J. and A.A. Alm. 1983. Root development of container-treated, nursery-grown, and naturally regenerated pine seedling. *Can. J. For Res.* 13:239-245.
- Nielsen, E.S., L.K. Nielsen, and S.W. Andersen. 1969. The effect of deleterious concentrations of copper on the photosynthesis of *Chlorella pyrenoidosa*. *Physiol. Plant.* 22:1121-1133.
- Robson, A.D. and D.J. Reuter. 1981. Diagnosis of copper deficiency and toxicity. p. 287-312. In *Copper in Soils and Plants* Loneragan, J.F., A.D. Robson, and R.D. Graham (eds.). Academic Press, London.
- Skene, K.G.M. 1975. Cytokinin production by roots as a factor in the control of plant growth, p. 365-396. In: J.G. Yorrey and D.T. Clarkson (eds.). *The development and function of roots*. Academic press, New York.
- Soeder, C.J., G. Schulze, and D. Thiele. 1967. Einfluss verschiedener kulturbedingungen auf das wachstum in synchronkulturen von *Chlorella fusca* Sh. et. Kr. *Arch. hydrobiol.* 33:127-171.
- Svenson, S.E. and D.L. Johnston. 1992. Faster growth of *Radermachera sinica* after transplanting from copper-treated liners. *San Research Conference Vol. 37*.
- Svenson, S.E., D.L. Johnston, and B.L. Coy. 1995. Shoot and root responses of eight subtropical species grown in cupric hydroxide-treated containers. *Hort. Sci.* 30:249-251.
- Svenson, S. E. and T.K. Broschat. 1992. Copper hydroxide controls root circling in container-grown West Indies mahogany and carpe ntaria palm. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 105:219-220.

<본 과제와 관련되어 국내외 특허출원 내용 및 학회에 발표된 논문제목>

국내특허 출원 1건

발명의 명칭: 식물 근계시스템 생육조절을 위한 농업용 자재 및 그 제조방법

출원인: 강릉대학교

국외특허 출원 1건

발명의 명칭: Agricultural materials for regulating plant root growth system and preparation method therefor

국내논문

심상연, 용영록. 2000. 식물 근계 생육조절용 기능성 플러그 트레이의 제조 및 리칭 특성. 공업화학. 20: 720-723.

용영록, 전지영, 심상연. 1999. 식물 근계 생육제어용 플라스틱 육묘용기 생산 및 그 응용 기술. 충북대 Proceeding of the Korea-Japan Joint Symposium. 101-116.

용영록, 전지영, 심상연. 1999. 식물 근계 생육제어용 플러그 트레이에서 육묘된 배추 묘의 뿌리 형태학적 특성. 원예과학기술지 17: 610.

용영록, 전지영, 심상연. 1999. 식물 근계 생육제어용 플러그 트레이가 배추 뿌리의 생육과 효소활성에 미치는 영향. 원예과학기술지 17: 610.

용영록, 심상연, 전지영, 이호선. 1999. 식물 근계제어용 트레이에 의한 원예작물의 육묘기술. 원예과학기술지 17: 185.

전지영. 2000. 근계생육조절용 플러그트레이가 배추 생육에 미치는 영향. 강릉대학교 산업대학원 석사학위논문.

용영록, 심상연, 전지영. 1999. 대전국제엑스포 농자재 전시회에 플러그트레이 시작품 전시.

용영록, 심상연, 전지영. 2000. 서울코엑스 국제농자재 전시회에 플러그트레이 시작품 전시.

<부 표>



919980004617



10111010000000000000

방식 심사관	담 당	심 사 관

【서류명】 출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【창조번호】 2

【제출일자】 1999.05.11

【발명의 국문명칭】 식물 근계시스템 생육조절을 위한 농업용 자재 및 그 제조방법

【발명의 영문명칭】 Agricultural materials for regulating plant root growth system and method for preparation therefor

【출원인】

【성명】 용영록

【출원인코드】 4-1995-114501-1

【출원인】

【성명】 심상연

【출원인코드】 4-1995-120214-8

【대리인】

【성명】 이덕록

【대리인코드】 9-1998-000461-7

【포괄위임등록번호】 1999-033341-5

【포괄위임등록번호】 1999-033342-2

【발명자】

【성명】 용영록

【출원인코드】 4-1995-114501-1

【발명자】

【성명】 심상연

【출원인코드】 4-1995-120214-8

【우선권주장】

【출원국명】 KR

【출원종류】 특허

【출원번호】 10-1998-0017979

【출원일자】 1998.05.19

【증명서류】 첨부

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다.

