

# 파프리카 고랭지 여름작형에 적합한 생산체계 확립

(Establishment of optimum production system for  
highland summer cropping in sweet  
pepper(*Capsicum annuum* L.)

강원대학교 농업생명과학대학

농림수산식품자료실



0017089

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “과프리카 고랭지 여름작형에 적합한 생산체계 확립” 과제의  
보고서로 제출합니다.

2009년 4 월 20 일

주관연구기관명 : 강원대학교  
주관연구책임자 : 김 일 섭  
세부연구책임자 : 김 일 섭  
연 구 원 : 강 호 민  
연 구 원 : 신 석 범  
연 구 원 : 김 용 섭  
협동연구기관명 : 강원도농업기술원  
협동연구책임자 : 원 재 희  
연 구 원 : 전 신 재  
협동연구기관명 : 강릉원주대학교  
협동연구책임자 : 용 영 록  
연 구 원 : 김 병 섭

# 요 약 문

## I. 제 목

파프리카 고랭지 여름작형에 적합한 생산체계 확립

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라의 착색단고추 재배는 1994년에 제주도의 유리온실에서 항공기의 기내식 납품을 위하여 처음 재배되었고, 1995년 전북 김제를 중심으로 본격적인 재배가 시작되었다. 1990년대 후반에는 일본 수출을 위한 시설 현대화 지원을 통하여 재배면적이 2000년 110ha에서 2006년 335ha로 급격히 증가하였다. 일본으로의 수출량은 2007년도 14,185톤, 수출액 47,154천불로서 우리나라 전체 채소류 수출액의 24%를 점유하여 신선농산물 중 수출액 1위를 차지하고 있다.

우리나라의 착색단고추 재배작형은 크게 겨울재배(winter cultivation)와 여름재배(summer cultivation)로 나눌 수 있다. 국내 도입 초기에는 전북, 경남 등의 남부지역에서 여름철 7~8월에 파종하여 육묘한 후 9~10월에 정식하여 11월부터 다음해 6~7월까지 수확하는 겨울재배 작형이 주를 이루었다. 그러나 이러한 겨울재배 작형만으로는 8~11월까지의 생산량이 부족하여 연중 일정한 수출물량을 확보하기가 어려웠다. 따라서 이러한 단경기에 착색단고추를 생산할 수 있는 고랭지 여름재배 작형의 기술 개발이 절실히 요구되었다.

파프리카는 전국적으로 재배면적 및 수출량이 계속적으로 증가하고 있지만 고온재배 시 근권의 온도가 상승하여 뿌리활력의 저하에 따른 양, 수분 흡수 불균형으로 인해 배꼽썩음병 등 각종 생리장해가 발생하여 품질저하가 심각하다. 아울러, 과습한 환경에서 잿빛곰팡이병의 발생이 높아 파프리카재배 농민들의 경제적 손실이 큰 실정이다.

## III. 연구개발 내용 및 범위

### 1. 파프리카 시설유형별 적정 작형 및 재배관리법 확립

- 가. 시설유형별 적정 고랭지 여름작형 개발 조사
- 나. 고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발(파프리카 + 토마토)
- 다. 저온기 우량 유묘 생산기술 개발
- 라. 고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발

마. 슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미치는 영향

바. 생육 후기 착색 증진방법 모색

## 2. 파프리카 고온기 착과증진 기술 개발

가. 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과

나. 착과절위 및 착과수 조절에 따른 착과특성

다. 고온기 차광에 의한 착과증진 효과

라. 4-CPA를 이용한 착과증진 효과

## 3. 파프리카 우량묘 생산 및 여름 재배시 발생하는 주요 병해 방제 기술 개발

가. 질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잣빛곰팡이병 방제에 대한 효과

나. 파프리카 재배에 발생하는 잣빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향

다. 파프리카에서 발생하는 잣빛곰팡이병에 대한 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과

라. 포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잣빛곰팡이병균 선택배지 개량

# IV. 연구개발 결과 및 성과활용 계획

## 1. 파프리카 시설유형별 적정 작형 및 재배관리법 확립

가. 시설 유형별, 지역별, 정식 시기별 월별 생산량 추이, 병해충 발생 현황 비교분석을 통한 결과 유리온실이 다른 하우스에 비하여 연간 총 수확량이 높았으며, 정식시기가 빠를수록 생산량이 증대되는 경향을 보였고, 강원도 고랭지지역에서 파프리카의 손익분기점 이상의 생산량을 확보하기 위해서는 4월 초순 이전에 정식하는 것이 유리하다. 고랭지 여름 파프리카 생산의 기초자료를 얻음.

나. 고랭지 파프리카 단기 후작 작형으로 토마토 재배에 적합한 품종을 선발하고, 배지(슬러브)재사용이 토마토의 생육 및 수량에 영향이 없었으며, 경제성 분석을 통하여 재사용 배지 사용 재배가 평당 42kg의 생산이 가능한 점을 고려하면 충분한 경제성 있음.

다. 저온기 우량 유묘 기술 개발을 위해 품종별 묘소질을 비교하고, 이식방법 및 큐브내 함수율 차이에 따른 묘소질 변화 결과 L자 절곡과 U자 절곡으로 이식하였을 때, 큐브내 함수율은 60%가 적절하였다.

- 라. 파프리카의 유인방법에 따른 비교실험 결과 관행의 2분 유인 보다 3분 유인이 초기 수량은 높았지만, 후기로 갈수록 소과의 비율이 높아졌다. 하지만 경제적 산출을 통한 상품과 수량 효과는 3분 유인이 2분 유인보다 평당 1.7kg 수량이 많아 농가 소득 향상 유도
- 마. 슬러브내 함수율 처리방법에 따른 결과는 초기 생육은 슬러브내 함수율 100%처리가 우수 하였으나, 생육 후기 관행에 비하여 비상품과가 많이 발생 하였고, 수량특성을 분석한 결과 슬러브내 함수율 50% 처리가 관행에 비하여 생육 및 수량특성이 높았으나, 유의성 없는 차이가 나타나 슬러브내 함수율 50%까지 관리가 가능 하다고 판단하므로 본 시험을 재배기술 자료로 제공
- 바. 착색증진 방법으로 수확 전후 에틸렌 발생제 처리는 착색 유도에 그다지 효과적이지 못하며, 에틸렌 처리보다 처리 온도와 더욱 효과적으로 나타났고, NaCl 처리 방법에 따른 효과는 NaCl 처리가 높을수록 착색증진의 효과가 나타났으나, 과실의 노화가 빨리 진행되는 문제점이 도출 되었고, 근권부 제한에 따른 착색증진 효과는 근권부 50%제한 처리가 1일 빠른 효과가 나타났으나, 이것은 환경과 시기에 매우 유동적이어서 착색 증진 효과가 없다고 판단.

## 2. 파프리카 고온기 착과증진 기술 개발

- 가. 측지엽수 처리에 따른 엽면적 지수는 품종 간에는 생육이 빠른 'Fiesta'가 엽면적 지수의 확보가 빨랐고, 처리에 따른 경시적인 변화는 엽면적 지수 3.0에 도달하는 시기는 'Special'의 경우 측지엽수 2매 처리가 7월 중순(정식 후 107일)이었고, 'Fiesta'의 경우 측지엽수 1매 처리가 8월 상순(정식 후 130일), 측지엽수 2매 처리는 6월 하순으로 나타났고, 분지별 착과율을 기초로 한 적정 엽면적지수는 품종 간에 차이가 있어 'Special' 품종은 3.0 'Fiesta'는 3.5 이었다. 유인작업시 측지 2매를 유도하여 적정 엽면적지수에 도달하는 시기는 분지절위 18~20절 발생시기로 'Special'과 'Fiesta' 품종에서 각각 8월 상순, 7월 하순으로 조사되었고, 그 시기에 착과율이 높았다.
- 나. 착과 개시 절위 및 착과수에 따른 초장을 보면, 'Special'의 경우 정식 후 84일째인 8월 16일에는 처리간의 차이가 뚜렷하여 낮은 절위에서 착과가 유도될수록, 착과수가 많을수록 초장이 작아졌고, 'Fiesta'의 경우 'Special'과 달리 정식 후 84일째인 8월 16일에도 처리에 따른 초장의 차이가 뚜렷하지 않았다. 착과절위 및 착과 수에 따른 월별 수량은

'Special'의 경우 착과절위가 높고 착과수가 적을수록 9~10월의 수량이 높았고, 두 품종 모두 대부분의 처리구에서 총 수량과 규격품 비율의 뚜렷한 경향은 도출하지 못하였다.

다. 차광에 의한 식물체온 하강효과는 차광을 하기 전 무차광과 차광처리에서 각각 25.7, 25.8℃였으나 차광처리 후에는 식물체의 온도가 급격히 하강하여 처리 90분 후에는 무처리 대비 5.8℃ 하강한 20.8℃이었다. 절위별 누적 착과수는 차광처리구가 무처리구에 비해 증가하였다. 'Fiesta' 품종도 차광처리구에서 무처리구의 10.7개/주보다 2.0/주개 늘어난 12.7/주개로 조사되었다. 수량특성은 차광처리가 무처리에 비하여 'Special'은 0.4kg/주, 'Fiesta'는 0.1kg/주 증가하였다. 품종 간에 있어서는 'Special' 품종이 차광에 의한 착과 증진 효과가 컸다.

라. 4-CPA를 이용한 착과증진 효과는 초장, 분지수등 생육은 처리농도에 따라 큰 차이가 없었고, 'Special' 품종에서 100배액 처리구가 무처리 대비 1.2개 많았고, 'Fiesta' 품종은 200, 400배액 처리에서 수확과수가 9.4개로 많았다. 절위별 착과율의 변화는 품종 간 착과 특성이 우수한 'Fiesta' 품종의 착과율이 높았으나, 4-CPA 처리 간 차이를 보이지 않아 파프리카의 착과증진 효과는 크지 않았다.

### 3. 파프리카 우량묘 생산 및 여름 재배시 발생하는 주요 병해 방제 기술 개발

가. 본 연구결과 칼슘과 질소의 증가에 따른 양액처리는 우량육묘를 생산하기위해 영향을 주었으며 아울러 칼슘제제를 이용한 잣빛곰팡이병 방제도 긍정적인 반응을 보였다.

나. 본 연구에서 얻어진 예찰 기구는 원예작물(과채류, 화훼류 등)을 시설 재배하여 고부가 가치 농산물을 생산하는 농민 스스로 저항성 상황 조사에 이용

다. 저항성균 방제에 효율적인 방제 체계를 이용 불필요한 농약 살포를 줄임

라. 다른 병해의 예찰 체계로 응용 활용이 가능

마. 친환경자재를 이용한 잣빛곰팡이병 방제

# SUMMARY

## I. The subjective of the project

Establishment of optimum production system for highland summer cropping in sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)

## II. The objective and importance of the project

Sweet pepper is one of the major agricultural products to export, corresponding to 24% of total export of vegetables. Increasing summer cultivation area since 2003 enables to year-round export of the sweet pepper. However, summer cultivation has some problems including low yield and fruit quality due to short history of development of cultivation techniques compared with winter cultivation. Reduced yield due to decreased fruit sets has been one of major problems in cultivating sweet pepper in alpine area in summer having high temperature and humid climate.

Although the production areas and exportation of paprika have been increasing on a national scale, its quality was not good, due to the occurrence of physiological disorder such as blossom end rot (BER). It was occurred that the roots couldn't absorb the nutrient and water, especially the temperature around the roots was very high. The gray mold caused by *Botrytis cinerea* raised a big economic damage for farmers in humid surrounding.

## III. The contents of the project

1. Establishment of optimum cultivation and cropping systems of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in different greenhouse types
  - A. Investigation and development of proper summer cropping systems in different greenhouse types
  - B. Development of short-term cropping after cultivating paprika( paprika + tomato)
  - C. Developed production techniques of high quality seedling in low temperature season
  - D. Development of suitable training method for high-land cropping of paprika

- E. Influence of water content rate in slab on growth and quality of paprika fruit
- F. Development of techniques for improving coloration of paprika after growth

**2. Development of techniques for improving fruit set sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in high temperature season**

- A. Effect of leaf area control on the improvement of fruit set
- B. Characteristics of fruit set according to the node position of fruit set and the number of fruits
- C. Effect of shading treatment during summer season on the improvement of fruit set
- D. Effect of 4-CPA spraying on the improvement of the fruit set

**3. Development of techniques for controlling major pest occurred in summer season and producing high quality seedling in sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)**

- A. Influence of Calcium and Nitrogen increasing against *Botrytis cinerea* and on the Growth of Sweet Pepper.
- B. Influence of Fungicide Resistance and Chemical Control of *B. cinerea* from Paprika.
- C. The suppressive effects of calcium compounds as alternative methods against *B. cinerea* in paprika plants.
- D. A reformed selective medium for Gray Mold of Paprika used with a spore-trap.

#### **IV. The research results and the recommendation**

**1. Establishment of optimum cultivation and cropping systems of sweet pepper(*Capsicum annuum* L.) in different greenhouse types**

- A. The basic informations were got for high-land production of paprika, as compared and analysed progress of monthly production and occurrence pattern of pests in different greenhouse types and planting dates
- B. Development of short-term cropping after cultivating paprika( paprika + tomato)
- B. Suitable cultivars of tomato selected for short-term cropping after cultivating paprika. The slab were used for paprika production can be used again for tomato without



reducing growth and yield of tomato, and 42 kg fruits per 3.3 m<sup>2</sup> were produced in tomatoes cultivated in the reused slab. So reused slab can be used for short-term cropping after cultivating paprika according to economic analysis.

- C. As result of comparing seedling characteristics in different cultivars. L and U type transplant methods and 60% water content rate in slab were best condition for developement of production techniques of high quality seedling in low temperature season.
- D. The early fruit yield was higher in 3 stem training method than in 2 stem training method, while fruit size decreased in 3 stem training method. But the marketable fruit yield of 3 stem method was 5.2kg higher than 2 stem method increased. The 3 stem method might enhance farm income as economic analysis.
- E. While paprika plant grown in 100% water content rate in slab showed best initial growth, unmarketable fruits increased in latter stage. As analysed characteristics of yield, the paprika yield was higher in 50% water content rate in slab than conventional conditions, although there was no significant difference among them.
- F. The ethylene treatments for enhanced coloring of paprika fruit did not affected before and after harvest, but 25°C temperature treatments showed the highest coloring effect. The fruit treated NaCl increased coloring as the concentration of NaCl increased, but fruits senescence was accelerated. The limiting root zone treatments did not affected to colorings, and this effect was influenced by environments and seasons.

## **2. Development of techniques for improving fruit set sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in high temperature season**

### **A. Effect of controlling leaf area index (LAI) on fruit sets**

Limiting the number of leaves on lateral branch affected the time to reach optimum LAI depending on cultivar. 'Fiesta' having fast growth rate showed LAI 3.0 in late June for NASBL2 and early August (130 days after transplanting) for NASBL1. In case of 'Special', LAI 3.0 reached in middle July (107 days after transplanting) for NASBL2 and

middle August for NASBL1 (137 days after transplanting).

Optimum LAI, 4.5 for 'Special' and 3.0 for 'Fiesta', reached in early August when the number of nodes was from 18 to 20. Greater number of fruits per plant was obtained by remaining two leaves on lateral branch, 18.0 for 'Special' and 21.3 for 'Fiesta' compared with 13.2 and 16.2, respectively, for removing leaf on lateral branch.

Leaves on bottom part (0~10 nodes) showed little photosynthesis, and photosynthesis linearly increased as newly developed leaves on top part.

#### B. Effect of controlling the number of fruit set on fruit set

In case of 'Special', plant height was low when fruit set was started at bottom nodes and more fruit sets were retained at 84 days after transplanting (Aug. 16th). On the other hand, significant difference was not observed for 'Fiesta'. When fruit set was retained from the first node, there was little fruit set from fourth to tenth node, while remaining one fruit set from third node resulted in constant fruit set from sixth node for 'Special'. In case of 'Fiesta', fruit set was not affected by controlling the position and the number of fruit set. In terms of yield from September to October, greater yield was obtained when less fruit set was retained from third node for 'Special' and when three fruit sets was retained from second node or two fruit sets was retained from third node for 'Fiesta'. Controlling the number of fruit sets increased total yield of 'Special', relatively big fruit and irregular fruit set compared with 'Fiesta', by 240 g per plant.

#### C. Enhancing fruit sets by shading in greenhouse

Sun-shading sharply decreased the temperature of sweet pepper to 20.8°C at 90 minutes after the treatment. Sun-shading increased cumulative number of fruit sets from 7.0 to 9.9 for 'Special' and from 10.7 to 12.7 for 'Fiesta'. Yield was also increased by sun-shading by 0.4 kg per plant for 'Special' and 0.1 kg for 'Fiesta'. Exportable fruit, weight of 120~210 g, was increased by 0.22 kg per plant for 'Special'.

#### D. The effect of 4-CPA spraying

Bumble bee or growth regulators such as 4-CPA are used for the purpose of fruit set improvement and production of high quality under poor environmental condition in the cultivation of Solanaceae crops such as tomato. So this experiment was conducted to

investigate the improvement of fruit set ratio using 4-CPA of growth regulator under the condition of weak light intensity and high temperature. As the result of this experiment, fruit set ratio was not different significantly. So the treatment of 4-CPA spraying in sweet pepper was not effective for the improvement of fruit set.

**3. Development of techniques for controlling major pest occurred in summer season and producing high quality seedling in sweet pepper(*Capsicum annuum* L.)**

- A. The results of this study showed that increasing calcium and nitrogen treatment influenced plants growth to get high quality seedlings and also calcium compounds indicated positive effects on disease reduction of *B. cinerea* in sweet peppers.
- B. With the results from this study, farmers can produce high quality of agricultural products (such as fruits and flowers)and control the resistant fungi for themselves.
- C. With the efficient protection of resistant fungi to reduce unnecessary chemicals.
- D. Possible to apply the system for the prediction of other diseases.
- E. Control to *Botrytis cinerea* using friendly environmental materials.

# CONTENTS

<b>Chapter 1. Introduction.....</b>	<b>15</b>
Section 1. Objective and content of the research.....	15
Section 2. Necessity of the research project.....	15
Section 3. Scopes of the research development.....	18
<b>Chapter 2. Research trends in Korea and foreign countries.....</b>	<b>20</b>
Section 1. The research level in Korea and foreign countries.....	20
Section 2. The research trends in Korea and foreign countries.....	25
<b>Chapter 3. Content and result of the research.....</b>	<b>29</b>
Section 1. Investigation and development of proper summer cropping systems in different greenhouse types.....	29
Section 2. Development of short-term cropping after cultivating paprika( paprika + tomato).....	38
Section 3. Developed production techniques of high quality seedling in low temperature season.....	46
Section 4. Development of suitable training method for high-land cropping of paprika	52
Section 5. Influence of water content rate in slab on growth and quality of paprika fruit .....	57
Section 6. Development of techniques for improving coloration of paprika after growth .....	63
Section 7. Effect of leaf area control on the improvment of fruit set.....	72
Section 8. Characteristics of fruit set according to the node position of fruit set and the number of fruits.....	88
Section 9. Effect of shading treatment during summer season on the improvment of fruit set.....	96
Section 10. Effect of 4-CPA spraying on the improvment of the fruit set.....	104
Section 11. Influence of Calcium and Nitrogen increasing against <i>Botrytis cinerea</i> and on the Growth of Sweet Pepper ( <i>Capsicum annuum</i> L.).....	107

Section 12. Influence of Fungicide Resistance and Chemical Control of <i>B. cinerea</i> from Paprika.....	126
Section 13. The suppressive effects of calcium compounds as alternative methods against <i>B. cinerea</i> in paprika plants.....	138
Section 14. A reformed selective medium for Gray Mold ( <i>Botrytis cinerea</i> ) of Paprika used with a spore-trap.....	146
Supplement Handbook of paprika cultivation.....	156
<b>Chapter 4. Achivement of the purpose and contribution for industry.....</b>	<b>172</b>
Section 1 The research development`s contents and progression.....	172
Section 2 Standard of research development and contribution of technology development .....	174
<b>Chapter 5. Application plans of the results.....</b>	<b>176</b>
Section 1 The productive result of research development.....	176
Section 2 Application plans from results.....	181
<b>Chapter 6. Information of new technology obtained overseas during research period .....</b>	<b>183</b>
<b>Chapter 7. references.....</b>	<b>191</b>

# 목 차

<b>제 1 장 연구개발과제의 개요</b> .....	15
제 1 절 연구개발과제의 목적.....	15
제 2 절 연구개발의 필요성.....	15
제 3 절 연구개발의 범위.....	18
<b>제 2 장 국내외 기술개발 현황</b> .....	20
제 1 절 국내외 연구수준.....	20
제 2 절 국내외 연구현황.....	25
<b>제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과</b> .....	29
제 1 절 시설유형별 적정 고랭지 여름 작형 개발.....	29
제 2 절 고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발.....	38
제 3 절 저온기 우량 유묘 생산기술 개발.....	46
제 4 절 고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발.....	52
제 5 절 슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미치는 영향.....	57
제 6 절 생육 후기 착색 증진방법 모색.....	63
제 7 절 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과.....	72
제 8 절 착과절위 및 착과수 조절에 따른 착과특성.....	88
제 9 절 고온기 차광에 의한 착과증진 효과.....	96
제 10 절 4-CPA를 이용한 착과증진 효과.....	104
제 11 절 질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과.....	107
제 12 절 파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향.....	126
제 13 절 파프리카에서 발생하는 잿빛곰팡이병에 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과.....	138
제 14 절 포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잿빛곰팡이병균 선택배지 개량.....	146
부  록 파프리카 재배관리기술 매뉴얼.....	156
<b>제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도</b> .....	172
제 1 절 연구개발의 내용 및 달성도.....	172
제 2 절 연구개발의 착안점 및 기술발전에 대한 기여도.....	174

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획.....	176
제 1 절 연구개발 성과.....	176
제 2 절 연구개발 성과활용 계획.....	181
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	183
제 7 장 참고문헌.....	191

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발과제의 목적

우리나라의 착색단고추 재배는 1994년에 제주도의 유리온실에서 항공기의 기내식 납품을 위하여 처음 재배되었고, 1995년 전북 김제를 중심으로 본격적인 재배가 시작되었다. 1990년대 후반에는 일본 수출을 위한 시설 현대화 지원을 통하여 재배면적이 2000년 110ha에서 2006년 335ha로 급격히 증가하였다. 일본으로의 수출량은 2007년도 14,185톤, 수출액 47,154천불로서 우리나라 전체 채소류 수출액의 24%를 점유하여 신선농산물 중 수출액 1위를 차지하고 있다.

우리나라의 착색단고추 재배작형은 크게 겨울재배(winter cultivation)와 여름재배(summer cultivation)로 나눌 수 있다. 국내 도입 초기에는 전북, 경남 등의 남부지역에서 여름철 7~8월에 파종하여 육묘한 후 9~10월에 정식하여 11월부터 다음해 6~7월까지 수확하는 겨울재배 작형이 주를 이루었다. 그러나 이러한 겨울재배 작형만으로는 8~11월까지의 생산량이 부족하여 연중 일정한 수출물량을 확보하기가 어려웠다. 따라서 이러한 단경기에 착색단고추를 생산할 수 있는 고랭지 여름재배 작형의 기술 개발이 절실히 요구되었다.

파프리카는 전국적으로 재배면적 및 수출량이 계속적으로 증가하고 있지만 고온재배시 근권의 온도가 상승하여 뿌리활력의 저하에 따른 양, 수분 흡수 불균형으로 인해 배꼽썩음병 등 각종 생리장해가 발생하여 품질저하가 심각하다. 아울러, 과습한 환경에서 잣빛곰팡이병의 발생이 높아 파프리카재배 농민들의 경제적 손실이 큰 실정이다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

### 1. 경제적 산업적 중요성

가. 국산 착색단고추 대일본 수출 및 점유율 증가

– '04년 20,551톤(일본시장 점유율 68%), 49,002천불 수출

나. 최근 강원도내 착색단고추 재배면적 및 수출액 급격한 증가

– '08년 74농가 100.5ha('03년 대비 91.2% 증), 수출량 3,726톤, 수출금액 18,828천불

다. 고랭지 여름작형은 연중 안정된 수출물량 확보 및 일본시장의 일정 점유율 유지에 반드시 필요

– 겨울~초여름 : 남부 동계작형, 여름(6월)~초겨울(11월) : 강원 고랭지 여름작형



⇒ 일본시장 여름 유통량의 20% 한국산 점유 : 그 중 강원도산 70% 차지

라. 강원도내 파프리카 재배면적 및 수출액 급격한 증가 추세

- 아래 표에서 보듯이 파프리카는 전국적으로 재배면적 수출량, 수출액이 계속 증가하고 있는데, 강원도 여름 고랭지의 경우 그 증가폭이 전국 평균을 크게 상회함.

연 도	면 적(ha)		수출량(톤)		수출액(천불)		
	전국	강원도	전국	강원도	전국	강원도	
2003	171	17.0	15,487	930	44,182	3,050	
2004	260	32.5	17,426	1,726	49,013	5,828	
2005	302	50.0	18,845	2,910	57,147	10,000	
증감(%)	03-04	52.0	91.2	12.5	85.6	10.9	91.1
	04-05	16.2	23.1	8.1	68.6	16.6	71.6

※ 강원도 신선채소류 수출액 8,469천\$ 중 69% 차지

마. 고랭지 지역에서 파프리카는 양액재배와 토경재배를 통해 생산되고 있으며 양액재배 면적은 80ha, 토경재배 면적은 30ha 이며 재배농가에 따른 수량 및 품질에서 매우 커다란 차이를 보이고 있음.

바. 잿빛곰팡이병의 방제를 위해서는 살균제에 의한 화학적 방제 방법이 실제적으로 가장 효과적으로 이용되고 있으며 대표적인 방제 약제로는 benzimidazole계 살균제(benomyl, carbendazim, thiophanate-methyl), dicarboximide계 살균제(procymidone, vinclozolin, iprodione)와 benzimidazole계 살균제에 저항성 균에만 특이적으로 약효를 나타내는 즉 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistance)을 가지는 살균제인 N-phenylcarbamate계 살균제(diethofencarb)가 있음.

## 2. 연구개발의 필요성

가. 생산성과 경제성을 바탕으로 둔 체계적 작부체계 개발이 요구됨.

- 강원도 고랭지 여건에 맞는 적절한 재배작형이 확립되어 있지 않아 생산단수가 남부지방에 비해 낮은 실정으로 안정생산을 위한 재배기술 확립이 필요함
- 강원도는 남북으로 긴 지형과 해안에서부터 표고 700m가 넘는 고랭지 분포로 재배환경이 다양하나 규모가 적고 재배기술 정착이 미흡한 상태임
- 기후권별 적합한 재배작형과 환경관리기술이 미개발된 상태임
- 다양한 시설유형(환경조절수준)의 시설에서 생산되고 있어 시설유형별 재배관리방법이 필요함.

- 나. 착색단고추 고온기 재배시 근권온도 상승으로 뿌리활력 저하에 따른 양·수분 흡수 억제로 인해 수량의 감소와 평균 과중의 감소로 수출규격 저하가 발생하고 배꼽썩음과 등 각종 생리장해가 다발생하여 품질저하 심각
- 다. 또한 착색단고추 고랭지 재배시 정식 후 활착기와 생육 후기에는 저온으로 인해 난방비의 상승에 따른 경영비 증가로 농가에 부담 가중
- 라. 여름철 강원도 파프리카의 수출작형과 남부 축성작형 연결로 연중 안정된 수출물량 확보 및 시장점유 가능
- 여름철 남부지역에서는 고온으로 품질이 열악하여 강원도 고랭지 생산이 절대 필요
- 마. 생육초기 대과의 생산과 여름철 고온으로 인한 소과 생산으로 수출시장 인지도 저하에 따른 규격품 균일생산이 요구됨
- 바. 고랭지 파프리카 여름작형 재배는 남부 겨울작형의 12개월간 장기재배작형과는 달리 상대적으로 단기재배작형으로서 장기재배시와는 다른 재배기술이 필요함
- 생육 초기인 봄에는 착과가 용이하여 지나친 착과량에 따른 착과부하가 발생하여 생장이 정지할 수도 있으며, 반면에 여름 고온기에는 착과불량 및 생리장해 발생으로 수량 감소 및 품질 저하를 초래할 수 있기 때문에 초기 착과량 조절이 고온기와 그 이후의 생육과 수량에 미치는 영향에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 함
  - 여름 고온기 착과 불량을 해소하기 위하여 여름 고온기 직전 또는 고온기에 측지착과를 유도함으로써 착과 증진을 유도하기 위한 방법에 대하여 연구가 필요함
  - 고랭지 여름재배작형에서 정식기에 따른 1그룹 및 2그룹 착과기가 달라지므로 이러한 작형변화에 따른 여름 고온기 착과 회피기술에 대한 연구도 수행되어야 함
  - 남부지방의 장기재배작형과는 달리 고랭지 여름 단기재배작형에서는 11~12월에 작기가 종료되므로 고온기 및 직후에 스트레스 처리에 의한 생식생장으로의 전환이 가능하다고 여겨지나 이에 대한 구체적인 연구결과가 없는 실정이므로 이러한 스트레스 처리가 생식생장을 얼마나 유도하는지와 후기 수량과의 관계에 대한 명확한 구명이 필요함
  - 여름 고온기에 착과를 유도하는 방법으로 차광처리를 통하여 시설 내 온도를 낮추어 주는 기술이 필요하나, 고랭지 하계작형에서 고온기 차광정도와 차광시간 등의 구체적인 방법에 대한 연구결과가 없는 실정임.
- 사. 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)은 채소, 과수, 화훼 등의 여러 작물에 발생하는 중요한 병으로 세계적으로 분포하여 작물 생산에 심각한 피해를 가져온다. 특히 선선하고 과습한 환경에서 더욱 발병이 잘 되므로, 우리나라에서는 겨울 기간 중의 시설 채소 및 원예 단지에서 많이 발생되어 많은 손실을 발생시키며 특히 여름철 파프리카 재배시 문제가 되어 재배 농민들의 경제적 손실이 큼.

아. 저항성 연구는 잿빛곰팡이병의 농약에 대한 저항성 문제를 이해하여 개발된 농약의 수명을 연장할 수 있게 하기 때문에 막대한 방제 비용의 절감뿐 아니라 신규 살균제를 개발하는데 필요한 연구비를 절감할 수 있다는 측면에서 반드시 수행함.

### 제 3 절 연구개발의 범위

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
시설유형별 적정 고랭지 여름 작형 개발 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2가지 시설유형별 농가에 서 지역별로 선정하여 생산량과 경제성을 분석함</li> <li>- 전문 컨설턴트와 활용성 높은 실험 연구를 수행함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설 유형별, 지역별 월별 생산량 추이 조사</li> <li>- 정식 시기별 월별생산량 추이 조사</li> <li>- 고랭지 파프리카의 재배지역 시기별 병해충 발생 양상 조사</li> </ul>
고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발(파프리카 + 토마토)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 파프리카+토마토 재배작형의 정착을 위한 기초실험과 경제성 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 파프리카 후작 토마토 재배에 적합한 품종 선발</li> <li>- 단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향</li> <li>- 파프리카 재배 후 슬러브 재사용을 통한 토마토 재배 작형의 경제성 분석</li> </ul>
저온기 우량 유묘 생산 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 육묘방법에 따른 묘소질 및 정식 후 초기생육조사를 통한저온기 적정 육묘 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 품종별 묘소질 비교</li> <li>- 이식(flipping)방법 및 큐브내 함수량 차이에 따른 묘 소질 변화 육묘시 공급 EC가 묘소질에 미치는 영향</li> </ul>
고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관행 작형과 비교 실험 결과 명확성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유인방법에 따른 파프리카의 생육 및 과실 특성 비교 시험</li> </ul>
슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적정 배지내 함수율 구명 여부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미치는 영향</li> </ul>
생육 후기 착색 증진 방법 모색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실효성 있는 착색증진방법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수확전후 에테폰 처리에 따른 착색증진</li> <li>- 생육 후기 NaCl의 엽면처리에 따른 착색증진</li> <li>- 생육 후기 근권부 절단에 따른 착색증진</li> </ul>
엽면적 조절에 따른 착과증진 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적정 LAI 구명을 위한 엽면적 확보 방안 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측지엽 유도에 따른 착과증진 효과 구명</li> <li>- 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과 구명</li> </ul>

연구 범위	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
착과절위 및 착과수 조절에 따른 착과특성	- 생육 초기 적정 영양생장과 생식생장 유지를 위한 재배기술 확립	- 초기 착과수를 줄기 당 1, 2, 3개/줄기로 조합하여 처리하였고 처리한 상위 2절은 적과한 후 그 상위절위부터는 방임
고온기 차광에 의한 착과증진 효과	- 적정 LAI 구멍을 위한 엽면적 확보 방안 제시	- 단동형 비닐하우스의 외부에 차광망을 설치하여 차광 처리와 무처리를 두고 착과, 생육 및 수량 특성을 조사
4-CPA를 이용한 착과증진 효과	- 선발 농도 및 처리방법이 농가 적용 가능	- 장마 및 고온기 4-CPA를 처리 농도별로 50, 100, 200, 400배액으로 희석하여 개화한 파프리카의 화기에 스프레이를 이용하여 살포
질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과	- 농가 사용 양액조사 - 생리생화적 반응조사 - 양액조성표 개발	- 양액조성에 따른 파프리카 생육 및 생리 조사 - 처리별 양액조성(칼슘과 질소농도)에 따른 파프리카 병리 조사
파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향	- 354개체 잿빛곰팡이병 균주 샘플 채취 - 살균제 Screening <i>in vivo</i> , <i>in vitro</i>	- 파프리카에서 분리한 잿빛곰팡이병의 살균제 저항성 - 잿빛곰팡이병 방제 살균제의 약효 및 저항성 연구를 위한 검정방법
파프리카에서 발생하는 잿빛곰팡이병에 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과	- 잿빛곰팡이병 균주 샘플 채취 - 친환경 자재를 이용한 잿빛곰팡이병 방제 스크리닝 - 칼슘처리에 따른 <i>Botrytis spp.</i> - 포자배양 실험	- 7가지 칼슘제제가 포함된 PDA 배지내에서의 잿빛곰팡이병 방제효과 - 선택된 칼슘제제를 이용, 파프리카의 육묘에서 잿빛곰팡이병 방제효과 조사. - 칼슘제제를 통한 파프리카 하우스내 잿빛곰팡이병 방제를 위한 양액 이유식개념 실험
포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잿빛곰팡이병균 선택배지 개량	- 선택 배지를 이용한 저항성 밀도조사 - 저항성균의 fitness 조사 - 잿빛곰팡이병 억제방제를 위한 저항성 예찰 기구 (tools) 및 체계 개발	- 잿빛곰팡이병 균주 샘플 채취 - 항진균 및 항생물질 선발 - <i>Botrytis spp.</i> 선택배지간의 선택성 및 성장비교 - RS배지에서 균핵 및 포자배양 실험

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내·외 연구수준

착색단고추의 종류에는 백색, 황색, 주황색, 적색, 보라색, 흑색 등이 있으며(Simonne 등, 1997), 매운 맛이 별로 없고 단맛이 강하며 비타민 A, B<sub>1</sub> 및 C가 풍부한 알칼리성 식품으로, 주요 아미노산은 lysine, aspartic acid, glutamic acid이고 유기산은 tartaric acid, succinic acid, malic acid 등이 보고되었다(Jeong 등, 2006). 착색단고추에는 항암작용에 효과가 있는 카로티노이드계의 색소를 함유하고 있으며(Peto 등, 1981), 특히 적색의 경우에는 capsanthin, capsorubin, 3,6-epoxide의 색소가 대부분을 차지하고 있다(Maoka 등, 2001).

과실은 주로 생과용으로 사용되지만 헝가리를 중심으로 한 일부 유럽에서는 건조한 분말형태로 많은 양이 사용되어 그에 관한 연구가 이루어졌으며(Daood 등, 1996; Perez-Galvez와 Minguez-Mosquera, 2001), 우리나라에서는 신미종 고추를 대신하여 착색단고추 분말을 이용한 김치제조에 관한 시도도 있었다(Kim과 Jhon, 2001).

착색단고추가 우리나라에 도입된 이후 재배법에 관하여 많은 연구가 수행되었다. 육묘에 관한 연구로 Lee 등(2001)은 시비 수준, 묘령 및 용기 크기가 묘소질, 정식 후 생육 및 수량에 미치는 영향에 대하여 보고하였고, An 등(2002)은 암면큐브 육묘시 묘를 U-type으로 절곡 이식한 결과 묘소질이 우수하였다고 보고하였다.

수출용 착색단고추는 수경재배를 하고 있는데, Choi 등(2001)은 양·수분 흡수율(n/w)을 근거로 착색단고추의 순환식 재배시스템에 적합한 배양액을 개발하였고, 또한 An 등(2006)은 배양액에 KCl과 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 처리하면 과실의 착색 불균일이 해소되어 상품과의 비율이 6% 향상된다고 보고하였다. 이 외에도 배양액 내 NO<sub>3</sub>-N과 NH<sub>4</sub>-N의 비율(Kim 등, 2000), K/Ca의 비율(Bae 등, 2003)에 관한 연구와 수경재배용 배지(Kim 등, 2000, 2002) 등에 대하여 연구가 이루어졌다. 뿐만 아니라 수경재배에 있어서 수분관리는 최대 생산을 위하여 매우 중요한데(Gonzalez-Dugo, 2007), An 등(2005)은 일중 첫 급액시간 조절에 의한 고품질 생산기술에 관하여 보고하였고, 국외에서는 암면재배시 배지 내 수분 흐름에 관한 연구(Bougoul과 Boulard, 2006; Dorji 등, 2005) 등 많은 연구가 진행되었다.

또한 생리장해 경감에 관한 연구로 배꼽썩음과(Heuvelink와 Korner 등, 2001; Marcelis와 Ho, 1999), 과병무름증(Yu 등 2005a; 2005b), 열과 및 미세열과(An 등, 2005; Bertin 등, 2000; ), 기형과(Aloni 등, 1999; Lee 등, 2005; Neji 등, 2003) 등 다양한 연구가 수행되었다.

## 1. 여름재배에 관한 연구

여름재배는 평안지에서 여름철 생산이 어려운 고온기에 고랭지 등에서 재배하는 것으로 1998년에 처음 도입되었다. 여름재배는 주로 6~12월에 생산을 목표로 하고 있으며 겨울재배와는 경종개요가 크게 다르다.

Lee 등(2005)이 착색단고추 여름재배 작형에 대하여 조사한 결과 정식기는 3월 하순에서 4월 하순, 수확 개시기는 6월 상순, 수확종료기는 11월 하순이었고, 착색단고추 재배에 적합한 표고는 300~600m라고 보고하였다.

여름재배 도입초기에 재배시설은 대부분 측고가 낮은 연동형 비닐하우스를 이용하여 수경재배 하였는데, 착색단고추의 초장은 300cm 이상 자라게 되어 하우스의 측고가 250cm 정도로서 생육 후기에는 경사유인을 하여 노동력의 투하와 함께 생육저하의 원인이 되었다. 따라서 Lee 등(2005)은 측고가 낮은 시설형태에서 V자 직립 유인을 했을 때 경사유인법에 비해 9~11월의 수량이 증가하고 후기에 과중이 저하되지 않으며 과육두께와 경도 등 품질이 우수하였다고 보고하였다.

재식밀도와 관련하여 Lee 등(2005)은 착색단고추 고랭지 재배농가는 재식간격 100×25cm로 2줄기 유인하여 재식밀도는 4주 $m^{-2}$ 이 적합하다고 하였는데, 이는 An 등(2002)이 보고한 남부지방의 3~3.5주 $m^{-2}$ 보다는 밀식상태이다. 이와 같이 여름재배와 겨울재배 간 적정 재식밀도가 다른 이유는 재배기간 중 광량과 관련이 있다(Loomis 등, 1967; Papadopoulos와 Pararajasingham, 1997). 여름작형에서는 생육 초기와 중기에 광량이 많고, 겨울작형에서는 생육 후기에 광량이 많다. 따라서 겨울작형에서는 광량이 저하되는 생육 초기 2줄기 유인 재배 후 광량이 증가하기 시작하는 2~3월에 1줄기를 추가로 유인하여 LAI를 증가시키면 수량이 증가한다고 보고하였고(An 등, 2002), Lee 등(2003)은 여름작형에서 광량이 많은 생육 초기 주당 3, 4줄기를 유인하여 재배한 후 7~8월에 주당 2줄기로 유인하면 초기 수량이 증가한다고 보고하였다.

여름재배의 생육 후기인 10~11월은 온도가 낮고 광량이 적어지는 시기로 이 때에는 수확소요일수가 길게 된다. 온도와 관련하여 Adams 등(2001)은 토마토를 이용한 실험에서 26℃ 조건에서는 수확소요일수가 42일 이었으나, 18℃에서는 65일 이었다고 보고하였다. 따라서 착색에 필요한 적산온도를 확보하기 위하여 적극적인 난방 등을 해야 하지만 난방비 부담이 가중하여 대부분의 농가에서는 수확종료기에 녹색의 미숙과를 일시에 수확하여 판매하고 있다. Choi 등(2001)은 80% 정도 착색된 과실을 수확하여 온도 25℃와 상대습도 80% 조건에서 후숙시키면 품질에 영향 없이 착색을 향상시킬 수 있다고 보고하였다.

이와 같이 여름재배와 겨울재배는 재배기술에 있어서 차이가 있다. 따라서 착색단고추 여름재배의 특성에 알맞는 재배법의 확립이 요구되고 있다.

## 2. 착과증진에 관한 연구

과채류의 착과 및 낙과에 관한 연구로는 착색단고추, 토마토, 오이, 호박 등의 작물을 대상으로 많은 연구가 진행되어 있다. 낙화 및 낙과의 원인으로는 약광(Gary 등, 2003), 근권수분(Jaafar 등, 1994), 고온(Sato 등, 2004), 저온(Neji 등, 2003), 습도(Bakker, 1989), 시설 내 이산화탄소의 양(Chalabi 등, 2002), 과실 내 종자수(Shipp 등, 1994), 그리고 이미 착과되어 있는 과실 간의 경쟁(Heuvelink와 Korner, 2001) 등으로 알려져 있다.

### 가. 엽면적지수 조절에 의한 착과증진 효과

착색단고추, 토마토 등 온실 작물을 재배하는데 있어서 태양광의 이용 효율을 높이는 것은 생산성 향상을 위하여 매우 중요하다(Cockshull, 1992; De Koning, 1989; McAvoy, 1989; Verheij와 Verwer, 1971). 태양광의 이용 효율을 높이는 방법은 온실의 구조나 피복재를 보완 및 개선하여 광 투과율을 높이거나(Critten 등, 1993), 재식밀도 및 정지 등의 방법을 통하여 최대한 수광상태를 개선(Heuvelink 등, 1995; Marcelis 등, 2004)하는 등의 방법이 있다.

Papadopoulos와 Ormord(1998a)의 연구에 의하면, 시설 내로 투과되는 PPF(photosynthetic photon flux density; 광합성유효광양자속밀도)의 흡수량은 재식밀도보다는 LAI(leaf area index; 엽면적지수)와 밀접한 관련이 있다고 하였다. Broughan 등(1960)은 여러 작물을 같은 장소에 심어서 biomass 생산의 최대율과 적정 LAI 간에 유의적인 상관관계가 있음을 보고하였다. 또한 Nederhoff 등(1974)은 오이를 1.42와 2.14주·m<sup>-2</sup>의 두 가지 재식밀도로 재배한 경우 초기 LAI가 각각 2.6, 3.1 정도일 때에는 높은 LAI에서 PPF의 흡수량이 높았으나 양쪽의 LAI가 3.3과 3.4로 비슷해졌을 때에는 두 처리간에 차이가 없어 재식밀도보다는 LAI가 중요하다고 보고하였다. 이외에도 PPF와 LAI(crop canopy)와의 관계에 대하여 옥수수(Williams 등, 1965), 완두콩(Shibles 등, 1996) 등의 전작물에서도 많은 연구가 이루어졌다.

적정 엽면적지수는 시설 내로 투과되는 PPF의 95%를 흡수하는 것을 의미한다(Papadopoulos와 Pararajasingham, 1997). 시설 내 단고추 재배시 PPF 흡수량 증가는 시간의 경과와 높은 재식밀도에 의해서 증가하는데 17.6주·m<sup>-2</sup>의 재식밀도로 심었을 때는 정식 후 6주 이내에 모든 PPF를 흡수할 수 있었으나, 재식밀도 8.8주·m<sup>-2</sup>와 4.4주·m<sup>-2</sup>는 각각 8주와 12주가 소요되었고, 2.2주·m<sup>-2</sup>는 정식 후 14주가 경과할 때까지 도달하지 못했다고 보고하였다(Verheij와 Verwer, 1971). Wilson 등(1992)은 시설 토마토 재배시 통로로 유입되는 많은 양의 PPF를 상실하는 것을 방지하기 위하여 작업공간이 방해받더라도 밀식하라고 제안하였으며, Harper 등(1979)은 토마토 재배시 2.5주·m<sup>-2</sup>의 재식밀도에서 오직 30~49%의 태양광만이 식물에 의하여 이용되었으나 재식밀도를 높여서 3.3주·m<sup>-2</sup>로 정식하면 60~70%의 태양광을 이용할 수 있다고 보고하였다. 또한 Loomis 등(1967)은 약광기에는 잎이 수평으로 분포

하면서 LAI가 낮은 조건에서 광의 이용효율이 높으며, 강광기에는 잎이 수직이 분포하면서 LAI가 높은 조건에서 광 이용의 효율성이 높다고 하였다.

정지작업은 채광과 통풍의 개선으로 순동화량을 높여주고, 꽃의 소질과 착과율이 양호해지는 효과가 있으며 과장, 과경, 과육두께 등 과실의 특성에는 영향을 주지 않는데(An 등, 2000), 이러한 정지작업을 하지 않으면 하엽의 광 이용률 저하와 함께 호흡률이 증가하여 생육이 부진해지고, 하위절에 착과된 과실은 광택이 저하되어 상품성이 떨어지며 병의 발생이 많아지고 또한 수확 시 노동력의 투하가 많아지는 등의 문제점이 있다(Khah와 Passam, 1992; Seo 등, 2006).

Source로 작용하는 성엽을 제거하는 것은 착과율을 저하시키나(Aloni 등, 1999; Marcelis 등, 2004), sink 기관인 3cm 미만인 유엽을 제거하는 것은 낙화 및 낙과에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다고 하였다(Turner와 Wien, 1994). 그러나 Aloni 등(1997)은 꽃과 인접한 sink로 작용하는 어린 잎의 당 함량이 꽃보다 많아 약광조건에서 낙화를 결정짓는 중요한 요소라고 보고하였다.

그러나 고랭지 여름 착색단고추 재배에서 정식 후 광 에너지가 지속적으로 증가하는 시기에 LAI를 최대한 빠른 시기에 높일 수 있는 방법과 적정 LAI에 관한 연구는 시도되지 않았다.

#### 나. 착과수와 착과에 관한 연구

같은 source 조건에서도 낙화 및 낙과의 비율이 다르게 나타나는 것은 이전에 착과된 과실의 생장율(sink)과 밀접한 관련이 있다(Marcelis 등, 2004).

Heuvelink(1997)는 토마토 과실을 적과를 통하여 화방 당 2개 혹은 7개를 두고 시험한 결과, 총 과실의 건물량은 7개 착과시킨 처리구가 2개 착과시킨 처리구에 비해 대비 건물량이 2배 증가되었으며 1과중은 가벼워져 적과는 영양기관과 생식기관간에 동화산물의 분배에 큰 영향을 끼친다고 보고하였다.