대리인

이덕록 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 2 면 2,000 원

【우선권주장료】 1 건 26,000 원

【상사청구료】 0 항 0 원

【합계】 57,000 원

【감면사유】 개인

【감면후 수수료】 41,500 원

【첨부서류】 1. 요약서· 명세서(도면)\_1통

PATENT COOPERATION TREATY

From the RECEIVING OFFICE

To:  
 Lee, Duck Rog  
 2nd Fl., Yeil Bldg., 700-19, Yeoksam-dong, Kangnam-gu, Seoul 135-080, Korea

**PCT**

NOTIFICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION NUMBER AND OF THE INTERNATIONAL FILING DATE

(PCT Rule 20.5(C))

Date of mailing (day/month/year) 20 MAY 1999 (20.05.1999)

Applicant's or agent's file reference **YL990519PCT** **IMPORTANT NOTIFICATION**

International application No. PCT/KR99/00247	International filing date (day/month/year) 19 MAY 1999 (19.05.1999)	Priority date (day/month/year) 19 MAY 1998 (19.05.1998)
---	--	--

Applicant  
 YEOUNG, Young Rog et al

Title of the invention  
 AGRICULTURAL MATERIALS FOR REGULATING PLANT ROOT GROWTH SYSTEM AND PREPARATION METHOD THEREFOR

1. The applicant is hereby notified that the international application has been accorded the international application number and

2. The applicant is further notified that the record copy of the international application:

was transmitted to the International Bureau on \_\_\_\_\_

has not yet been transmitted to the International Bureau for the reason indicated below and a copy of this notification has been sent to the International Bureau\*.

because the necessary national security clearance has not yet been obtained.

because (reason to be specified):

\* The International Bureau monitors the transmittal of the record copy by the receiving Office and will notify the applicant (with Form PCT/IB/301) of its receipt. Should the record copy not have been received by the expiration of 14 months from the priority date, the International Bureau will notify the applicant ( Rule 22.1(c)).

Name and mailing address of the receiving Office Korean Industrial Property Office Government Complex-Taejon, Dunsan-dong, So-ku, Taejon Metropolitan City 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-3466	Authorized officer COMMISSIONER Telephone No. 82-42-481-5213
--	--



# PCT

## REQUEST

The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty.

For receiving Office use only

International Application No.

International Filing Date

Name of receiving Office and "PCT International Application"

Applicant's or agent's file reference  
(if desired) (13 characters maximum) YL990519PCT

<b>Box No. I TITLE OF INVENTION</b> AGRICULTURAL MATERIALS FOR REGULATING PLANT ROOT GROWTH SYSTEM AND PREPARATION METHOD THEREFOR	
<b>Box No. II APPLICANT</b>	
Name and address: (Family name followed by given name: for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)	
YEOUNG, Young Rog 102-1107, Hanjoo Apartment, Oneui-dong, Chooncheon-city, Kangwon-do 200-190, Republic of Korea	
<input checked="" type="checkbox"/> This person is also inventor.	
Telephone No. 0391-640-2356	
Facsimile No. 0391-647-9535	
Teleprinter No.	
State (that is, country) of nationality: KR	State (that is, country) of residence: KR
This person is applicant for the purposes of: <input checked="" type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box	
<b>Box No. III FURTHER APPLICANT(S) AND/OR (FURTHER) INVENTOR(S)</b>	
Name and address: (Family name followed by given name: for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country. The country of the address indicated in this Box is the applicant's State (that is, country) of residence if no State of residence is indicated below.)	
SHIM, Sang Yeon 103-101, Cheongsong Apartment, #1193-2, Ponam 2-dong, Kangnung-city, Kangwon-do 210-112, Republic of Korea	
This person is: <input type="checkbox"/> applicant only <input checked="" type="checkbox"/> applicant and inventor <input type="checkbox"/> inventor only (If this check-box is marked, do not fill in below)	
State (that is, country) of nationality: KR	State (that is, country) of residence: KR
This person is applicant for the purposes of: <input checked="" type="checkbox"/> all designated States <input type="checkbox"/> all designated States except the United States of America <input type="checkbox"/> the United States of America only <input type="checkbox"/> the States indicated in the Supplemental Box	
<input type="checkbox"/> Further applicants and/or (further) inventors are indicated on a continuation sheet.	
<b>Box No. IV AGENT OR COMMON REPRESENTATIVE; OR ADDRESS FOR CORRESPONDENCE</b>	
The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as: <input checked="" type="checkbox"/> agent <input type="checkbox"/> common representative	
Name and address: (Family name followed by given name: for a legal entity, full official designation. The address must include postal code and name of country)	
LEE, Duck Rog 2nd Fl., Yorksam Bldg., 700-19, Yorksam-dong, Kangnam-ku, Seoul 135-080, Republic of Korea	
Telephone No. 02-555-1717	
Facsimile No. 02-555-1784	
Teleprinter No.	
<input type="checkbox"/> Address for correspondence: Mark this check-box where no agent or common representative is/has been appointed and the space above is used instead to indicate a special address to which correspondence should be sent.	