Heuvelink와 Korner(2001)는 착색단고추 과실의 종자 발달은 과실의 비대를 촉진함으로써 sink의 부하를 유기하여 낙화와 불규칙한 착과 및 낮은 수량의 주요한 원인이 되었으며, 제웅 처리에 의한 단위결과성 과실의 발달은 과실 생장률의 감소로 인하여 30% 정도 작은 과실이 생산되었고 과실의 수확소요일수도 1주일 정도 지연되었지만 낙화와 불규칙한 착과를 억제하는 효과가 있었다고 보고하였다. 또한 Marcelis 등(1997)은 첫 번째 과실의 종자수 과다에 의하여 두 번째 과실의 생육이 억제되는 것은 제한된 동화산물의 경쟁과 과실 발육에 의한 내생 호르몬의 생산에 의해 조절되는 것으로 판단된다고 보고하였다.

단고추의 과실을 제거하면 꽃눈의 전분과 환원당의 함량을 증가시킨다(Aloni 등, 1999). Aloni 등(1997)은 꽃 자방의 sucrose 함량이 높으면 낙화를 억제시키고 sucrose synthase의 활



성을 높여주어 꽃이 지속적으로 발달할 수 있도록 해준다고 보고하였다. 또한 Gent(1986)는 강광 조건에서는 약광 조건에 비해 상대생장률은 43%, 비구조성 탄수화물의 농도는 41%가 높아 광도에 따른 생육반응이 탄수화물의 농도와 관련이 있다고 하였다.

또한 Gary 등(2003)은 토마토를 이용하여 처리 전 높고 낮은 광과 이산화탄소 조건에서 재배 후 source가 제한된 암 상태의 조건을 부여하면서 식물체의 생육, 호흡 그리고 탄수화물의 저장을 관찰한 결과, 낮은 광과 이산화탄소에 노출시킨 처리구의 영양기관에서의 탄수화물 농도는 양호한 조건에서 성장한 것에 비하여 30~50% 정도 낮았다고 보고하였다.

#### 다. 광온도와 생육에 관한 연구

착색단고추는 광포화점이  $30,000(350.7W\cdot m^{-2}, 126.2J\cdot cm^{-2}\cdot hr^{-1})\sim 40,000$  lux로 다른 과채류 보다는 낮은 편으로 극단적인 일조 부족을 제외하고는 조도의 영향이 상대적으로 적은 생리적인 특성을 가지고 있다. 그러나 우리나라의 여름 고온기인 5~8월경에는 일사량이  $350.7W\cdot m^{-2}$  이상으로 상승되어 광포화점을 넘어서고 있으며, 광포화점 이상의 광량은 열원으로 작용하여 오히려 착색단고추의 생육에 부정적인 영향을 끼친다. 또한 Blackman 등(1961)은 대부분의 C3 식물 각각의 잎들은 한여름의 광량 중 약 1/4만을 이용하여 최대 동화량을 나타낸다고 보고하였다.

겨울철 등의 일조부족 시 부족한 광을 보충하기 위하여 Papadopoulos와 Pararajasingham(1997)은 보광을 통한 광의 보충은 가능하지만 인공광의 상업적 가능성은 적합하지 않다고 보고하였으나, Kim 등(2003)은 우리나라 서남부 지방의 겨울철 일조가 부족한 시기에 보광효과에 대하여 검토한 결과, 일출 후 3시간 보광 처리 시 자연일장에 비해 수량이 53% 증가하였으나 무처리 조건에서는 수확이 지연되고 착과율이 저하되었다고 보고하였다.

### 3. 주요 병해 방제 기술에 관한 연구

선진국들은 농약을 종합적 방제(IPM, integrated pest management)의 가장 기본적인 요소로 작물을 건전하게 보호하고, 양질의 농산물 생산을 위해서 필수적인 농업 자재로 인식하고 있다. 따라서 농약의 저항성 문제를 바로 인식할 뿐 아니라 신농약 개발에 저항성 종을 적절히 이용하고 있으며, 저항성균이 발생할 경우 그 현상을 분석하고 대응 전략을 수립하는데 현재 많은 노력을 기울이고 있다. 벨기에의 Brussels에 본부를 둔 GCPF(Global Crop Protection Federation)는 살균제 저항성 문제 연구를 위하여 FRAC(Fungicide Resistance Action Committee)이라는 전문가 집단을 운영하고 있어 살균제 저항성에 대한 폭넓은 연구 및 지도 사업을 수행하고있으며, 일본의 경우는 일본식물병리학회 산하의 살균제 저항성 연구회를 구성하여 매년 수차례에 걸쳐 저항성 문제를 심도 있게 연구하고 있다. Benzimidazole계 살균제는

살균 작용 범위가 넓고, 침투성이며 낮은 농도에서도 좋은 약효를 보이므로 잣빛곰팡이병 방제뿐만 아니라 다른 병에도 널리 사용되어 왔다. 그러나 저항성균이 유발되어 세계 각국에서 저항성 문제가 심각하게 대두되어 현재는 사용량이 현저히 감소되고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 새로운 대체 살균제로 dicarboximide계 살균제가 개발되어 사용되어 오고 있는데, 이들 살균제에 대해서도 저항성균의 발생으로 약효 감소 현상이 세계적으로 보고되었다. 우리나라에서 Benzimidazole계 살균제에 대한 저항성균이 차례로 발생하여 그 약효가 현저히 감소되고 있는 실정이다. 시설 원예 과채류에서 분리한 2,502균주를 주요 방제 약제인 benzimidazole, dicarboximide 및 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 약제 저항성 반응을 조사한 결과, 6가지의 서로 다른 저항성균이 검출되었고 benzimidazole계 살균제는 70.7%, dicarboximide계 살균제는 44.8%, *N*-phenylcarbamate계 살균제는 32.4%가 저항성인 것으로 나타났으며 이들 계열의 살균제에 대하여 다중 저항성인 균주의 밀도도 높게 나타나 저항성 발생이 심각한 것으로 조사되었다. 가지의 경우 접목하여 양액재배하면 수매진염성 병해에 저항성이 높는데 특히 여름철 고온기에 초세가 강한 저항성 대목을 이용하면 역병이나 풋마름병 등을 예방할 수 있다는 연구결과는 있지만 파프리카에 대한 연구는 미미한 실정이다.

## 제 2 절 국내·외의 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
호남목포 시험장	동계 보광처리에 따른 증수 및 소득 향상 효과(2000~2002)	동계 재배시 소득 51% 향상 효과 있는 기술로 아직 농가가 활용하고 있지 않음
	순환식 배지경에서 양액 및 배지 재사용시 펠라이트·암면 모두 수량 차이 없으므로 재사용 가능(2000~2002)	암면배지의 재사용은 가능하며 일부 농가에서 이용하고 있으나 펠라이트는 현재 농가에서 사용하지 않고 있는 배지임
고령지 농업연구소	접목재배를 위한 내병 다수성 대목 선발(2001)	접목을 위한 대목으로 고추용 대목을 이용하였기 때문에 파프리카에 접목친화력이 높은 피망의 대목에 대한 연구가 필요함
	고령지 상품성 향상을 위한 정지방법 구명(2002)	4번 유인재배 후 3~4회방 착과 후 2번 유인재배 하면 증수효과가 있는 기술로 아직 농가가 활용하지 않고 있음.
	여름철 고령지 토경재배시 지중가온 효과 구명	지중가온으로 정식시기를 앞당겨 증수 효과가 있는 기술로 토경재배에서 활용가능하나 농가활용도 낮음

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
원예연구소	고랭지 여름재배작형의 토양 관비재배시 정식시기 구명 및 적품종 선발(1999)	도입 초기에는 토경재배를 하였으나 현재 90% 이상의 농가가 양액재배 하므로 새로운 작형 구명 및 품종의 선발이 필요함
	플러그 육묘시 적정 육묘조건 (1999)	현재 대부분의 농가에서 펄라이트 육묘는 사용하지 않으며 암면큐브를 이용한 육묘를 실시함
	토양관비재배시 일사량 기준에 의한 관비농도 설정(2002~2003)	일사량에 따른 관비기준 제시로 활용이 가능하나 토경 재배시 이용율은 아직 낮은 실정으로 일사량 제어방식은 유리온실에서 양액재배시 주로 사용되고 있음
	펄라이트 배지경을 이용한 봄재배시 분지착과 효과 및 정지방법 구명(2000~2001)	실제 농가에서 분지 착과시키는 경우가 드물고, 착과부하로 영양생장이 위축될 위험성이 크므로 세부적인 추가연구의 수행이 필요함
	육묘시 시비 수준, 묘령 및 용기 크기가 착색단고추의 묘소질과 수량에 미치는 영향	50공, 60~70일, N 112mg/L가 바람직하다. 품종과 시험기간이 여름철 고랭지에 적합하지 못해 추가연구가 필요함
	착색단고추의 적정 육묘 조건과 펄라이트 양액재배에서의 생육 및 수량(연구논문)	묘령과 시비수준은 초기 생육에만 영향을 줌, 셀크기도 2개월간 수량에서는 차이가 없었음
농업과학 기술원	종자 전염성 병 방제를 위한 종자소독 방법 연구(2003)	종자 전염성 곰팡이와 세균의 병 방제를 위한 살균제를 현재 활용하고 있음
	육묘정식시 에타복삼 약제침지로 역병 방제 효과 구명	정식 전 약제침지로 육묘기 역병방제 효과있는 기술임
농업경영 정보실	시설유형 및 배지종류별 경영성과 분석(2000)	벤로형 유리온실이 양지봉형에 비해 소득이 높고 암면재배가 펄라이트 재배에 비해 수량이 높은 결과로 파프리카의 경영에 대한 기준제시 (연구논문) 2001년 토경에서 선발되어 양액재배 적용 미비
고령지 농업시험장, 원예연구소	착색단고추의 고랭지재배를 위한 품종선발	(연구논문) 1번과 착과시기를 앞당김
	착색단고추 고랭지 여름재배시 지중가온 효과	
강원대학교 농림기술 관리센터	동절기의 홍고추 및 홍피망 단경기 출하를 위한 재배작형 및 저장기술 개발	파프리카의 품종과 재배작형의 다양화, 그리고 시설유형 즉 환경조절시설의 수준 차이로 유형별 작형개발이 요구됨
고령지 농업시험장 강릉대학교	고랭지 착색단고추의 접목재배 효과	3가지의 역병 저항성 대목 선발함. 토양재배에 적용, 대목선정에 다양성 부족

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
강원도 농업기술원	고랭지 여름재배용 적품종 선발 (2005)	고랭지에 적합한 품종에 대한 선발을 검토하 고 있으며 2006년 말에 최종 선발하여 영농활 용
	여름 고온기 지하수 환류에 의 한 근권 냉방으로 증수 및 품질 향상 기술 개발(2005)	2005년도에 농가 현장점목연구로 실증확인 후 시책건의를 통해 농가 확대보급 예정
경남농업기술 원, 경상대학교	EC 농도가 착색단고추 육묘시 소질에 미치는 영향(연구논문)	EC 2에서 가장 높은 수량을 보임. 육묘시기가 고온기임
	이식각도가 착색단고추 육묘시 소질에 미치는 영향(연구논문)	180도 구부러 이식할 때 묘소질과 과실 수량 이 많았음
	착색단고추 묘의 이식방법이 정 식 후 생육과 수량에 미치는 영 향(연구논문)	암면에 이식방법이 L이나 I에 비해 U-type이 가장 높은 수량을 보였다. 고랭지에 적합한 작 형 및 시기별 연구가 필요함
	착색단고추 ( Capsicum annum " Jubilee " and " Fiesta " ) 추가유인 이 생육과 수량에 미치는 영향	(연구논문) 생육중기의 추가유인이 생육후기에 수량과 상품수량을 증대시킴 품종과 작형이 고랭지에 적합하지 않음
	착색단고추 착색증진을 위한 KCl 시용효과(연구논문)	착색증진효과는 있었으나 소과 발생이 많았고 다소 수량도 감소. 큰 효과가 없이 수량이 감 소함
	착과기 배액률이 착색단고추의 생육 및 수량에 미치는 영향(연 구논문)	초기수량은 15%, 후기수량은 25%이상에서 우 수작형과 재배환경이 고랭지에 적합하지 않음
	착색단고추의 일중 첫 급액시간 조절이 품질과 수량에 미치는 영향(연구논문)	일출 후 90분과 120분처리는 수량감소와 배꼽 썩음과는 증가시키나 열과발생은 억제하였다.
경남농업 기술원	후기 수량증대를 위한 정지유인 방법 구명(2001)	동계재배시 2~3월에 추가 유인을 시켰을 때 수량이 증가하는 기술로, 고랭지 하계재배시 활용할 수 없음
	착과기 적정 배액률이 15%이고 후기에는 25%가 적정함을 구명 (2002~2003)	스트레스를 줌으로써 생식생장을 유도한 후 근권을 안정시켜 상품수량을 높일 수 있는 현 재 농가활용도가 높은 기술임. 다만, 이는 생 육초기나 후기에 사용 가능하고 중기에는 영 양생장 및 생식생장이 동시에 일어나므로 활 용에 어려움이 있음
경북대학교	Resistance to gray leaf spot in Capsicum peppers.	<i>Stemphylium solani</i> 와 <i>S. lycopersici</i> 에 저항성 품종 발견

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
목포시험장전 남대학교	착색단고추 육묘시 자엽 손상 이 묘소질에 미치는 영향	(연구논문) 매몰 및 분엽 2매 전개시 자엽제 거시 묘 생육이 지연됨
부산 원예시험장	착색단고추 미세열과 발생에 미치는 환경요인의 영향	품종별 차이가 있으며, 온도와 습도가 높을수 록 증가함
폴란드	Effect of different methods of transplant production on the yielding of sweet pepper in field cultivation	(연구논문) 육묘방법이 최종 총수량과 상품과 수량에 영향을 주지 못함
벨기에 채소연구소	Impact of root cooling on blossom end rot in soilless paprika	(연구논문) 지하부 냉방이 배꼽썩음과을 낮춤- 지하부 높은 산소농도가 원인으로 보임
Institute of Soil, Water and Env. Sci. The Agric. Res. Org. Dagan 50250 Israel	Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition.	(연구논문) N적정수준은 9.3~8.3 mmol/L, NO <sub>3</sub> :NH <sub>4</sub> 가 클수록 수량 품질이 우수, NH <sub>4</sub> 가 2mmol/L이상에선 배꼽썩음과 발생 등 품질저 하. 고랭지 여름작형에 있어, 작형과 재배환경이 적용에 무리
Dept. of Hort. Sci. Univ. of Minnesota	Flower production, fruit set, and physiology of bell pepper during elevated temperature and vapor pressure deficit.	(연구논문) 고온으로 인한 수분스트레스가 원 인이 아니며 화아형성은 저해하지 않음
원예학과 Univ. of Adelaide	Colour at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality	(연구논문) 파프리카는 수확전은 climacteric형 으로, 수확 후에는 non-climacteric형으로 나타 남
Agri., Food and Rural Development, Alberta	Production of Sweet Bell Peppers	파프리카 생산 전단계에 대한 자세히 설명되고 있고, 특히 육묘시 묘 단계별 관리법이 수록
Facultad Ciencias UACH, spain	Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity	(연구논문) 양액농도에 따라 과실 크기와 배꼽 썩음과 발생이 달라짐
원예과학과 Univ. of Florida	Plant density and shoot pruning on yield and fruit quality of summer greenhouse sweet pepper crops in Northcentral Florida	(연구논문) 2,3,4 주/m <sup>2</sup> 과 1, 2, 4 주 정지처리 가 수량과 과실크기, 품질에 영향을 줌

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1절 시설유형별 적정 고랭지 여름 작형 개발

#### 1. 서 언

국내 파프리카 생산은 1994년 항공기 기내식용으로 제주도 유리온실에서 재배가 시작된 이래 1995년부터 전북에서 수출용으로 본격적인 재배(면적은 1.1ha)가 시작되었다. 그 후, 일본수출이 호조를 이루면서 재배면적이 급속히 증가하여 국내에 도입된지 10여년 만인 2002년에 전국적으로 150ha 정도의 면적에서 재배되고 있으며 매년 급증하는 추세이다. 대부분의 시설채소가 국내 수요를 충족하기위한 작물로 재배되는데 비해 파프리카는 국내소비위주보다 수출용으로 특화된 작물로 시설채소 중에 수입이 가장 높은 작물로 인식되어 기존의 유리온실과 대형 플라스틱하우스의 작목전환을 중심으로 생산면적이 확대되어 2004년에는 260ha까지 증가되고 있다. 생산 초기단계에는 기존의 유리온실을 중심으로 재배가 시작되었으나, 최근에는 재배기술의 보급과 동고가 4m이상 되는 플라스틱하우스의 보급으로 플라스틱필름 온실에서도 10a당 15톤 정도의 생산이 가능하게 되어 전국각지에서 재배가 확대되고 있는 실정이다. 이러한 국내 파프리카의 성장배경에는 8~9월에 정식하여 11월에서 익년 6월 까지 수확하는 남부작형에 더해 6월부터 11월까지 단경기 생산을 위한 여름작형의 보급으로 고랭지에서의 안정된 생산 및 수출이 가능했기 때문이다(Lee 등, 2008). 고랭지 파프리카 여름작형 재배는 남부 겨울작형의 12개월간 장기재배작형과는 달리 상대적으로 단기 재배작형으로서 장기 재배시와는 다른 재배기술이 필요함에도 불구하고 강원도 고랭지 여건에 맞는 적절한 재배작형이 확립되어 있지 않아 생산단수가 남부지방에 비해 낮은 실정으로 안정생산을 위한 재배기술을 확립할 필요가 있다. 여름작형에서는 생육 초기인 봄에는 착과가 용이하여 지나친 착과량에 따른 착과부하가 발생하여 생장이 정지할 수도 있으며, 반면에 여름 고온기에는 착과불량 및 생리장해 발생으로 수량 감소 및 품질 저하를 초래할 수 있기 때문에 초기 착과량 조절이 고온기와 그 이후의 생육과 수량에 미치는 영향에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 하며, 아울러 고랭지 여름재배작형에서 정식기에 따른 1그룹 및 2그룹 착과기가 달라지므로 이러한 작형 변화에 따른 여름 고온기 착과 회피기술에 대한 연구도 수행되어야 한다.

· 파프리카 재배시설은 벤로형이나 와이드스팬 유리온실부터 다양한 형태의 플라스틱피복 하우스까지 광범위하나 파프리카는 직립성이 강해 1년 재배를 했을 경우, 초장이 4m이상 되기 때문에 온실높이는 적어도 4.5m는 되어야 한다. 그러나 고랭지 지역에서 재배되는 시설의 형

태는 기존의 낮은 플라스틱필름 하우스(1-2W형)에서 유리온실 까지 다양한 시설형태에서 작물이 생산되고 있어 시설유형에 적합한 재배관리방법이 확립되어야 한다. 따라서 본 시험에서는 시설 유형별, 지역별, 정식시기별 생산량 추이를 비교분석하여 고랭지 여름 파프리카 생산의 기초자료를 얻고자 수행되었다.

한편, 파프리카에 발생하는 병해는 일반 작물과 비슷하나 다른 작물보다는 재배환경에 매우 민감한 작물이므로 바이러스를 비롯한 각종 병해에 감수성인 것으로 알려져 있다. 이러한 점을 감안하여 토양재배 보다는 주로 재배환경이 좋은 양액재배를 많이 하고 있는데 양액재배 목적 중의 하나가 각종 병해충의 피해로부터 회피해보자는 것이므로 재배환경만 잘 조절하면 병해충 피해 없이 양질의 파프리카를 생산할 수 있을 것이다. 그러나 양액재배는 토양재배와 달리 재배시스템 내에 병원균에 대한 경제 미생물이 없거나 적어서, 양액 시스템에 병원균이 일단 침입하면 양액을 따라 급속히 확산하여 피해가 크다. 따라서 병원균 유입 차단에 주의를 하지 않으면 병이 크게 발생하여 큰 피해가 우려된다.

병해충의 유입 및 전염 경로는 종자전염, 이병식물체의 잔재물에 의한 전염, 오염된 토양으로부터의 유입, 하우스 주변의 오염된 물에 의한 감염 그리고 육묘 중에 감염 등을 생각할 수 있다. 본 과제에서는 강원도 파프리카의 여러 재배 농가를 지역별과 시기별로 병해충 발생 양상을 조사하여 병해충이 어느 정도 발생한 여부를 밝히고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시설 유형별, 지역별 월별 생산량 추이

고랭지 여름작형의 시설 유형별 월별 생산량 추이를 검토하기 위하여 시설 유형별 생산량, 기술수준, 재배방식 등에 대표성을 갖는 농가를 선정하여 유리온실 4농가(화천, 평창, 강릉, 인제), 온실 동고가 4m이상인 자동화 플라스틱필름 온실 5농가(평창, 철원, 삼척, 화천), 비가림 플라스틱온실 5농가(춘천, 양구, 인제, 화천)의 월별 생산량을 조사하여 비교분석 하였다. 강원도내 지역별 월별 생산량은 플라스틱 필름 온실 농가를 대상으로 지역별 10농가(춘천은 2농가) 이상의 생산량을 토대로 비교 분석하였다.

### 나. 정식 시기별 월별생산량 추이

유리온실과 플라스틱 필름하우스를 대상으로 각각 정식시기에 따른 월별 생산량을 조사하였다. 유리온실에서 시험은 강릉시 옥계면의 옥계영농조합법인의 신석범 농가에서 1월 5일, 3월 15일, 4월 6일 정식한 3처리구를, 플라스틱필름하우스에서 시험은 삼척의 민철홍 농가에서 12월 15일, 3월 15일, 4월 15일, 5월 1일 및 5월 25일 정식한 5처리구로 설계하여 생산량을 조사하였다. 시험구당 재식주수는 30주로 하였으며, 공시품종은 공히 적색계품종인 Enza사의

'Sprit'를 사용하였으며, 재배는 코코피트(프로피트) 배지를 사용한 양액재배 방식으로 하였으며 배양액조성 및 재배관리 등은 농가 관행대로 실시하였다.

#### 다. 고랭지 파프리카의 재배지역 시기별 병해충 발생 양상 조사

강원도내 주요 파프리카 재배농가를 대상으로 지역별, 시기별 병해충 발생 현황을 조사하였다.

- 조사 재배 지역 : 강원도내 주요 7지역(삼척, 강릉, 평창, 횡성, 인제, 양구, 철원) 50농가
- 조사기간 : 2007년 04월 ~2007년 11월
- 조사 충해 : 총채벌레, 온실가루이, 나방류
- 조사 병해 : 시들음병, 잿빛곰팡이병, 흰가루병

### 3. 실험결과

#### 가. 시설 유형별, 지역별 월별 생산량 추이

고랭지 여름작형의 시설형태에 따른 월별 상품과 수량을 그림 1-1에 나타냈다. 연간 총 수확량은 유리온실이 1a 당 1,201kg인데 비해 플라스틱 필름온실에서는 측고가 4m이상인 자동화 하우스에서 979kg, 비가림 온실이 618kg으로 유리온실 수확량의 각각 81%, 52%의 생산량에 그쳤다. 유리온실과 자동화 필름온실에서의 생산량 차이는 1그룹의 착과량과 과실비대가 영향을 주는 4~5월의 수확량에는 큰 차이가 없었으나, 장마기와 고온기인 6월~8월의 수확량이 유리온실의 70%정도로 연중 생산량 차이의 가장 큰 영향을 미쳤다. 같은 플라스틱필름 온실임에도 측고가 낮은 비가림 온실에서의 수확량이 자동화 플라스틱온실의 65%밖에 미치지 못한 주된 요인 역시 4~5월 초기 착과 부진과 7~8월의 수확량 감소에 기인하는 것으로 나타났다. 이처럼 시설 유형에 따른 생산량의 차이가 토마토나 오이 등 다른 시설 과채류 보다 극명하게 나타나는 것은 온도나 상대습도 등 시설 내 환경에 대한 적응 폭이 좁은 파프리카의 경우의 생리생태를 고려할 때 충분히 예상되었던 결과로, 특히 파프리카 여름작형의 경우는 고온기 착과 촉진과 생리장해 경감을 위해서 여름철 고온회피와 일몰 후 cool down등의 착과촉진 수단이 가능하도록 충분한 환기량을 확보할 수 있는 측고가 4m이상 되는 온실에 작목이 도입되어야 경제성을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.



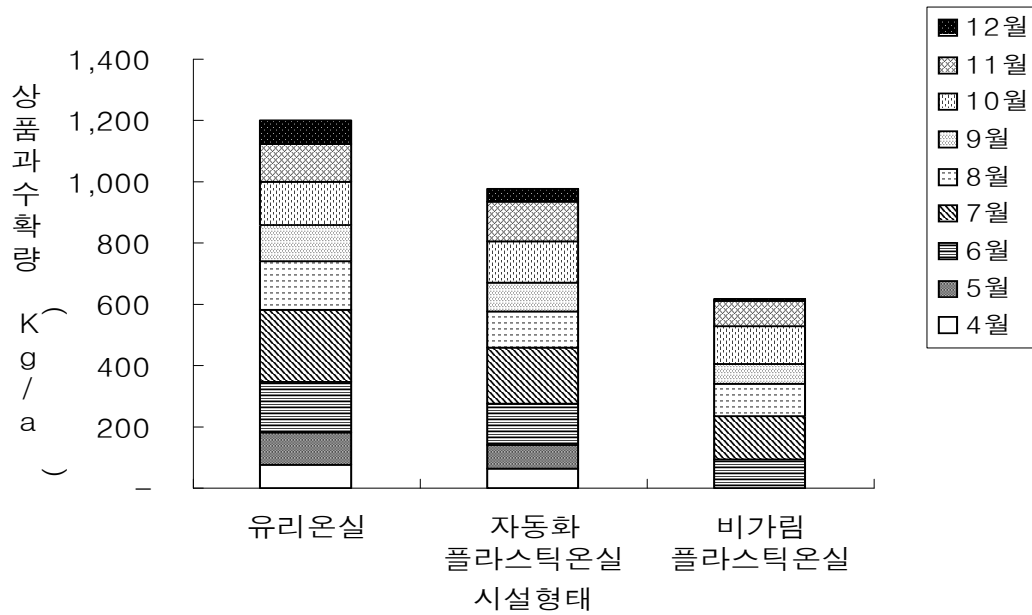


그림 1-1. 시설유형에 따른 파프리카 상품과 수확량의 월별 추이

강원도내 재배농가의 지역별 월별 평균생산량을 보면 평창이 10a당 9,360kg으로 가장 높았으며, 강릉, 삼척의 영동지역이 8,680kg, 철원 8,060kg, 춘천 6,480kg, 양구가 5,520kg 순이었다 (그림 1-2). 시기별로는 1-2그룹이 수확대상인 6-7월 생산량은 평창, 강릉, 철원이 높았으며, 고온기인 8월은 춘천, 양구, 강릉지역이 상대적으로 저위 생산량을 나타냈다. 연평균 생산량이 가장 적었던 양구지역은 9월을 제외하고 전 기간 생산량이 가장 적었다(그림 1-3).

이는 강원도 고랭지 파프리카 작형의 손익분기점이 평당 25kg임을 고려할 때 평창, 영동지역, 철원 등은 어느 정도의 생산 안정기에 진입하여 시설환경개선 및 재배기술 교육과 현장 컨설팅 등이 지속적으로 이루어진다면 고랭지 대체작목으로 충분히 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

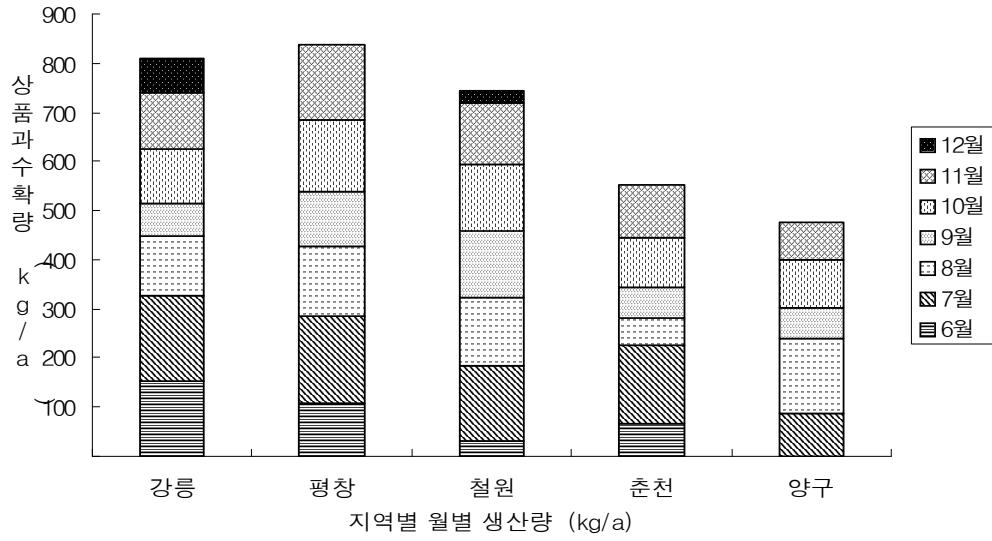


그림 1-2. 지역별 파프리카의 월별 생산량 추이

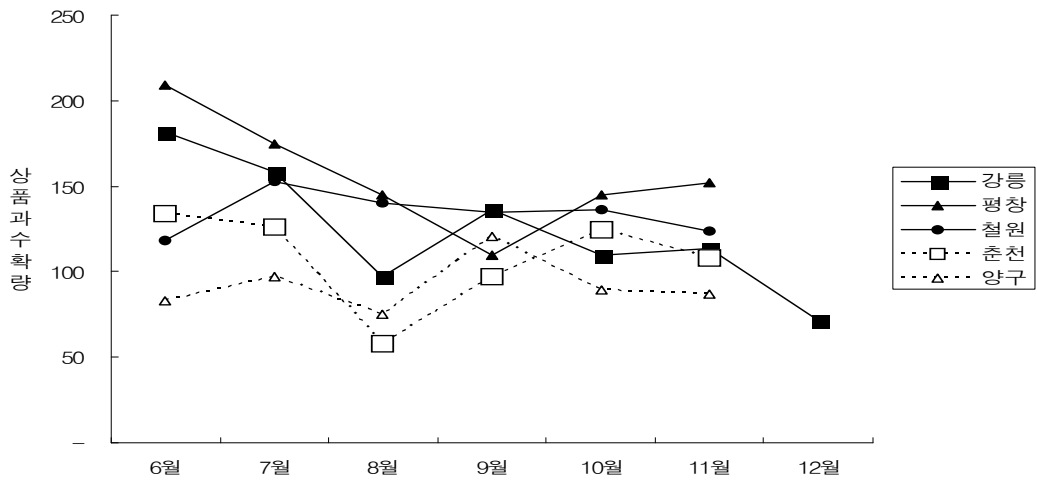


그림. 1-3. 지역별 파프리카의 월별 생산량 추이

나. 정식 시기별 월별생산량 추이

정식시기별 월별 상품과 수량은 유리온실, 플라스틱 필름온실 공히 정식시기가 빠를수록 생산량이 증대되는 경향을 보였다. 유리온실의 경우 1월 5일 정식 처리구가 1a당 1,304kg인데 비해 3월 5일 정식구는 1,101kg, 4월 6일 정식은 940kg으로 1월5일 정식 처리구에 비해 각각 84%, 72%의 상품과 수량을 나타냈다(그림 1-4).

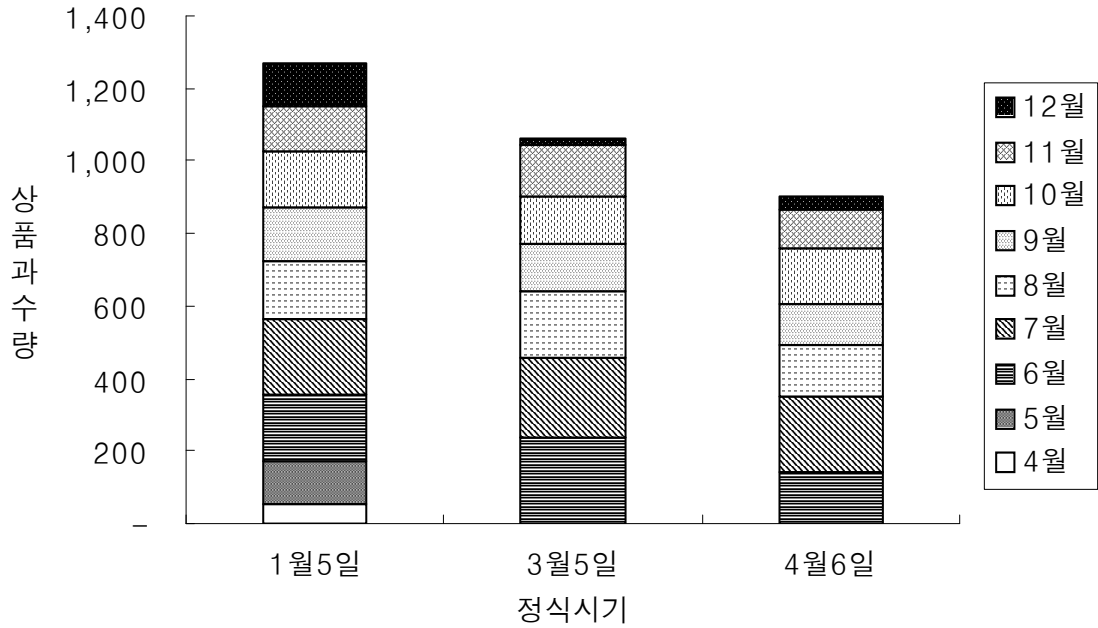


그림 1-4. 유리온실내 파프리카의 정식시기에 따른 월별 수확량

1월초와 3월초 정식구의 생산량은 고온기인 7~8월에서는 큰 차이가 없었으나 6월 까지의 생산량이 1월5일 처리구가 388kg/a당 인데 비해 3월 5일 정식구는 239kg으로 1월 초 정식구의 60% 정도의 생산량에 미치지 못하였다. 9월 이후의 생산량도 1월 초 정식구에 10~20% 정도 적었다. 4월 정식구는 전 생육기간을 통해 타 처리구보다 생산량이 적어 난방비등을 고려하여도 늦어도 3월 초순에는 정식하는 것이 유리온실의 특성을 극대화시킬 수 있는 작형으로 판단되었다.

플라스틱 필름하우스에서도 정식시기가 빠를수록 수확량이 많아 12월 15일 정식 처리구의 1a당 생산량이 1,061kg에 비해 3월 15일 정식구는 892kg으로 12월 정식처리구의 84%, 5월 말 정식구는 493kg으로 50% 이하의 생산량을 나타냈다(그림 1-5). 난방비등을 고려할 때 12월에 정식하는 작형은 상대적으로 겨울철이 온난한 삼척 등 동해안지역에서만 어느 정도의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 생각된다. 3월 15일 정식구에 비해 4월 15일(730kg/a), 5월 1일(587kg/a), 5월 25일(493kg/a) 정식구의 생산량이 각각 82%, 66%, 55%인 것을 고려할 때 동해안 지역을 제외한 강원도 고랭지지역에서 파프리카의 손익분기점 이상의 생산량을 확보하기 위해서는 4월 초순 이전에 정식을 하여야 할 것으로 판단된다.

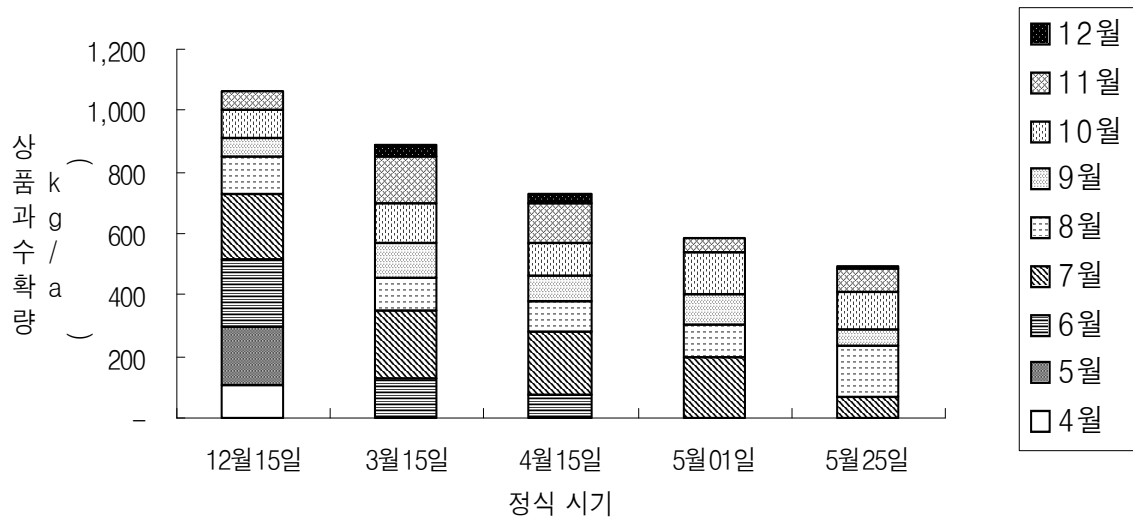
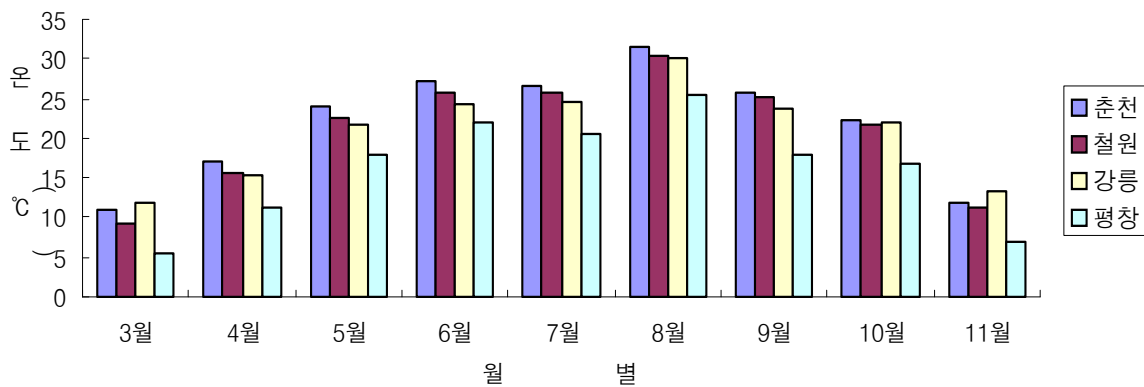
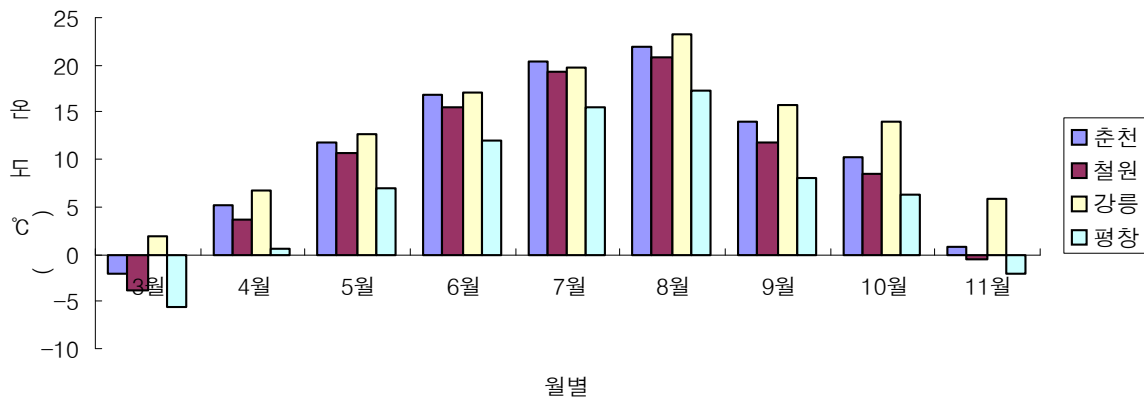


그림 1-5. 플라스틱 필름하우스내 파프리카의 정식시기별 생산량 추이

지역별 월평균 최고온도



지역별 월평균 최저온도



지역별 월평균 일조시간

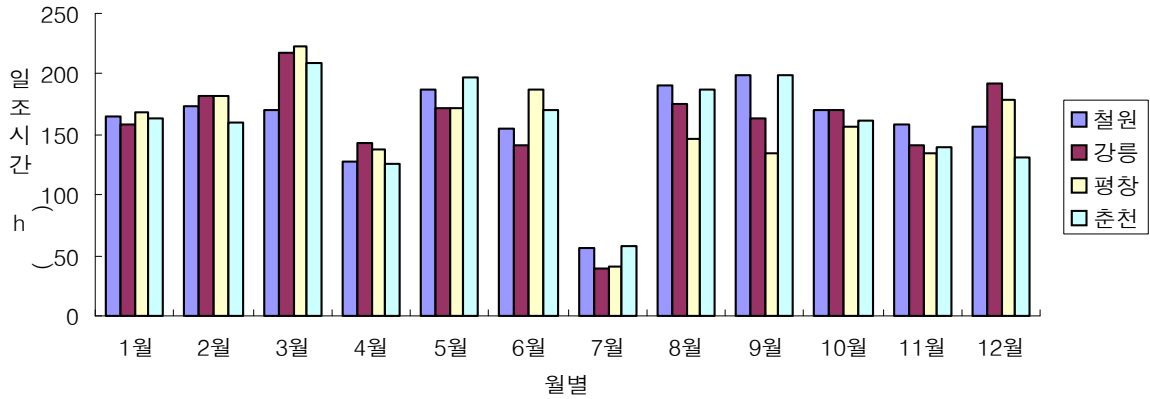


그림 1-6 지역별 월평균 최고 최저 온도 및 일사량

다. 고랭지 파프리카의 재배지역 시기별 병해충 발생 양상 조사

강원도내 주요 파프리카 재배농가를 대상으로 지역별, 시기별 병해충 발생 현황을 조사하였다. 2007년도 도내에 발생한 주요 병해는 시들음병, 잿빛곰팡이병, 흰가루병으로 조사대상(표 1-6) 전농가가 수경재배농가로 토양재배시 치명적인 역병, 풋마름병 등은 발생하지 않았다. 병 발생은 지역간 차이를 보여 시들음병은 4월에서 8월까지 전 지역에서 골고루 발생하였으나, 6~7월에 주로 발생하였으며, 잿빛곰팡이병은 평창, 횡성, 인제, 양구지역에서는 7~8월에, 삼척, 철원에서는 10~11월에 발생하였다. 흰가루병은 강릉, 평창, 횡성을 제외한 다른 지역에서는 발생하지 않았다. 해충의 피해는 총채벌레, 온실가루이, 나방류 피해가 주류를 이루었으며, 총채는 지역간 발생 양상이 상이했으나, 4월에서 7월에 주로 발생하였고, 나방류는 7월~9월에 피해가 집중되었다.

표 1-6. 강원도내 파프리카 재배지 및 시기별 병해충 발생 양상

주요병해충	재배지역	재배기간							
		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
총채벌레	삼척	-	-	-	-	-	-	++	++
	강릉	++	-	++	-	-	-	++	-
	평창	-	++++	++	++	-	-	-	-
	횡성	-	-	++	-	-	-	-	-
	인제	-	-	++	-	-	++	-	-
	양구	-	++++	-	-	-	-	-	-
	철원	-	-	-	++	-	++	-	-
온실가루이	삼척	-	-	-	-	++	-	++	-
	강릉	-	-	++	-	-	-	++++	-
	평창	-	-	-	-	-	-	-	-
	횡성	-	-	-	-	-	-	-	-
	인제	-	-	-	-	-	++	-	-
	양구	-	-	-	-	-	-	++++	-
	철원	-	-	-	-	-	-	-	-
나방류	삼척	-	-	-	-	++	-	-	-
	강릉	-	-	-	++	-	-	-	-
	평창	-	-	-	++	-	++++	-	-
	횡성	-	-	-	-	++	-	-	-
	인제	-	-	-	-	++	++	-	-
	양구	-	-	-	-	++	-	-	-
	철원	-	-	-	++	++++	++	-	-
후사리움	삼척	++	-	-	-	-	-	-	-
	강릉	++	-	++++	-	-	-	-	-
	평창	-	++	-	++	-	-	-	-
	횡성	-	-	++	++++	++	-	-	-
	인제	-	-	++++	++	-	-	-	-
	양구	-	-	++	++	-	-	-	-
	철원	-	-	++	++	-	-	-	-

주요병해충	재배지역	재배기간							
		4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
잣빛곰팡이	삼척	-	-	-	-	-	-	++	++
	강릉	-	-	-	-	-	-	-	-
	평창	-	-	-	++	+	-	++	-
	횡성	-	-	-	++++	++	-	-	-
	인제	-	-	-	++	-	-	-	-
	양구	-	-	-	-	++	-	-	-
	철원	-	-	-	-	-	-	++	-
흰가루병	삼척	-	-	-	-	-	-	-	-
	강릉	-	-	-	++	-	-	-	-
	평창	-	-	-	++	-	-	++	-
	횡성	-	-	-	+	-	+	-	-
	인제	-	-	-	-	-	-	-	-
	양구	-	-	-	-	-	-	-	-
	철원	-	-	-	-	-	-	-	-

## 제 2절 고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발(파프리카 + 토마토)

### 1. 서 언

국내의 파프리카 재배는 크게 월동하여 약 10개월간 재배하는 남부작형과 여름철에 단기간 재배하는 강원도 고랭지 작형으로 나눌 수 있다. 이 두 작형은 수확시기를 양분하여 일본시장의 60% 이상을 차지하고 있다. 그러나 최근 들어 파프리카 재배농가가 증가하고 시설의 자동화로 인해 남부작형과 고랭지 작형의 수확시기가 예전에 비해 더 많이 겹치게 되었다. 수확이 겹치는 시기는 남부지방의 재배종료 시점인 6, 7월과 강원도 고랭지 지역의 재배종료 시점인 11, 12월이 된다. 이러한 중복 생산 시기는 양 지역 농가의 소득 저하를 초래하고 있으나 생산시기 조절은 전체 수량과 맞물려 있어 해결하기 어려운 문제이다. 이중 11, 12월의 경우 강원도 작형의 변형으로 어느 정도 해소할 수 있을 것으로 보이는데, 최근 고유가로 인해 11, 12월에 가온이 요구되는 강원도에서 유가에 부담을 느껴 10월경에 파프리카 재배를 끝마치고, 슬러브 배지를 그대로 사용하여 파프리카보다 설정온도가 낮은 토마토를 10월~11월 정식하여 3~4월까지 재배하고 다시 파프리카를 재배하는 작형이 일부 시도되고 있다. 이러한 강원도의 겨울철 파프리카 후작 토마토 재배는 단순히 파프리카 작형의 변형뿐만 아니라 배지의 재사용과 상주 노동력의 이

용률(최근 다수의 외국 노동자가 재배온실에 일년 이상 장기간 상주하기 때문에 이들의 농한기 활용방안이 요구됨) 증대 측면에서도 의미를 가지므로, 이러한 작형에 대한 현장애로기술을 해결하고 경제성을 검토하고자 시험을 수행하였다.

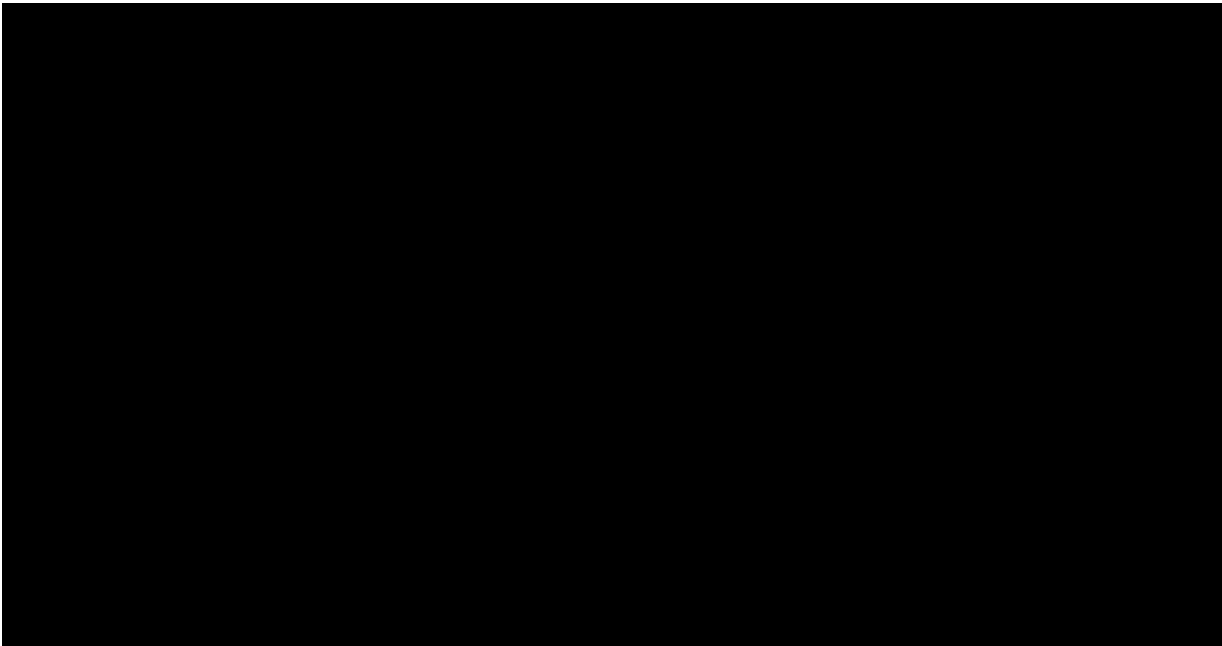


그림 2-1. 최근 3년간 상품 토마토의 월별 가격 동향. 년 평균가격은 2004년 24,351원, 2005년에 20,882원 2006년에 20,875원이었음.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 파프리카 후작 토마토 재배에 적합한 품종선발

파프리카 후작 토마토 재배 작형에 적합한 품종을 선발하기위해 제우스 45(세미니스), 호용(사까다), 라피토(디루이터)의 3품종을 대상으로 07년 1월 6일 파프리카를 1년간 재배한 Propit 배지에 정식하여 생육과 수량성을 검토하였다. 비배관리는 야마자키 토마토 배양액을 사용하여 관행에 따라 재배관리 하였고 야간온도는 최하 12도를 유지하여 관리하였다. 조사는 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 엽두께, 절간장, 경경을 조사하였으며, 화방별 착과수도 조사하였다.



그림 2-2. 강원도 철원군 와수리 신현찬 농가 재배전경 1000평 비닐온실





그림 2-3. 공시 품종(좌측으로부터 제우스 45, 호용, 라피토)

#### 나. 단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향

파프리카 + 토마토 연속 재배작형에서는 토마토 재배 종료 후 4~5월에 바로 파프리카 정식이 이루어져야하므로 토마토 작기가 제한될 수밖에 없다. 따라서 난방비등을 고려하여 단위면적당 재배본수를 높힐 수 있는 저단밀식재배를 위한 기초연구로서 단위면적당 토마토의 재식주수가 수확량에 미치는 영향을 검토하였다. 단위면적당(1 평: 3.3m<sup>2</sup>)당 정식주수를 8주(관행), 10주, 14주로 정직한 시험구를 설계하여 상품과 수량과 과중 등을 화방별로 조사하였다. 시험구 배치는 처리구당 50주를 기본으로 난괴법 3반복으로 배치하였다. 비배관리는 야마자키 토마토 배양액을 사용하여 관행에 따라 재배관리 하였고 야간온도는 최하 12도를 유지하여 관리하였다.

#### 다. 배지(슬러브)사용 횟수가 파프리카 후작 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향

파프리카 후작 토마토 작형에서 생산비에서 많은 비중을 차지하는 슬러브의 재사용에 따른 경제성 분석을 위해 슬러브 배지 사용 횟수가 토마토 생육과 수량에 미치는 영향을 검토하였다.

본 실험은 강원도 인제군 서화면 파프리카 재배온실에서 파프리카를 1작기 사용한 배지(슬러브)와 파프리카 2년 연속 재배한 배지를 대상으로 토마토 품종 ‘랩소디’를 2006년 11월 25일 정식 한 뒤 2007년 4월 중순까지 생육과 수량을 조사한 뒤 경제성분석을 하였다. 시험구 배치와 비배관리는 ‘단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향’의 시험에 준하여 수행하였다.

### 3. 실험결과

#### 가. 파프리카 후작 토마토 재배에 적합한 품종선발

실험에서 사용한 3품종의 생육 양상을 보면 엽장, 엽폭, 엽두께에 있어서는 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지 않았으나 초장, 경경, 엽수에 있어서는 유럽종인 라피토에 비해 동양계인 제우스45와 여용이 빠른 생육을 보였다(표 2-1).

표 2-1. 파프리카 후작 토마토 재배에서 품종별 생육 양상 비교

	초장(cm)	경경(cm)	엽수(장)	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽두께(mm)
제우스45	63.7±1.5	9.28±0.4	11.4±0.4	33.1±1.2	29.2±2.0	0.56±0.04
여용	71.4±2.3	8.25±0.4	11.8±0.3	35.5±1.8	29.3±5.0	0.55±0.02
라피토	65.6±0.9	10.88±0.5	8.8±0.3	34.1±1.1	28.7±1.3	0.57±0.03

평균±SE (n=10)

절간장의 경우 제우스 45와 여용의 경우 거의 일치하는 경향(그림 2-4)을 보였는데, 절간장이 초기에는 4cm미만이다가 착과를 시작한 10마디부근부터 5cm 이상으로 지속적인 증가를 보였다. 이에 반해 유럽종 라피토의 경우 7마디 이후 절간장이 급격히 길어지면서 9cm이상을 보였다. 또한 마디수에서도 제우스45와 여용은 15마디까지 신장하였으나 라피토는 10마디정도까지의 신장을 보였다.

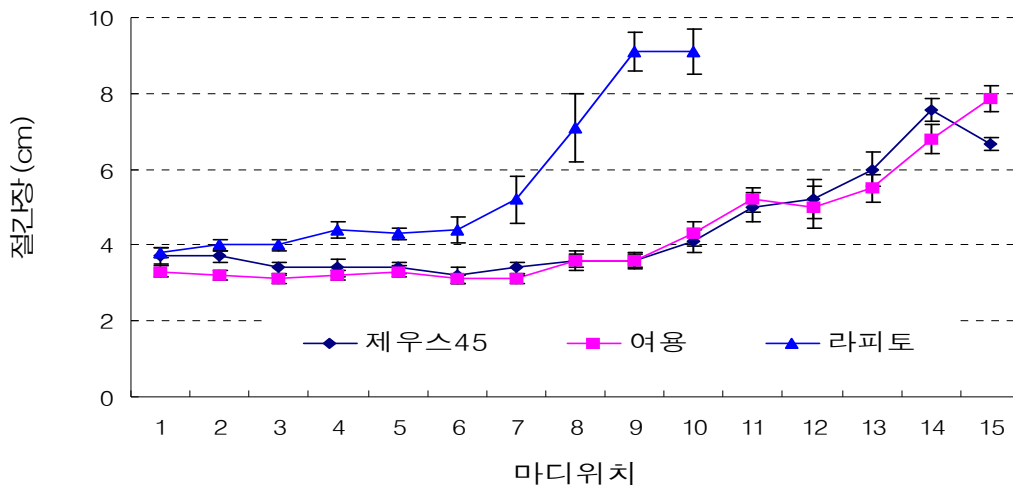


그림 2-4. 품종별 절간장의 변화

품종별 수확량은 착과수, 상품과수 모두 '여용'과 '제우스'가 '라피토'보다 많았으나 평균과중은 '라피토'가 두 품종보다 15% 정도 높아, 주당 수확량이 1,393g으로 '여용'의 1,249g, '제우스'의 1,262g보다 높았다(표 2-2). 화방별 착과수에는 품종간에 큰 차이가 없었으나, 과중은 세 품종 모두 상위 화방으로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 과실 당도는 5.4~6.6 범위로 유럽계 품종인 '라피토'보다 '제우스'나 '여용'이 높은 경향을 보였다.

표 2-2. 파프리카 후작 토마토 재배에서 품종별 수확량 비교

품종	화방	평균 착과수	상품과수	상품과 중량(g)		당도(Brix)
				평균과중	주당 과중	
라피도	1화방	3.6	2.65	127.2	339	5.6
	2화방	3.2	3.16	157.4	503	6.4
	3화방	3.5	3.23	165.2	551	5.9
	소 계	10.3	3.01	150.0	1,393	5.8
여용	1화방	4.0	3.23	110.9	355	5.4
	2화방	4.1	3.64	126.8	465	6.2
	3화방	3.0	2.85	149.2	429	6.9
	소 계	11.1	3.24	129.0	1,249	6.1
제우스45	1화방	3.8	2.95	117.5	346	5.6
	2화방	4.4	3.15	132.8	432	6.6
	3화방	3.5	3.43	140.8	484	6.6
	소 계	11.7	3.18	130.0	1,262	6.2

나. 단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향

단위면적(1 평: 3.3m<sup>2</sup>)당 정식주수를 8주(관행), 10주, 14주로 하였을 때, 밀식을 할수록 수확과 수와 상품과의 과실 중량이 모두 뚜렷이 감소하는 경향을 보였다(표 2-3). 즉, 8주 처리구의 상품과 수확개수(30주당)가 294개인데 비해, 10주 처리구는 221개로 관행구의 82%, 초밀식 처리구인 14주 처리구는 162개로 관행의 55% 수준에 머물렀다. 상품과 수확과의 중량 역시 14주 처리구는 19.4kg으로 8주 처리구의 43kg에 비해 45% 이하로 적었다. 상품과의 화방별 수확개수와 수량은 1화방 < 2화방 < 3화방 순으로 생육이 진전될수록 증가하는 경향을 보였다. 평균과중 역시 재식 주수와 관계없이 1화방이 가장 적었고, 2화방, 3화방 순으로 높았으며, 단위면적당 재식본수가 많을수록 평균과중이 적어지는 경향을 보여, 8주를 정식한 처리구의 과중 157g에 비해 14주 정식구는 123g으로 20% 이상 과중이 감소하였다. 결국 1 a 당 상품과 수량이 8주 처리구가 343kg인데 비해, 10주재식구는 86%, 14주 재식구는 79.8%의 수량비율을 보여 종묘비등을 고려하더라도 평당 10주 이상 정식은 경제성이 없을 것으로 판단되었다.

표 2-3. 단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향

조사항목	상품과		소과		합계		상품과의 1과중 (g)	수량 (kg/a)	수량 비율 (%)	
	개수 /30주	중량 (kg)	개수 /30주	중량 (kg)	개수 /30주	중량 (kg)				
처리구 8주 /3.3m <sup>2</sup> (관행)	1화방	98	13.52	30	2.46	128	15.98	135	-	-
	2화방	92	12.87	27	1.89	119	14.76	148	-	-
	3화방	104	16.19	21	1.52	125	17.71	167	-	-
	소계	294	42.58	78	5.87	372	47.45	157	343.4	100
10주 /3.3m <sup>2</sup>	1화방	63	6.93	51	3.57	104	10.50	113	-	-
	2화방	75	10.52	43	3.22	118	13.74	140	-	-
	3화방	83	11.23	30	2.73	113	13.96	153	-	-
	소계	221	28.68	124	9.52	335	38.20	142	295.2	86.0
14주 /3.3m <sup>2</sup>	1화방	45	4.27	47	3.05	92	7.32	95	-	-
	2화방	54	7.32	62	4.15	116	11.47	129	-	-
	3화방	63	7.87	57	3.97	120	11.84	127	-	-
	소계	162	19.46	166	11.17	328	30.63	123	274.4	79.8

Z: 수량과수와 수확과의 중량은 처리구당 30주를 대상으로 한 것임.

다. 배지(슬러브)사용 횟수가 파프리카 후작 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향

배지사용 연한에 따른 토마토 초기생육 결과를 표4에 나타냈다. 파프리카 한 작기 재배한 배지나 2년 연속 파프리카를 재배한 배지나 초장, 경경, 엽수, 엽장, 잎의 엽록소 함량 등 전반적인 생육에는 큰 차이가 없었다(표 2-4).

표 2-4. 배지 사용횟수가 토마토 초기 생육에 미치는 영향

배지 <sup>Z</sup>	초장	경경	엽수	엽장	엽폭	엽두께	엽록소
1년차	219.6 a	11.5 a	6.0 a	50.9 a	49.5 a	0.54 a	32.6 a
2년차	215.6 a	11.5 a	6.1 a	49.2 a	54.4 b	0.48 a	34.4 a

Z : 1년차: 파프리카 + 토마토, 2년차: 파프리카+파프리카+토마토

Y: '07년 11월 25일 정식, '08년 3월 22일 조사

표 2-5. 배지 사용횟수가 토마토 수확량에 미치는 영향

조사항목		상품과				수량 (kg/a)	수량비 (%)
		수확과수	중량 (kg/25주)	평균 과중(g)	당도 (Brix)		
배지 사용 횟수  (파프리카 + 토마토)	1회방	85	14.9	175	5.1	-	-
	2회방	94	15.7	164	5.8	-	-
	3회방	88	14.3	157	6.3	-	-
	4회방	97	16.5	175	6.2	-	-
	5회방	95	15.7	169	6.0	-	-
	소계	459	77.1	168	-	743	100
배지 사용 횟수  (파프리카+파프리카+토마토)	1회방	75	12.5	167	4.7	-	-
	2회방	87	13.4	157	6.1	-	-
	3회방	101	15.8	159	6.4	-	-
	4회방	78	14.2	165	5.7	-	-
	5회방	89	13.3	153	6.4	-	-
	소계	430	69.2	156	-	672	90

5회방까지의 총 수확과수는 파프리카 1회 사용배지가 459개로(25 개체 합계) 2회 연속 사용한 배지의 430개보다 주당 1.2개정도 많았고, 평균과중 역시 1회 사용배지가 168g으로 2회 사용배지의 156g보다 약간 높았다(표 5). 1 a당 상품과 수량 역시, 1회 사용 배지에서 743kg, 2회 연속 사용배지에서 672kg으로 평당 수량으로 환산하면 1회 사용배지(24.5kg)가 2회 연속 사용배지(22.2kg)보다 불과 2kg 정도 증수되는데 그쳐, 파프리카 후작으로 토마토를 단기간 재배할 때는 2회 연속사용 배지를 사용하여도 큰 무리가 없을 것으로 판단되었다.

▶ 파프리카 재배 후 슬러브 재사용을 통한 토마토 재배 작형의 경제성 분석

파프리카 재배후 슬러브 재사용을 통한 토마토재배의 경제성분석을 위해 강원도 강릉시 옥계면 옥계영농조합법인(과제 참여기업)의 자동화 플라스틱하우스(재배면적: 55a)내 식재된 토마토 전체를 대상으로 화방 및 수확시기별 수확과율과 수확량 등을 조사하였다.

○ 관리 및 재배 양상은 아래와 같음

▶사용배지 : 암면(파프리카 1기작 후 이용)

▶재배품종 : 랩소디(미푸코, 유럽종)

▶파종 및 정식일 : 2006년 9월 1일 파종, 9월 25일 큐브이식, 10월 10일 정식

▶화방당 착과수 : 1화방에서 5화방까지는 3개, 6화방 이후는 4~5개를 착과

▶EC관리: 10월 정식 후 2월까지는 3.0 ~ 3.2, 3월 이후는 2.5에서 2.2로 관리

▶pH관리: 전 생육기간 5.6에서 6.0으로 관리

▶화방전개 : 2006년 10월(1, 2화방 전개), 11월(3, 4, 5화방 전개), 12월( 6화방 전개)

2007년 1월 (7, 8화방 전개), 2월(9, 10화방 전개), 3월 15일(11, 12, 13화방 전개)

▶수확횟수 : 1월 ~ 2월 (주2회 수확), 3월 ~ 4월 중순 (주 3회 수확), 4월 중순 ~

5월 초순(매일 수확)

화방별로 수확이 90%이상 완료되는데 걸리는 시간은 1, 2월 저온기에 수확되는 4화방까지는 한달 정도 걸렸으나 그 이후 화방은 20일 이내에 95% 정도가 수확되는 경향을 보였다(표 2-6). 월별 수확량을 보면 2월까지 수확량이 32% 정도로 전체 수확량의 1/3을 차지하며, 3월의 17.6%, 4월 23.3%, 5월 26.1%로 월별 토마토 가격이 비교적 높은 2, 3, 4월의 수확량이 전체 수확량의 56.5%를 차지하는 점과 단위면적당 수확량이 1a 당 1,300kg으로 평당 42kg의 생산이 가능한 점을 고려하면 충분히 경제성이 있는 작형으로 판단되었다..

표 2-6. 토마토 화방 및 수확시기별 수확과율과 수확량

수확시기	화방별	화방별 수확과율(%)											시기별 수확량 (kg/a)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	
12월	하	15													13.6 (1.0)
1월	상	45	16												64.5 (4.9)
	중	38	47												73.5 (5.6)
	하	2	35	63											71.2 (5.4)
2월	상		2	25	47										71.9 (5.5)
	중			12	38	28									42.3 (3.2)
	하				15	54									90.8 (6.9)
3월	상					18	50								72.9 (5.6)
	중						42	39	2						53.4 (4.1)
	하						8	57	69						102.4 (7.9)
4월	상							4	29	46					66.1 (5.0)
	중									51	5				79.3 (6.1)
	하									3	45	37			158.2(12.2)
5월	상										30	63	40		184.4(14.2)
	중												60		155.0(11.9)
소계(%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1,299.5(100)

### 제 3절 저온기 우량 유묘 생산기술 개발

#### 1. 서 언

기존의 파프리카 육묘에 관한 연구는 남부작형에 초점이 맞춰져 진행되었는데, 남부작형은 월동하는 장기재배로 육묘가 고온기에 실시되는데 반해 강원도 여름작형은 7~8개월 내외의 단기작형으로 육묘시기 또한 저온기이다(그림 3-1). 이러한 차이는 유묘에 있어 남부지방과의 기온차이에 따른 다른 육묘시의 환경관리와 정식 후 환경관리(특히 정식 직후 저온, 정식 1~2개월 후 기상악화(장마, 고온))로 나타난다고 하겠다. 따라서 남부작형과 상이한 강원도 여름작형에 적합한 유묘 생산기술 개발이 요구된다.

강원도의 파종일은 아래 표 3-1에서 보듯이 주로 2월중 실시되며 대개 이식까지 4주 내외, 그리고 다시 정식까지 3주정도 소요된다. 그러나 이러한 time schedule은 기존의 남부작형의 연구내용을 그대로 적

용하고 있는 실정이다. 강원도의 경우 기존의 육묘체계에서 정식 재배할 경우 대개 6월중 첫 수확이 이루어지고 이후 장마와 고온기와 조우하여 착과불량이 야기된다. 또한 일부 농가는 가온시설의 미비에 정식 직후 저온에 노출되기도 한다.



그림 3-1 고랭지 육묘 상황

표 3-1 에서 보면 농가별 파종일에 지역별 경향이 나타나지 않는 등 강원도 지역의 육묘는 상당히 체계적이지 못함을 알 수 있다. 물론 이 중 일부 농가의 경우(인제 박용희 등) 올해 처음 파프리카 농사를 지으면서 신축한 시설의 준공이 늦어져 부득이하게 파종이 늦어진 경우도 있다. 그러나 이러한 경우를 제외하고도 기후 조건이 같은 지역의 유사한 시설에서도 파종, 이식, 정식 등이 상이한 점은 육묘체계가 아직 수립되지 못하고 있음을 단적으로 보여주고 있다. 남부지방의 경우 일시 수확으로 인한 가격 손해를 막기 위해 정식시기를 달리하는 경우가 있으나, 강원도의 불규칙한 파종 및 정식시기는 이와는 다르다고 하겠다.

최근 파프리카의 재배조기 종료 후 후작을 하는 농가가 증가하면서 남부지방에 비해 더욱 단기작형으로 변하고 있어 수확의 연속성보다는 초기수량 증가에 농가가 많은 관심을 가지고 있다. 따라서 강원도 고랭지 여름작형에서 묘소질이 남부작형에 비해 더욱더 중요시 된다고 하겠다. 파프리카의 묘소질에 관한 기존의 연구 중 아직 수행되지 않았던 이식시기별이나 지하부 근권생육 강화 등에 대한 처리를 통해 우량 유묘의 생산기술을 개발하고자 하였다.



표 3-1. 강원도 지역 농가별 파종, 이식, 정식일 및 사용배지 2006

지역	농가 명	면적(평)	파종일	이식일	정식일	배지	
강릉	옥계영농	5,000	1/26, 2/1	2/24	3/16	Profit	
	김남황	2,000	4/5		5/27		
	김윤기	2,000	2/22, 4/12	3/20	4/12	명성	
	조동식	1,000	5/23		7/3	Profit, 재사용	
	윤강순	1,000	3/17		6/5	Profit, 재사용	
	장제도	2,000			5/23	암면재사용	
정선	나종하	1,000	3/17	4/13	5/23	Profit	
	강준집비닐	2,000		4/17		명성	
	강준집유리	2,000	3/3	4/5		Profit	
왕산	강릉화훼영	3,300		4/4			
태백	밭원지태동	6,000	2/7	3/10	4/6	Profit, 재사용	
삼척	임병창	1,000				Profit	
	민철홍	1,000				Profit	
	정상범	1,000			3/31	Profit	
진부	윤석환	2,700	2/5, 2/20	3/6	4/6	Profit, 재사용 Grodan Profit, 재사용	
	이선기	1,000					
	김두영	1,400		4/1			
	손억수	1,500	2/5				Profit, 재사용 Grodan Profit, 재사용
	염돈철	1,300		3/8			
	김영택	2,000		3/5	4/3		
	김명수	1,000		3/3	3/31		
	김명기	1,200			3/28		
	이석래	1,400				명성, 10cm Profit	
	김정영	1,700					
	지용선	2,500		2/27			
	김만배	1,500	1/31			3/29	
	심경수	2,000					
	김영기	1,800		2/28	4/3		
	원경식	3,300			3/26		
	권순옥	1,300					
고연재	1,400	1/16	2/13	3/19		Grodan	
한준섭	2,000	1/23	2/24	3/23			
횡성	홍용식	2,000	2/2	2/25	3/21	Profit, 재사용	
	이승희	1,400	2/15	3/16	4/13	명성	
	원인호		2/10		4/6	UR	
	조동현				4/8		

표 3-1> 계속

지역	농가 명	면적(평)	파종일	이식일	정식일	배지
춘천	김두한	2,500	3/2	3/24	4/14	Profit, 재사용
	조원호	1,800		3/24	4/14	Profit, 재사용
	이주용		12/20		1/10	
화천	최준	2,600			3/21	Profit, 재사용
원주	김지현(A)	3,400			5/23	명성, 재사용
	김지현(B)	2,600				Profit, 재사용
철원	신현찬	1,000	2/23	3/21	4/11	Profit, 재사용
	한민수	1,500	2/14		4/7	
	박태영	1,500			Profit, 재사용	
	김종호	1,000				
	남한익	1,000				
인제	장우덕	4,000		4/23	3/23	Profit, 재사용
	박용희	2,000			5/25	Profit
양구	최병욱	1,000	3/10 국사랑육묘	4/10	5/11	Profit
	박재순	800				Profit
	최왕복	1,600				Profit

## 2 재료 및 방법

### 가. 품종별 묘소질 비교

고랭지 작형에서 주로 재배되고 있는 적색계 5품종(스페셜, 데브라, 핑키, 만디, 쿠프라), 주황색 3품종( 부기, 펠레니, 프레지던트), 황색계 4품종(클라리티, 헬싱키, 더비, 피에스타)의 묘소질을 검토하였다. 2008년 1월 25일 암면플러그관에 파종하여 25℃의 발아실에서 발아시킨 후, 본엽이 2매 전개되었을 때 그로단(Denmark)사의 암면블록에 이식하여 육묘하였다. 시험기간중 최저 야온은 18℃를 유지하였고, 주간온도는 25±1℃를 유지하도록 관리하였다. 육묘중 배양액 농도는 EC 1.5에서 2.5dS/m로 관리하였다. 생육조사는 초장, 엽수, 엽면적, 경경, 분지수 등을 조사하였다.

### 나. 이식(flipping)방법 및 큐브내 함수량 차이에 따른 묘 소질 변화

일반적으로 파프리카 큐브 이식은 파종 후 16~18일이 지나 본엽이 2매 정도 전개되었을 때 묘의 상태를 감안하여 이식(flipping)방법을 결정한다. 즉 키가 큰묘는 뿌리가 위를 향하도록 U자형으로 이식하고, 키가 다소 작은 묘는 옆으로 눕어서 L자형으로 이식하는 것이 묘의 크기를 일정하게 유지시킬 수 있고 구부린 줄기로부터 부정근이 발생하여 근권량을 증대시킬 수 있다고 알려져 있다. 그러나 고랭지 작형의 경우 대부분 생산농가에서 초장억제와 부정근 발생 축진을 목적으로 U자형 절곡이 보편적으로 이루어지고 있으나 무리한 절곡으로 인해 줄기가 부러지거나 절곡부위의 세포파괴로 인해 토양전염병의 빈발하는 문제점이 대두되고 있다. 따라서 본 시험에서는 절곡방법별 묘소질을 비교 검토하여 적정 절곡방법을 구명하기 위해 절곡을 하지

얇은 I자 이식, L자 절곡, U자 절곡 방법 별로 큐브내 함수량을 40, 60, 80%로 조절하여 함수량별 묘소질을 조사하였다.

다. 육묘시 공급 EC가 묘소질에 미치는 영향

큐브 이식후 양액 농도가 묘소질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 적색계 품종인 ‘데브라’를 공시하여 EC를 2.0, 2.5, 3.0 및 3.5로 공급하여 묘소질을 검토하였다.

### 3. 실험결과

가. 품종별 묘소질 비교

초장은 적색계 품종보다 주황색이나 황색계통이 큰 경향을 보였으며, 엽수는 10매 전후로 품종간에 큰 차이가 없었으며, 분지수 역시 황색계통의 더비나 피에스타를 제외하고 1개전후로 품종간 차이는 크게 나타나지 않았다(표 3-2). 엽면적은 ‘쿠프라’의 47.4cm<sup>2</sup>에서 ‘피에스타’의 71.4cm<sup>2</sup> 까지 품종간 차이를 나타내어 재배시 초세가 강한 품종일수록 육묘시에도 전체적인 생육이 왕성한 경향을 보였다.

표 3-2. 품종별 묘소질 비교

품 종	초장 (cm)	엽수 (개)	엽장/엽폭 (cm)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	경경 (mm)	주경장	분지수	
적색	스페셜	22.8	9.4	2.0	56.1	6.5	19.6	1.2
	데브라	23.0	8.9	1.9	56.9	6.1	20.6	1.0
	핑키	22.4	9.0	1.9	53.5	6.3	20.3	1.0
	만디	21.6	9.3	1.8	58.2	6.4	19.6	1.0
	쿠프라	21.6	10.9	1.9	47.4	6.2	20.5	0.9
주황색	부기	23.7	10.2	1.9	47.0	6.2	22.1	0.9
	펠레니	23.9	9.5	2.1	56.7	6.3	21.6	1.1
	프레지던트	28.4	10.9	1.9	58.0	6.4	26.8	0.9
황색	클라리티	24.1	9.3	1.9	61.1	6.6	20.6	1.1
	헬싱키	26.4	10.3	1.7	65.2	6.5	24.1	1.0
	더비	27.8	9.5	1.9	70.7	6.9	23.6	1.4
	피에스타	27.2	9.9	2.1	71.4	7.1	21.3	1.8

나. 이식방법 및 큐브내 함수량 차이에 따른 묘 소질 변화

이식방법(I자 이식, L자 절곡, U자 절곡) 별로 큐브내 함수량을 40, 60, 80%로 조절하여 묘소질에 미치는 영향을 조사한 결과(표 3-3), 이식방법에 관계없이 함수율이 높을수록 초장, 엽면적이 증가하는 경향을 나타냈고, 40% 함수율에서는 전 조사항목에서 생육이 저조하였다. 정식후 파프리카 초기생육에 지대한 영향을 미치는 근권부 생육은 I자 이식과 U자 절곡에서는 큐브함수율이 80%, L자 절곡에서는 60% 이상 함수율에서 지하부 생체중이 높았으나, 함수율이 높을수록 지상부 생체중도 증가하여 S/R은 함수율이 낮을수록 낮은 경향을 보였다. 따라서, 지상부의 생육과 S/R을등을 고려할 때, L자 절곡과 U자 절곡으로 이식하였을 때, 큐브내 함수율은 60%가 적절할 것으로 판단되었다. I자 이식은 80% 함수율에서 지상부, 지하부 생육이 제일 좋았으나, 지하부 생육이 다른 이식방법에 비해 저조하여 정식후 초기생육에 지장을 초래할 것으로 판단되어 농가 보급에는 문제가 있을 것으로 생각된다.

표 3-3. 이식방법에 따른 큐브내 함수율이 묘소질에 미치는 영향

이식방법	큐브 함수율(%)	초장 (cm)	경경 (mm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	총엽면 적/주 (cm <sup>2</sup> )	엽록소 함량 (SPAD)	생체중(g)		S/R율
								지상부	지하부	
I자 이식 (관행)	40	24.8	6.0	13.9	5.1	390.0	48.6	25.7	3.0	8.56
	60	29.0	6.8	17.3	6.6	576.3	47.7	35.0	3.3	10.60
	80	32.3	6.7	15.0	5.6	573.5	50.5	40.1	3.5	11.45
U자 절곡	40	23.3	6.1	12.8	4.4	441.8	52.8	21.9	3.1	7.06
	60	26.3	6.6	16.3	6.4	517.5	49.2	29.6	3.8	7.78
	80	36.5	7.0	19.0	7.1	684.8	48.2	39.7	4.3	9.23
L자 절곡	40	27.3	6.5	15.4	5.6	555.0	52.7	33.9	4.8	7.88
	60	31.0	6.4	15.8	5.5	609.3	51.5	41.9	5.5	7.61
	80	32.5	7.0	17.8	6.8	736.8	48.6	50.2	5.1	9.84

다. 육묘시 공급 EC가 묘소질에 미치는 영향

큐브 이식후 양액 농도가 묘소질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 적색계 품종인 ‘데브라’를 공시하여 EC를 2.0, 2.5, 3.0 및 3.5로 공급하여 묘소질을 검토하였다. EC농도가 높아질수록

록 엽면적은 적어지고 엽두께는 증가하는 경향을 보였다(표 3-4). 전반적인 묘소질은 EC 2.0~2.5에서 상대적으로 양호하였으나, 품종간 차이가 있을 것으로 사료된다.



그림 3-2. 파종 10일째 파프리카 유묘상태

표 3-4. 육묘 시 EC농도가 묘소질에 미치는 영향

EC농도	초장 (cm)	경경 (mm)	엽두께 (mm)	주당 총엽면적 (cm <sup>2</sup> )	엽록소 함량 (SPAD)	건물중(g)		S/R율
						지상부	지하부	
2.0	32	6.4	0.66	639	50.3	43.5	4.2	10.35
2.5	31	5.6	0.72	593	51.0	42.0	5.0	8.40
3.0	33	6.4	0.83	611	50.0	46.2	4.8	9.62
3.5	29	5.3	0.90	523	53.0	39.6	4.2	9.42

## 제 4절 고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발

### 1. 서 언

파프리카는 빨강, 주황, 노랑의 예쁜 색깔 덕에 ‘채소류의 보석’이라 불리며 일본에서는 한국산 파프리카 점유율이 70%에 육박할 만큼 선풍적 인기를 끌고 있다. 파프리카의 지난 3년간 수출액은 1억 2900만 달러(약 1400억원)로 한류연풍을 탄 수출량은 8천 8백톤으로 4천 715만 달러의 수익을 거두는 블루 오션 작물로 자리 잡았다. 현재 파프리카는 내수기반 미확보로 생산의 전량을 수출에 의존하고 있으며 대부분이 일본에 수출되고 있다. 하지만 2005년 12월 29일 미국 동식물 검역소는 한국산 파프리카의 수입을 허용하기 위한 규정안을 미국연방관보에

계재하였고 최근 미국 농무부가 국내에서 생산되는 파프리카에 대해 생산시설 보강 등 일정기준을 조건으로 수입을 허용기로 함에 따라 수출확대 기반시설 조성사업을 추진하고 있다(2007년 1월). 이에 따라 그동안 주로 일본에 의존해 왔던 국내산 파프리카의 해외수출 시장이 다변화되는 계기가 마련되었다. 미국은 파프리카 수입량이 약 8만2000톤이며 금액으로는 약 2억 달러(2006년 기준)에 달하는 거대한 시장으로써 국내산 파프리카의 수출을 지속·안정화하기 위해서는 품질이 높은 파프리카를 공급하는 것이 필수적이다.

## 2. 재료 및 방법

공시품종으로는 파프리카 적색품종인 'Special'을 2008년 3월 27일부터 2008년 11월 12일까지 강원도 화천군 상서면 비가림 하우스에서 재배하였다. 2008년 3월 27일에 네덜란드 PBG연구소 파프리카 암면재배 표준액(EC 1.5dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 포수시킨 240공 암면플러그에 파종하였다. 본엽이 전개되기 시작한 2008년 4월 12일에 양액(EC 2.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 포수시킨 암면블럭(10cm X 10cm X 7.5cm)에 U자로 이식하였다. 육묘기간 중 PBG연구소 표준양액(EC 2.0~3.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)을 매일 오전에 공급하여 육묘하였다.

본엽이 10매 내외로 전개되었을 때인 2008년 5월 21일에 정식하였는데, 정식 하루 전날에 암면슬러브(90cm X 15cm X 7.5cm)를 양액(EC 3.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 충분히 포수한 뒤 슬러브당 3주씩 180cm X 33cm 간격으로 2조 정식을 하였으며, 조사주수는 반복당 10주로 하였고 시험구는 난피법 3반복으로 배치하였다.

재배중에는 슬러브 내 조건이 EC 3.0~5.5dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5~7.0의 범위를 유지하도록 공급량을 맑은 날 기준 30분 간격으로 1회 관주 시 110ml, 1일 1.8L로 공급하였으며, 폐액량은 관주량의 30~40%로 조절하였다.

처리방법은 관행의 방법으로 하엽부분의 원줄기에서 방아다리의 2분으로 나누어진 줄기를 유인하는 2분 유인방법과 원줄기에서 방아다리의 3분으로 나누어진 줄기를 유인하는 3분 유인방법을 시험(그림 4-1)하였으며, 기타 관리는 관행에 준하였다. 과실이 90%이상 착과된 것을 수확하였고, 과중이 165~175g의 Msize 상품수량, 100g미만의 소과, 배꼽썩음과, 열과, 병과 그리고 기형과의 비상품 수량으로 구분하여 조사하였다. 기타 생육조사는 농촌진흥청 시험연구조사기준에 준하였다(Rural Development Administration, 1995).

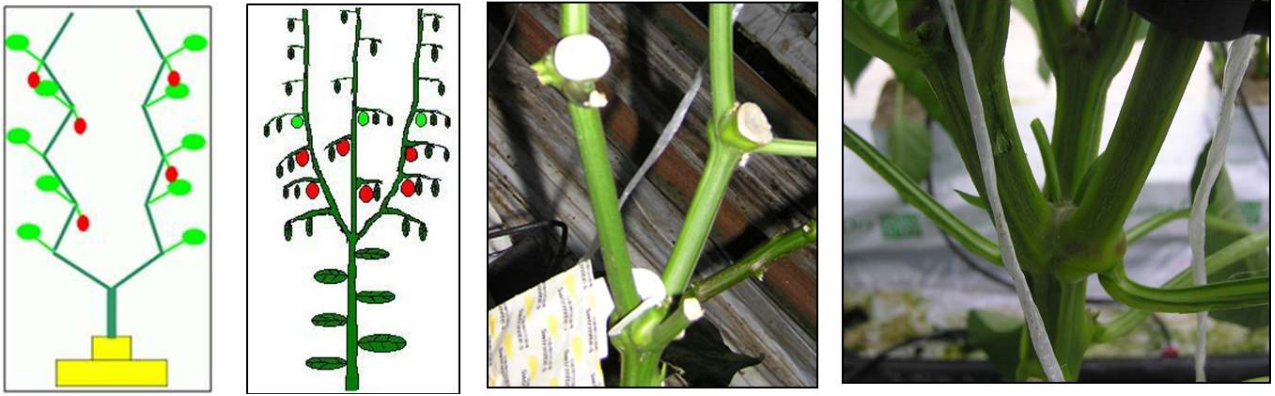


그림 4-1. 2본 유인과 3본 유인 모식도 및 사진

### 3. 실험결과

유인방법별 생육은 유인에 관계없이 초기에는 차이가 없었지만 후기에는 단위면적 당 줄기 밀도가 낮은 2본 유인 처리에서 초장이 길게 나타났다(그림 4-2). 정식일로부터 20주후를 보면 2본 유인이 180.1cm, 3본 유인이 171.8cm으로 2본 유인이 한마디정도 더 큰 것을 알 수 있었다. 정식 4주 후부터인 5절부터 절간장을 보면 3본 유인이 2본 유인보다 평균 1cm씩 작은 것을 볼 수 있고, 1절부터 5절까지의 절간장은 유의성 없는 차이를 보였다. 절간장 15~16절이 다른 절간장보다 짧은 이유는 여름 파프리카 재배 특성상 장마기와 고온기에 착과저하를 극복하기 위하여 불량환경에 도달하기 전 영양생장에서 생식생장으로 전환하기 위한 방법 중 하나인 적심처리를 통하여 적절한 착과 유도를 하기 위함이다.

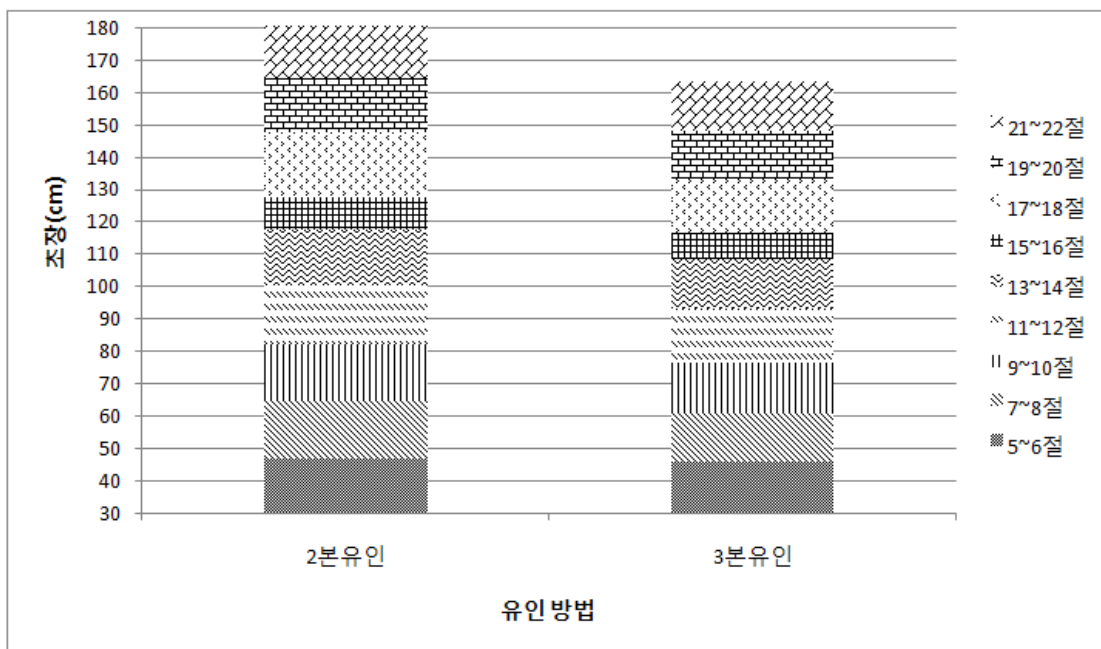


그림 4-2. 유인방법에 따른 파프리카의 초장 및 절간장 비교

파프리카의 그룹별 잎의 생육 비교는 1그룹과 2그룹에서 2분 유인과 3분 유인은 유의성 없는 차이를 보였으나, 유인에 상관없이 1그룹이 2그룹보다 생육이 우수 하였다(표 4-1). 3그룹에서 엽록소는 3분 유인이 높게 나왔으나, 유의성 없는 차이를 보였고, 잎의 생육은 2분 유인이 3분 유인보다 우수한 것을 알 수 있었다. 이는 파프리카에서 재식주수가 같을 때 주당 유인 주지수가 적을수록 분지수가 많아지고 생육이 촉진되었다(An 등, 2000)는 결과와 일치하였다.

표 4-1. 유인방법에 따른 파프리카의 그룹별 잎의 생육 비교

	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽두께(mm)	엽록소(SPAD)	엽면적(cm <sup>2</sup> )	생체중(g)	건물중(g)	
1그룹	2분 유인	25.8±0.75	14.6±1.57	0.75±0.03	73.64±2.73	214.2±2.77	14.27±1.59	2.09±0.29
	3분 유인	25.0±1.36	14.9±0.55	0.73±0.03	71.91±2.09	213.9±2.21	14.17±1.23	1.96±0.38
2그룹	2분 유인	22.4±0.75	12.6±0.52	0.72±0.04	72.50±2.33	185.1±2.23	12.88±1.28	1.87±0.26
	3분 유인	21.7±0.82	12.4±0.52	0.70±0.04	74.62±2.74	183.8±2.90	12.74±0.58	1.86±0.09
3그룹	2분 유인	21.6±1.07	12.0±0.53	0.68±0.02	71.48±2.46	184.4±2.30	12.77±1.48	1.88±0.22
	3분 유인	20.9±1.03	11.5±0.52	0.66±0.03	74.00±2.52	182.1±3.08	11.71±1.87	1.73±0.31

각 그룹별 상품과를 대상으로 조사한 과실크기는 줄기유인밀도가 낮은 2분 유인 처리에서 컸다(표 4-2). 1그룹에서는 2분 유인과 3분 유인의 과장, 과폭, 과실둘레는 유의성 없는 차이를 보였으나, 2그룹과 3그룹에선 2분 유인이 3분 유인보다 컸고, 특히 3그룹에선 확연한 차이를 보였다. 과육두께는 2분 유인은 그룹별 차이는 없었으나, 3분 유인은 높은 그룹일수록 얇아지는 경향을 나타내었고, 이에 따라 경도도 2분 유인은 그룹별 유의성 없는 차이가 없었고, 3분 유인은 높은 그룹일수록 낮았다. 과중은 2분 유인, 3분 유인 모두 2그룹과 3그룹은 차이가 없었으나, 1그룹과는 차이를 보였다. 당도는 그룹별 유인방법간의 차이가 없었다. 이 결과는 과실 크기는 줄기유인밀도가 낮은 처리에서 크고, 평균과중은 무겁지만, 과육두께와 당도는 처리 간의 차이가 없다는 결과(Kang 등, 2002)와 유사하게 나왔다. 하지만 미숙과를 수확하는 단고추에서는 과실크기가 주당 유인 주지수에 영향을 받지 않았다는 결과(Am 등, 2000)와는 차이를 보였다.



표 4-2. 유인방법에 따른 파프리카의 그룹별 과실특성 비교

	과장(cm)	과폭(cm)	과실둘레 (cm)	과육두께 (mm)	평균과중(g)	경도(kg)	당도 (Brix)	
1그룹	2본유인	70.62±3.11	73.54±4.12	25.57±1.54	7.29±0.37	174.26±6.1	2.53±0.32	7.5±0.79
	3본유인	70.42±3.8	73.42±6.80	26.15±1.42	7.21±0.31	173.9±6.65	2.45±0.31	7.55±0.13
2그룹	2본유인	68.93±9.0	70.89±6.16	24.79±1.08	7.29±0.67	173.82±7.45	2.53±0.27	7.87±0.23
	3본유인	67.43±5.45	69.12±5.97	23.99±0.97	7.16±0.71	170.64±8.1	2.40±0.22	7.74±0.18
3그룹	2본유인	69.39±6.37	69.05±6.64	24.81±0.48	7.21±0.03	171.62±7.11	2.47±0.24	7.78±0.57
	3본유인	65.66±5.89	68.56±6.23	22.47±0.38	7.09±0.29	168.83±5.23	2.28±0.15	7.7±0.37

상품과율은 모두 높게 나타났지만, 줄기유인밀도가 높은 3본 유인 처리에서는 72.2%고 2본 유인은 82%이었다(그림 4-3). 이러한 결과는 단고추에서도 재식주수가 같으면 주당 유인 주지수가 적을수록 상품과율이 높아지는 결과(An 등, 2000)와 일치하였고, 단위면적당 유인 주지수가 동일할 경우에는 주당 유인 주지수가 적고 재식주수가 많은 처리에서 상품과율, 평균과중, 과육두께 및 상품과 수가 증가하고(Guo 등, 1989), 동일면적에 유인 주지수가 같을 경우, 재식주수가 적을수록 상품율이 증하고 품질이 우수했다(Salvadore 와 Stall, 1994)는 결과와 유사하였다.

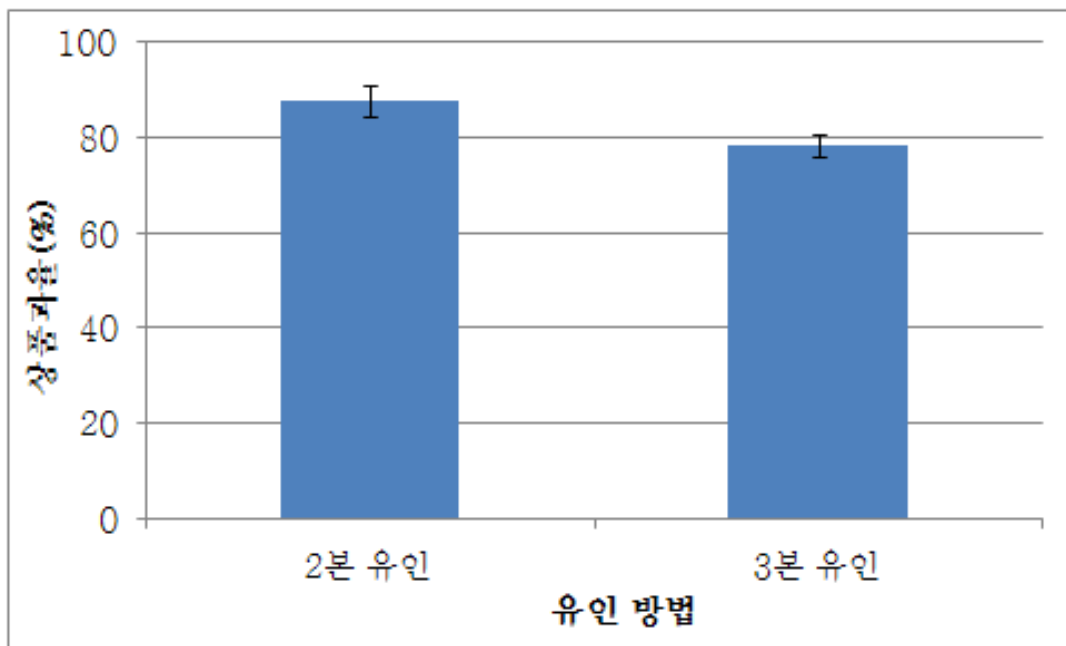


그림 4-3. 유인방법에 따른 상품과율 비교

경제적 효과를 산출해 보면 2분 유인의 1평당 상품과 수량은 1평(16주) X 8개(주당 수확과수) X 165g(평균 상품과중) X 0.82(상품과율) = 17.3kg 이고, 3분 유인의 1평당 상품과 수량은 1평(20주) X 8개(주당 수확과수) X 165g(평균 상품과중) X 0.72(상품과율) = 19kg 이다. 그러므로 3분 유인이 2분 유인보다 평당 1.7kg 상품과 수량이 많은 것을 알 수 있다

표4-3. 파프리카의 유인방법별 주당 착과수 비교

유인방법	상품과	비상품과			
		소과	병과	기형과	합계
2분 유인	12.24±1.03	0.6	2.04	1.84	3.76±0.03
3분 유인	15.46±1.15	4.01	2.42	2.11	8.54±0.05

비상품과는 3분 유인 처리가 2분 유인보다 4.78개 많았는데, 특히 소과의 발생이 많았다(표 4-3). 적절한 정지유인을 통해 통풍이 개선되고 주당 채광량이 많아지면 꽃의 소질이 양호해져 착과율이 좋아지는데(Rylski, 1985), 이것은 소과종보다 중과종 단고추에서 더 뚜렷하다(Guo 등, 1991)는 결과와 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 생육초기부터 3분으로 유인한 처리에서는 초기수량이 높았지만, 후기로 갈수록 소과의 비율이 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 단위면적당 재식주수가 많아 줄기유인밀도가 높을 경우 초기 수량은 증가하나 상품성이 떨어진다는 결과(Batal 과 Smittle, 1981) 와 유사하였다.

## 제 5절 슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미치는 영향

### 1. 서 언

파프리카는 생육단계와 환경적 변수에 따라 착과시기와 착과수가 결정된다. 착과 이후에는 과실 비대와 초세회복의 생육전환을 위한 환경관리를 하게 된다. 특히 정식 후 생육초기에는 영양생장이 빠른 속도로 진행되면서 초세가 강하게 유지되기 때문에 인위적으로 급액방법을 조절하여 스트레스를 가하지 않으면 착과수가 감소되고 초세에 비해 착과수가 적으면 과실이 커지게 되어 수출 규격을 벗어나 등외품으로 분류된다. 또한 겨울철은 광량이 부족하기 때문에 착과가 어려우며 품질이 떨어지게 된다. 따라서 이러한 시기에는 환경적인 방법을 통한 착과유도는 물론 근권의 적당한 스트레스를 통해 착과수를 늘리는 방법이 적용되어야 하는 것이다.

현재까지 오이(Chae 등, 1998;Kwon 등, 1997;Roh, 1997)와 토마토(Adams, 1991; Li 등, 2001; Kwon 등, 1997; Park 등, 1997; Tantawy 등, 1992)에서는 급액량 조절에 대한 연구가 많이 진행되었지만, 파프리카에 대한 연구는 미진한 실정이다.

파프리카는 전체 재배면적의 95%이상이 수경재배로 이루어지기 때문에 급액관리를 통한 근권환경조절이 매우 중요하게 여겨지고 있다. 식물생장을 위한 최적 근권환경을 조성하기 위해 고상, 기상, 액상이 적절한 균형을 이루어야하고(Bunt, 1984) 균형적인 양수분 공급과 근권의 산소공급, 적절한 삼투포텐셜, 최적온도, 적절한 미생물 활동을 갖는 배지는 3상의 균형이 적절할 때 가능하기 때문이다(Unver 등, 1983). 또한 수분관리는 식물의 성장과 발육을 결정하는 중요한 요인 중의 하나이며(Giacomelli, 1998) 이에 따라 수량과 품질을 결정짓는 중요한 변수가 되기도 한다. 특히 파프리카 재배에는 영양생장과 생식생장의 반복을 통해 생육주기가 생기고 이를 활용해 착과수와 초세회복에 이용하므로 근권의 환경이 다른 작물보다 더 중요하다고 할 수 있다.

파프리카의 근권 스트레스는 과실의 크기나 품질에 직결되기 때문에 정확한 적정 범위를 제시해야 하는데, 이러한 문제는 외국의 선진기술로는 적용하기 어려운 부분이므로 본 연구에서는 슬러브내 함수율 차이가 초기생육 및 과실 품질에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

파프리카 적색품종인 'Special'을 2008년 3월 27일부터 2008년 11월 12일까지 강원도 화천군 상서면 비가림 하우스에서 재배하였다. 2008년 4월 12일에 암면블럭에 U자 이식을 하였고, 2008년 5월 21일에 슬러브당(90cm X 15cm X 7.5cm) 3주씩 180cm X 33cm 간격으로 2조 정식을 하였다. 조사주수는 반복당 10주로 하였고 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였다.

처리방법은 관행의 방법과 각각 슬러브에 관수로 흡수되어진 양액의 포화도를 가지고 슬러브내의 함수율 50%와 100%의 방법이 이루어졌다. 관행으로 이루어진 방법은 슬러브 하단을 'X자' 형으로 두 곳을 절개하였고, 함수율 50%로 이루어진 방법은 슬러브 하단 한곳을 절개하였으며, 함수율 100%로 이루어진 방법은 슬러브 하단을 절개하지 않았다. 슬러브내 함수율을 정확하게 측정하기 위해 수분함량측정기(WCM-H, Grodan Co., Denmark)를 이용하여 필요로 하는 급수량을 유지하였다. 작물관리와 환경관리는 관행에 준하였다. 과실품질 조사는 90%이상 착색된 것을 기준으로 과장, 과폭, 과실둘레, 과중, 과육두께는 과실의 육질을 ECD-150C(MITUTOYO)를 이용하였고 그리고 수동식경도계로 경도를 측정하였다. 당도조사는 과실을 착즙하여 Brix 당도계(ATAGO N1, 0-32%, Japan)를 이용하여 측정하였고 생육조사는 초장, 경경, 엽장, 엽폭, 엽두께, 그리고 식물의 잎에 함유되어 있는 엽록소를 파괴하지 않고 빠르게 측정할 수 있는 chlorophyll meter(SPAD-502, Minolta, Japan)를 이용하여 엽록소 조사를

하였다.

### 3. 실험결과

슬러브내 함수율 차이에 따른 ‘Special’ 품종의 초장 및 절간장 비교 결과, 관행과 슬러브내 50%함수율은 초장 및 절간장은 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 슬러브내 100%함수율은 초기 생육때 절간장이 평균 1.2cm 커지고, 초장은 8.3cm 커졌다(그림 5-1). 이러한 결과는 배액률이 높을수록 초장이 길고 분지수가 많아지는 결과(An, 2005)와 유사하였다. 하지만 17절에서 22절의 절간장을 보면 생육후기로 갈수록 관행과 절간장의 차이가 나타나지 않았다. 이는 생육 초기에는 함수율이 높고 EC가 낮게 유지되어 근권이 안정됨으로써 뿌리의 활력과 초세가 강해지는 결과(Ito 와 Kawai, 1994; Ootake 등, 1994)와 유사하게 나타났다. 절간장 15~16절이 다른 절간장에 비하여 짧은 이유는 고온기와 장마기에 착과저하를 극복하기 위한 방법 중 적심처리를 통하여 과도한 영양생장을 생식생장으로 전환함으로써 착과부하를 줄여 적절한 착과 유도를 하기 위해서이다.

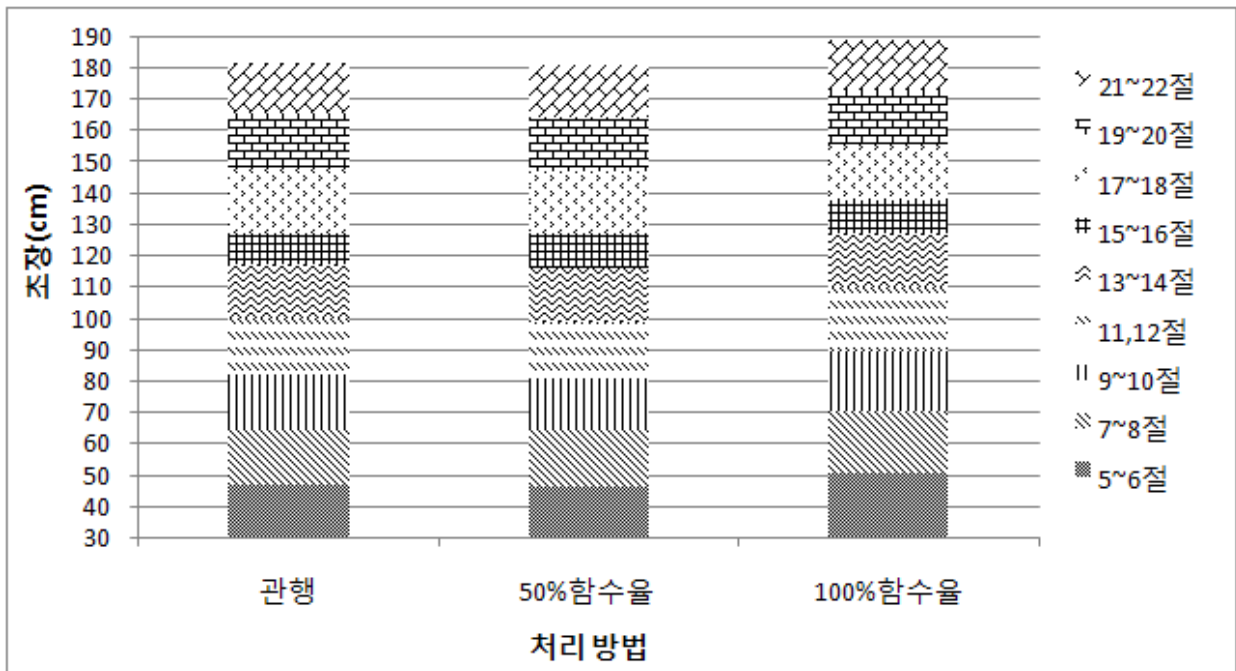


그림 5-1. 슬러브내 함수율 처리구별 파프리카의 초장 및 절간장 비교

슬러브내 함수율 처리방법에 따른 ‘Special’ 품종의 그룹별 잎의 생육을 비교해 본 결과 생육 초기인 1그룹에선 처리구별 유의성 있는 차이는 보이지 않았으나, 대체적으로 슬러브내 100%함수율이 다른 처리구에 비하여 전반적인 잎의 생육이 왕성 하였으며, 잎의 크기 또한 컸다(표 5-1). 2그룹에선 슬러브내 50% 함수율과 100% 함수율이 관행보다 더 컸으나, 3그룹에서는 슬러브내 100% 함수율이 다른 두 처리구에 비하여 잎의 생육이 떨어지는 것으로 나타났다. 3그룹에서 슬러브내 50% 함수율은 관행과 비교하여 유의성 없는 차이를 보였으나, 엽면적과 잎의

생체중, 건물중은 더 낮게 나타났다. 관행과 슬러브내 50% 함수율은 그룹별 잎의 생육의 차이는 보이지 않았으나, 슬러브내 100% 함수율은 그룹이 올라갈수록 잎의 생육이 현저하게 떨어지는 것을 알 수 있다(표 5-1). 이 결과는 생육후기로 갈수록 EC가 상승하게 되어 양분흡수의 균형이 깨지고 뿌리에 스트레스를 주게 되어 심하면 광합성률 저하와(Martin 등, 1970; Xu 등, 1997) 생육을 억제시키고 건물중을 감소시키는 것(Hayata 등, 1998)으로 판단하였다.

표 5-1. 슬러브내 함수율 처리방법에 따른 파프리카의 그룹별 잎의 생육 비교

	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽두께 (mm)	엽록소 (SPAD)	엽면적 (cm <sup>2</sup> )	생체중(g)	건물중(g)
관행	25.8±0.75	14.9±1.57	0.79±0.03	73.64±1.14	214.2±1.77	15.27±0.59	2.19±0.19
1그룹 50% 함수율	26.3±0.95	15.2±0.95	0.78±0.03	75.08±2.73	215.5±1.56	15.45±1.07	2.21±0.16
100% 함수율	26.7±1.10	15.4±0.79	0.79±0.05	74.83±2.6	215.6±1.3	15.31±1.01	2.27±0.11
관행	24.5±0.75	14.7±0.52	0.77±0.04	72.5±2.27	208.7±1.23	14.34±1.28	2.11±0.16
2그룹 50% 함수율	25.3±0.81	15.4±0.81	0.77±0.04	72.88±1.33	210.1±1.44	14.97±0.79	2.15±0.18
100% 함수율	26.1±1.10	15.6±0.79	0.78±0.03	72.02±3.14	213.7±2.23	15.39±1.11	2.2±0.08
관행	25.1±1.07	14.5±0.53	0.77±0.05	74.33±2.46	210.8±2.3	15.01±1.08	2.14±0.2
3그룹 50% 함수율	24.8±0.94	14.3±0.67	0.76±0.02	72.14±1.2	208.1±2.15	14.01±0.73	2.09±0.17
100% 함수율	24.4±1.42	14±0.7	0.76±0.03	71.28±1.05	207.2±2.06	13.87±1.3	2.07±0.15

생육 초기 초세가 강하고 근권부 안정적인 1그룹에서 슬러브내 함수율 처리 방법에 따른 파프리카의 과실특성은 관행보다 슬러브내 함수율 50%, 100% 처리구가 높게 나타났다(표 5-2). 과실크기와 과중을 보면 슬러브내 함수율 100%는 대과 수준의 과실이 많이 나왔으며, 과육두께도 관행에 비하여 슬러브내 함수율 50, 100% 처리구가 5.2~6.4% 두꺼웠으며, 이에 따라 경도도 7.6~8.3% 단단하였다. 2그룹에서도 관행보다 슬러브내 함수율 처리구가 과실특성이 우수하게 나타났으나, 이것은 3처리구 모두 별다른 차이를 보이지 않았다. 또한, 1그룹과 2그룹에서 당도는 슬러브내 함수율이 높을수록 높게 나타나는 경향을 보였다. 반대로 3그룹에서는 슬러브내 함수율 처리가 높을수록 과실특성이 떨어지는 경향이 보였다. 관행과 슬러브내 함수율 50%는 별다른 차이는 없었으나, 슬러브내 함수율 100%는 1그룹과 2그룹에 비하여 상이하

게 나타났다. 과실크기도 작았으며, 과육두께와 경도도 관행에 비하여 떨어진 것을 알 수 있었다. 하지만 당도는 3그룹에서도 슬러브내 함수율이 높을수록 높게 나타났다(표 5-2). 이것은 생육후기로 갈수록 슬러브내 함수율을 높게 유지하게 되어 양분의 흡수가 저해되어 초세가 약해지고 지나치게 영양생장이 강하여 과실이 작아지거나 품질이 떨어지는 결과(Aljibury 와 May, 1970)와 일치했다.

표 5-2. 슬러브내 함수율 처리 방법에 따른 그룹별 파프리카의 과실특성

	관행	과장(cm)	과폭(cm)	과실둘레 (cm)	과육두께 (mm)	과중(g)	경도(N)	당도(Brix)
1	관행	70.62±3.11	73.54±4.12	25.57±1.54	7.29±0.37	174.26±6.1	2.53±0.32	7.5±0.79
	그	72.67±2.77	74.09±3.37	27.61±0.95	7.69±0.55	177.65±8.1	2.74±0.43	8.02±0.81
	함수율50%							
2	관행	68.93±9.0	70.89±6.16	24.79±1.08	7.29±0.67	173.82±7.45	2.53±0.27	7.87±0.23
	그	70.74±7.19	71.9±5.18	25.2±2.03	7.31±0.50	175.14±7.53	2.61±0.50	8.1±0.23
	함수율50%							
3	관행	69.39±6.37	69.05±6.64	24.81±0.48	7.21±0.03	171.62±7.11	2.47±0.24	7.78±0.57
	그	69.84±5.2	70.96±7.19	24.65±1.75	7.35±0.07	172.76±12.76	2.52±0.28	7.75±0.92
	함수율50%							
3	관행	67.16±6.98	68.26±7.8	23.8±0.84	7.15±0.07	170.8±9.33	2.31±0.64	7.85±0.42
	그							
	함수율100%							

슬러브내 함수율 처리 방법에 따른 파프리카의 수량특성을 분석한 결과 상품과율은 관행이 83.5%, 슬러브내 함수율 50%가 83.7%로 비슷했고, 슬러브내 함수율 100%가 79.1%로 가장 낮았다(그림 5-2). 총 착과수와 총 상품과수는 3처리구 모두 유의성 없는 차이를 보였다.

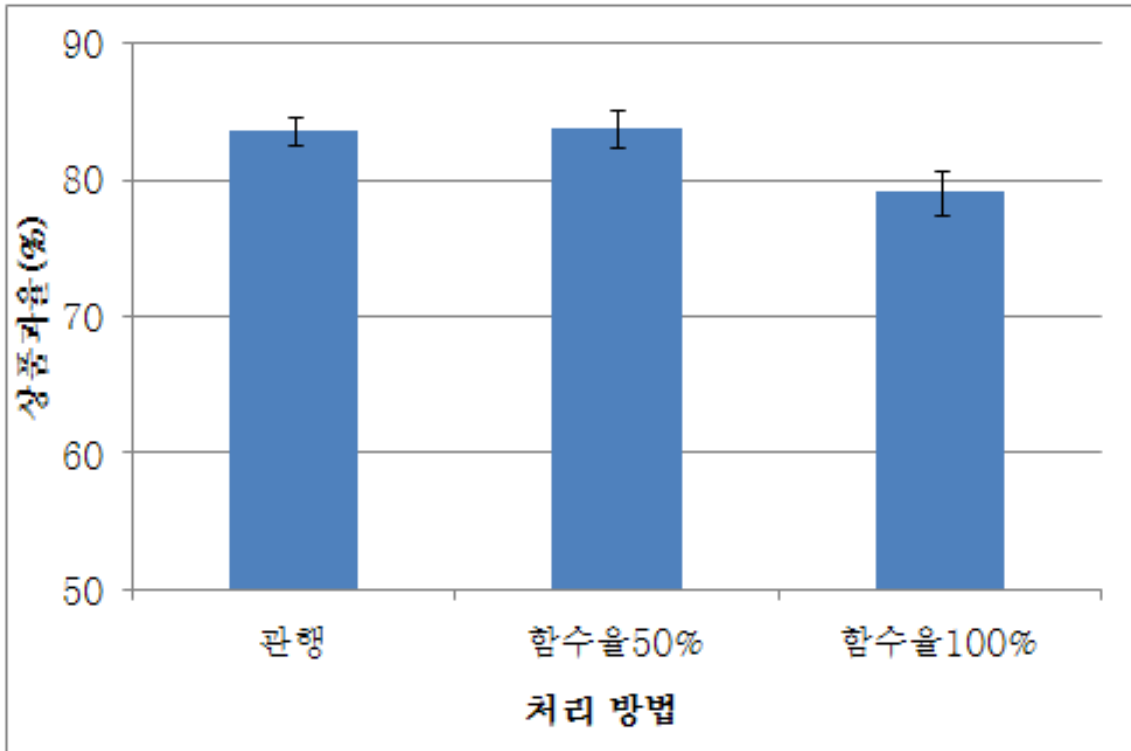


그림 5-2. 슬러브내 함수율 처리 방법에 따른 파프리카의 상품과율

처리방법에 따른 주당 착과수를 비교 분석한 결과 수확 초기와 중기에는 관행이 슬러브내 함수율 100%보다 비상품과가 많이 발생 하였지만, 후기에는 슬러브내 함수율 100%가 관행보다 49.3%나 많이 발생하였다(표 5-3). 슬러브내 함수율 50% 또한 후기에 초기와 중기에 비하여 비상품과가 많이 발생 하였지만, 관행과 별다른 차이를 보이지 않았다. 특히 후기에 슬러브내 함수율 100%에서 배꼽썩음 병의 비율이 높았고, 초기에 유의성 없는 차이기는 하나, 관행에서 배꼽썩음 병의 비율이 높았다.

배꼽썩음과의 원인은 여러 가지로 알려져 있다. Heuvelink 와 Korner(2001)은 과실의 생장률이 높을수록 배꼽썩음과의 비율이 높다고 보고하였고, Marcelis 와 Ho(1999)도 배꼽썩음과는 착과수가 적을수록 과실의 생장률이 높을 때 많이 발생한다고 보고하였다. 또한 Bertin 등 (2000)은 많은 착과수의 조건과 높은 수증기압차조건에서 배꼽썩음과의 발생이 많다고 주장하였는데, 본 시험에서는 Marcelis 와 Ho(1999)의 결과와 유사한 생장율이 높을 때 과실의 비대 속도가 빨라져서 다발생 했던 것으로 생각되었다. 상품수량은 초기는 슬러브내 함수율 100%가 높았고, 후기엔 관행의 방법이 높은 것으로 보아 생육시기에 따라 초기에 강한 스트레스와 후기의 개선되는 환경에서는 근권 안정을 취하는 것이 파프리카 수량을 증가시킬 수 있는 재배 기술로 판단된다

표 5-3. 슬러브내 함수율 처리 방법에 따른 파프리카의 주당 착과수 비교

		비상품과				
		상품과	소과	배꼽썩음과	기형과	합계
초기	관행	6.52±0.46	0	0.8	0.2	1.0±0.03
	함수율50%	6.53±0.84	0	0.6	0.3	0.9±0.07
	함수율100%	7.11±1.07	0	0.3	0.4	0.7±0.08
중기	관행	7.27±0.65	0.4	0.3	0.5	1.2±0.01
	함수율50%	7.22±0.88	0.3	0.5	0.3	1.1±0.06
	함수율100%	6.98±0.71	0.5	0.3	0.2	1.0±0.02
후기	관행	5.59±0.94	0.3	1.02	0.3	1.6±0.04
	함수율50%	5.51±0.97	0.2	1.14	0.4	1.74±0.05
	함수율100%	4.25±0.46	0.6	1.76	0.8	3.16±0.12

## 제 6절 생육 후기 착색 증진방법 모색

### 1. 서 언

강원도 여름작형의 경우 재배 후반기가 10월 이후의 저온기가 되는데 이 시기 생산비 절감을 위해 난방을 하지 않아 과실의 착색이 늦어져 많은 농가에서 마지막 그룹(대개 3그룹)의 파프리카 과실을 제대로 수확하지 못하고 있다. 파프리카 과실의 착색 유도 방법을 개발할 경우 전체 생산량을 최대 1/3이상 높일 수 있을 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 수확전후 에테폰 처리, 근권부 제한과 NaCl 엽면처리를 통한 착색 증진 기술을 개발하고자 한다.

이상의 연구를 통해 여름철 고랭지 파프리카 과실의 품질을 증진하고 착색을 유도하며 맞춤형 유통 및 저장 조건을 제시하여 안정적인 유통을 꾀하고자 본 연구를 실시하였다.

### 2. 재료 및 방법

공시 품종은 파프리카의 적색품종인 ‘Special’ 품종과 황색품종인 ‘Fiesta’, ‘Helsinki’ 품종의 착색증진 방법을 시험하기 위하여 생육 후기 수확전후 에테폰 처리, NaCl의 엽면처리와 근권부 절단에 따른 파프리카의 착색증진 효과를 구명하였다.



#### 가. 수확전후 에테폰 처리에 따른 착색증진

에테폰 처리는 만개 후 경과일수가 55일 반숙과를 대상으로 수확전과 수확 후에 에테폰 처리로 숙기를 앞당겨 과실을 착색유도, 수확 후 처리는 55일부터 2회에 걸쳐 3,000ul/L 농도의 에테폰을 과실에 분무하였으며, 수확 후 처리의 경우 역시 만개 후 55일 된 반숙과에 같은 농도의 에테폰을 충분히 분무한 후 유공 필름으로 포장하여 15도, 25도 35도의 3가지 온도에서 관찰 조사하였다.

#### 나. 생육 후기 NaCl의 엽면처리에 따른 착색증진

생육 후기 NaCl 엽면처리는 수확이 종료되고 수확되지 않는 반숙과의 착색을 증진시키기 위해, NaCl 농도를 5,000ppm, 10,000ppm, 15,000ppm과 무처리의 4방법으로 전착제(0.02%)와 혼합하여 과실에 직접 분무하고, NaCl 엽면처리 후 상온(20℃)에서 경도변화를 비교하였다.

#### 다. 생육 후기 근권부 절단에 따른 착색증진

생육 후기 수확이 종료되고 수확되지 않고 남아있는 과실의 착색을 유도하기 위하여 반숙과를 대상으로 근권부의 50%, 100% 절단과 절단하지 않는 무처리 3방법으로 착색유도와 과실특성을 조사하였다.

### 3. 실험결과

#### 가. 수확전후 에테폰 처리에 따른 착색증진

에테폰 처리와 보관 온도에 따른 'Fiesta'품종의 착색을 비교한 결과 25℃에서 착색이 가장 빨리 진행되었으며, 15℃가 오히려 35℃보다 빠른 착색을 보였다. CIE L\*, a\*, b\* 값을 비교해 보면 명도를 나타내는 L\* 값의 경우는 25℃에서 가장 높았으며, 다음으로 15℃, 그리고 35℃의 순서였으나, 에테폰 처리의 효과는 없었으며, 모든 처리간 차이에 통계적 유의성이 없었다.

녹색에서 적색을 표시하는 a\* 값은 15℃에서 가장 낮은 값을 보였고, 25℃와 35℃에서는 차이를 보이지 않았으며, 에테폰 처리 효과도 나타나지 않았다. 이에 반해 'Fiesta'품종의 착색을 수치화할 수 있는 b\* 값(청색부터 황색을 표시함)은 온도별로 차이를 보여 25℃에서 가장 높았으며, 다음으로 15℃, 그리고 35℃에서 가장 낮은 수치를 보였다. 에테폰 처리시 모든 처리 온도에서 b 값이 증가하였으나, 통계적 유의성은 없었다(그림 6-1).

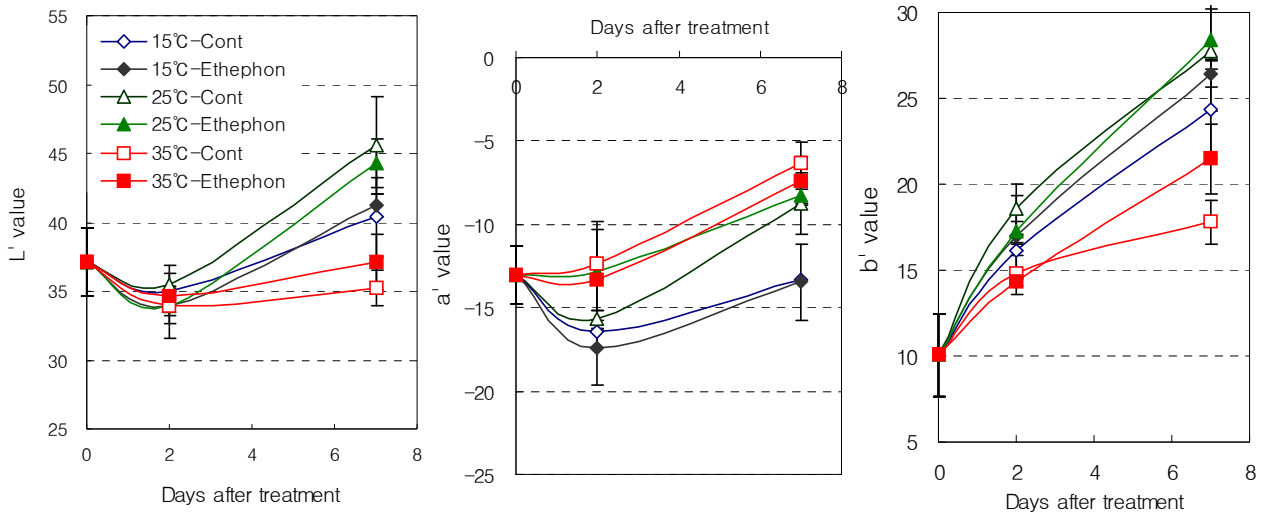


그림 6-1. 15°C, 25°C, 35°C에서 에테폰 처리( $3,000 \mu\text{L}^{-1}$ )한 파프리카 과실('Fiesta')의 과실 표피 색(Hunter L, a, b values) 변화.

파프리카 과실의 착색에 관한 에테폰의 효과는 기존의 여러 보고에서 그 결과가 엇갈리고 있는데, Cooksey 등(1994), Kahn 등(1997), 그리고 Lim 등, (2005)은 착색효과가 인정된다고 하였으며, Yun 등(2002)과 Krajayklang 등(1999)은 착색을 유도하지 못한다고 하였다. 본 실험에서 'Fiesta' 과실은 에테폰에 의해 착색이 빨라지는 효과는 보였으나, 대조구와 통계적 유의성이 없었으며, 오히려 온도에 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

에테폰의 파프리카 과실 착색 효과를 수확전과 후로 나누어 알아보았는데, 먼저 에테폰 처리 1일 후 파프리카 과실의 호흡속도는 수확 후 처리에서는 대조구에 비해 증가하였으나, 수확 전 처리에서는 증가하지 않았다. 그러나 통계적 유의성은 없었다. 파프리카의 호흡속도는 10~20°C에서 5~20  $\text{CO}_2 \text{ ml/kg/hr}$ 로 알려져 있는데 본 실험에서 모든 처리에서 이 수준을 보였다. 에테폰 처리 1일 후에 에틸렌 발생속도는 대조구에서는 기존의 보고 수준(0.1~0.2  $\mu\text{l/kg/hr}$ )이었던 것에 반해 에테폰 처리구에서는 수확 전 처리에서는 1000배 이상 수확 후 처리에서는 3000배 가까운 증가를 보였는데, 이는 처리한 에테폰에서 계속적으로 에틸렌을 발생하였기 때문이라 생각된다(그림 6-2). 그러나 이러한 높은 에틸렌 발생속도에도 수확 전과 후의 착색은 다소 증가하였으나 통계적 유의성은 없었다. 이상의 결과로 보아 파프리카 과실의 경우 에틸렌 발생제 처리는 착색 유도에 그다지 효과적이지 못하며 에틸렌 처리보다 처리 온도가 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

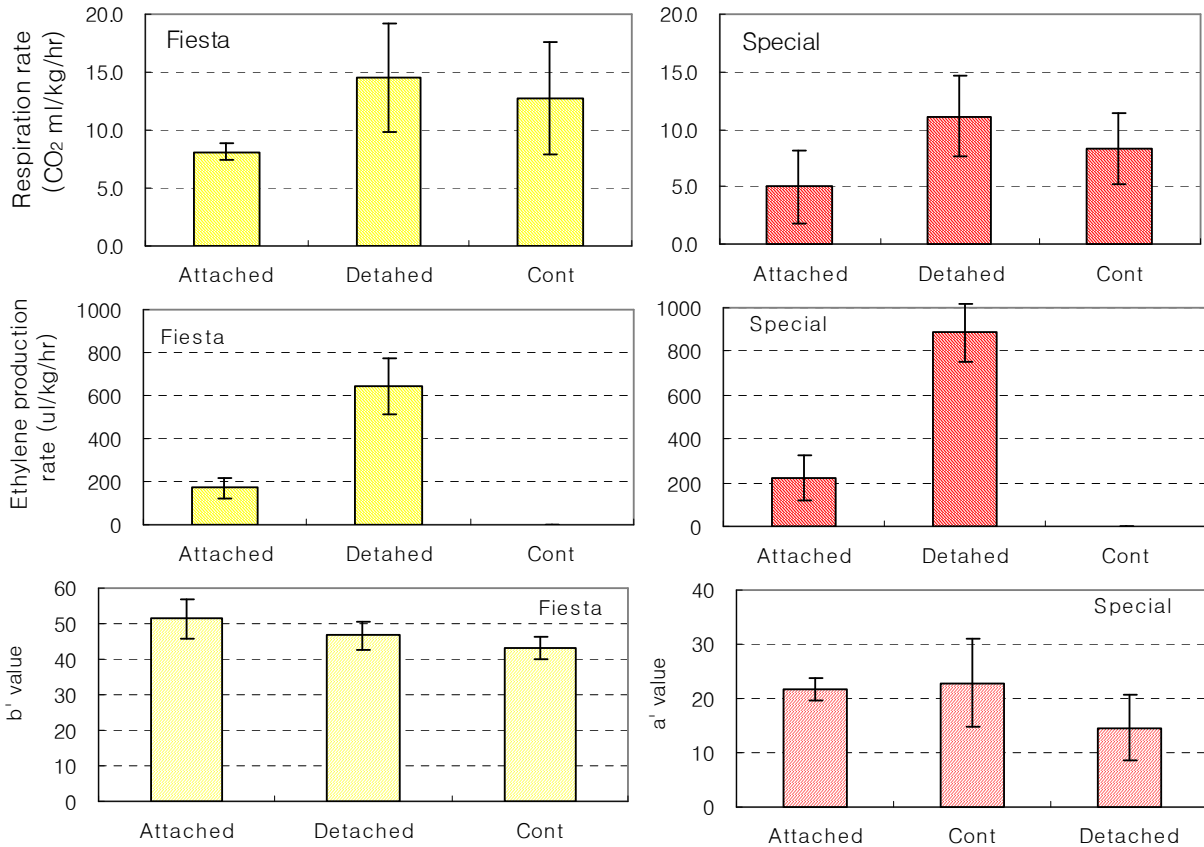


그림 6-2. 15°C, 25°C, 35°C에서 에테폰 처리(3,000  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ )한 파프리카 과실('Fiesta', 'Special')의 호흡속도, 에틸렌 발생량, 그리고 과실 표피 색(Hunter a, b values) 변화.

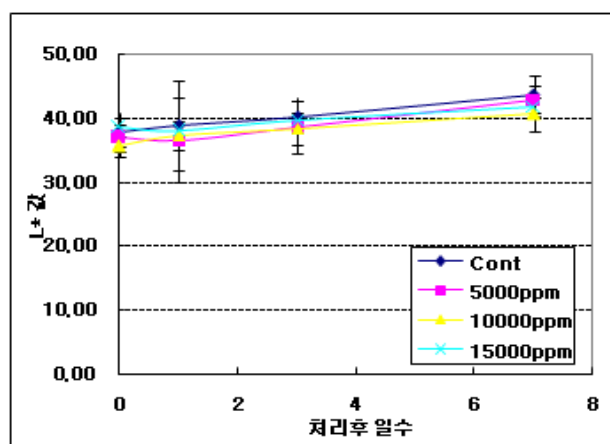
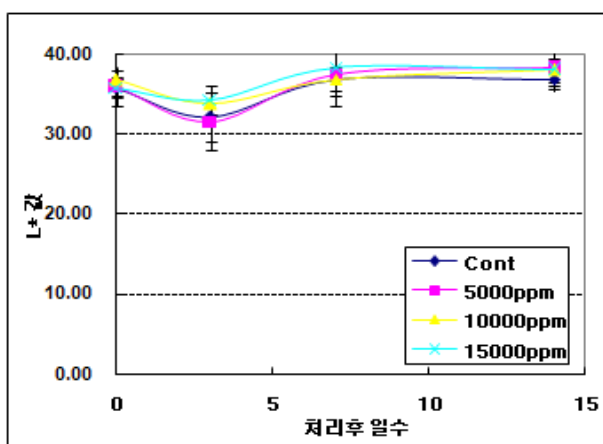
#### 나. 생육 후기 NaCl의 엽면처리에 따른 착색증진

생육 후기 남아있는 반숙과를 대상으로 NaCl을 처리한 적색계 'Special' 품종과 황색계 'Helsinki' 품종의 착색을 비교한 결과 '스페셜' 품종의 명도를 나타내는 hunter L 값의 경우 변화는 뚜렷히 나타나지 않았으며, 모든 처리구에서 비슷한 값을 나타내었다(그림 6-3). '스페셜' 품종의 착색 정도를 수치화 할 수 있는 a 값(청색에서 적색)은 처리 후 3일 이후 모든 처리구에서 급격한 착색의 변화를 보였으며, 그중에서도 NaCl 15,000ppm가 가장 급격한 변화를 보였고, 90%이상 착색도 다른 처리구에 비하여 3일정도 빨랐고, 무처리구와 NaCl 5,000ppm 처리구는 별다른 착색의 변화 없이 유사하게 착색되었다(그림 6-4).



그림 6-4. '스페셜' 품종의 처리 7일 후 처리구별 과실 비교

'헬싱키' 품종의 반숙과에 NaCl 처리 후 명도를 나타내는 hunter L 값의 경우 모든 처리구가 비슷한 값을 나타내어 뚜렷한 차이는 없었으나, 황색계인 '헬싱키' 품종의 착색 정도를 수치화할 수 있는 b 값(청색에서 황색)은 처리 2일 후 NaCl 10,000ppm과 15,000ppm이 빠르게 착색을 증진하는 것을 볼 수 있다(그림 6-3). 무처리와 비교하면 NaCl 15,000ppm은 처리 3일 후면 90%이상 착색이 되었고, NaCl 10,000ppm은 처리 5일 후 90%이상 착색된 것을 알 수 있다. '스페셜' 품종과 마찬가지로 '헬싱키' 품종에서도 무처리구와 NaCl 5,000ppm 처리구는 별다른 차이 없이 유사하게 착색되었다. '헬싱키' 품종이 '스페셜' 품종에 비하여 같은 처리를 했음에도 불구하고 처리 후 착색증진이 빠른 이유는 품종 특성상 적색계 품종보다 황색계 품종이 착색이 빠르기 때문이다.



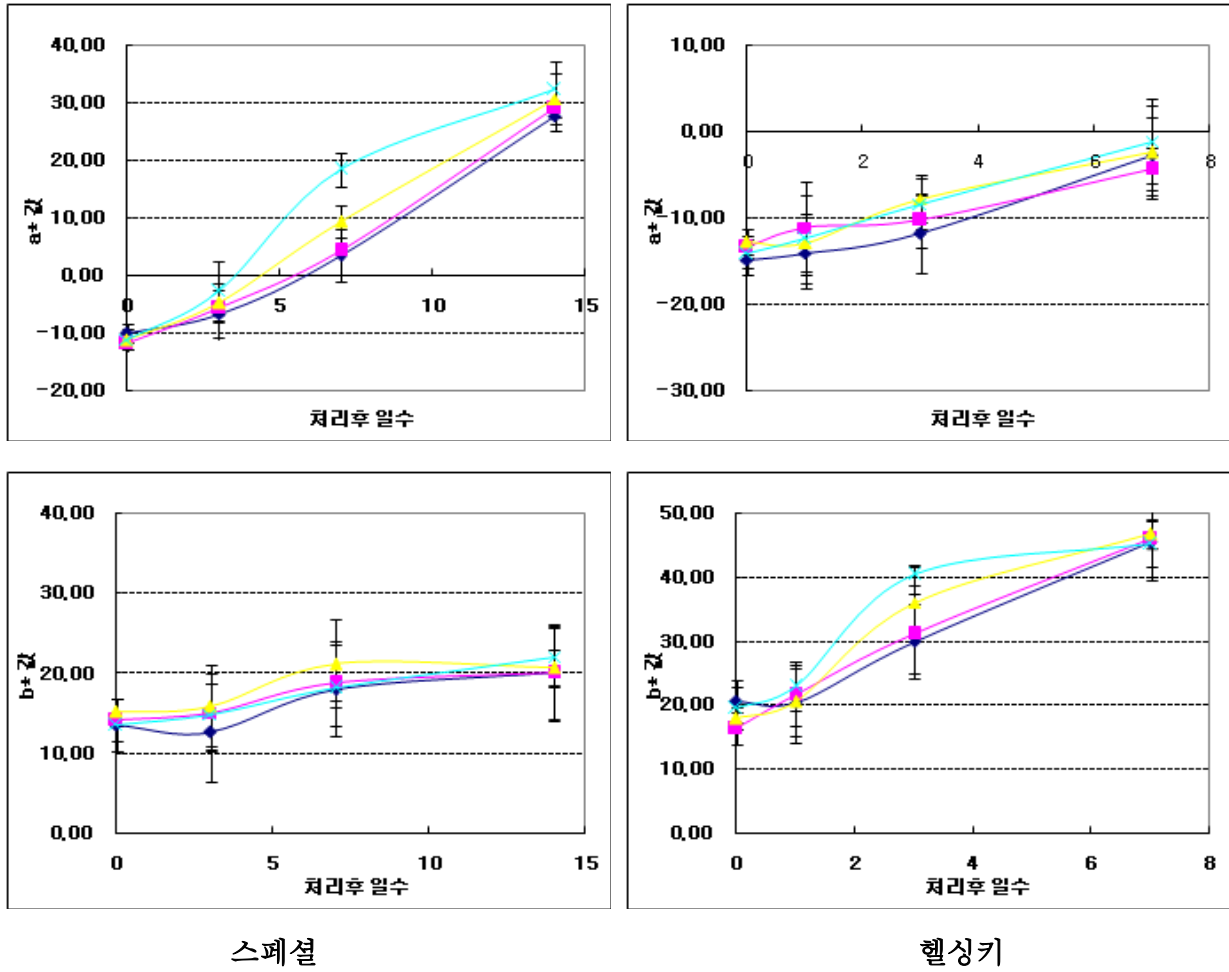


그림 6-3. '스페셜' 품종과 '헬싱키' 품종의 과실 표피 색(Hunter a, b values) 변화.

그러나 NaCl을 높게 처리할수록 착색은 빨리 되었으나, 과실의 노화 또한 빨랐으며, NaCl 15,000ppm 처리구는 '스페셜' 품종은 5일 후, '헬싱키' 품종은 2일 후부터 빠르게 나타났으며, 90%이상 착색이 된 후에는 NaCl 15,000ppm, 10,000ppm은 상품과로서의 기능을 상실하였다(그림 6-5).



그림 6-5. '스페셜' 품종의 처리 15일 후 처리구별 과실 비교

두 품종의 처리구별 상온에서의 경도 변화 결과 두 품종 모두 처리구가 높을수록 경도가 떨어지는 것을 확인 할 수 있었고, 여기에서도 무처리구와 NaCl 5,000ppm 처리구는 특별한 차이를 보이지 않았다(그림 6-6). NaCl 5,000ppm 처리구에서 두 품종 모두 1일정도 빠르게 착색되었고, 상온(20℃)에서 경도변화 또한 무처리구에 비하여 수치상으로 떨어지기는 하였으나, 상품과로서의 가치와 노화정도는 무처리구와 별다른 차이를 보이지 않았다.

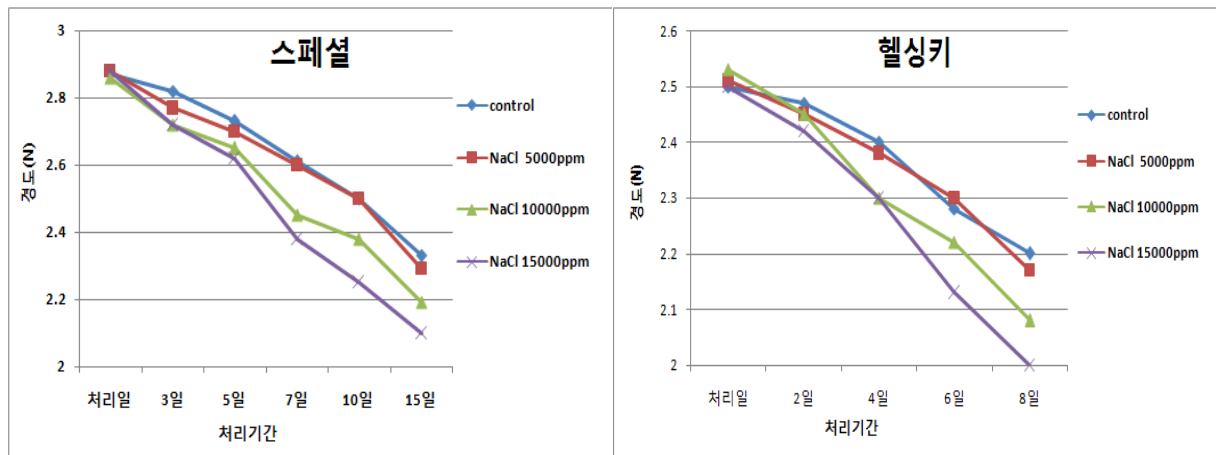
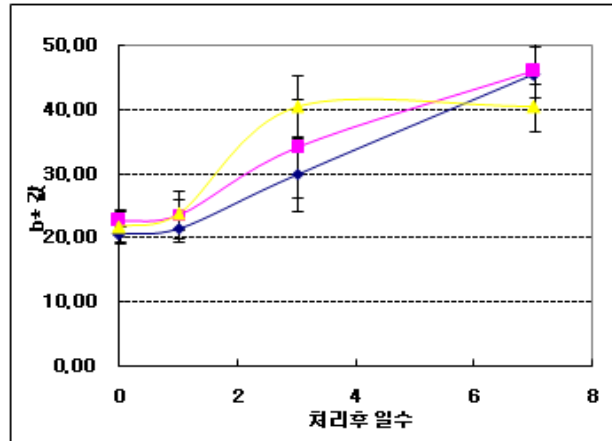
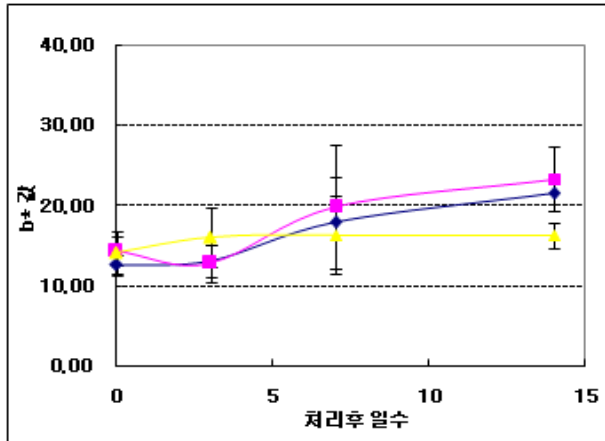
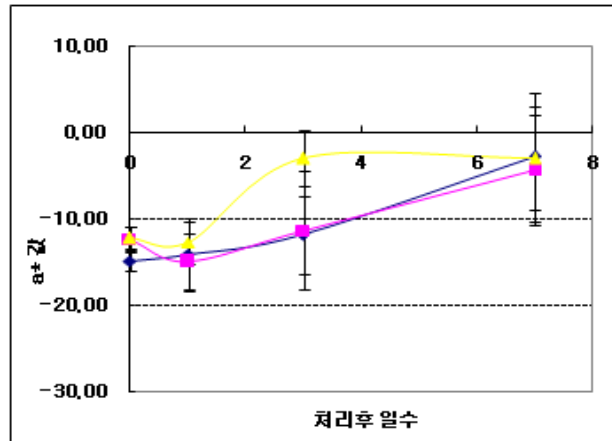
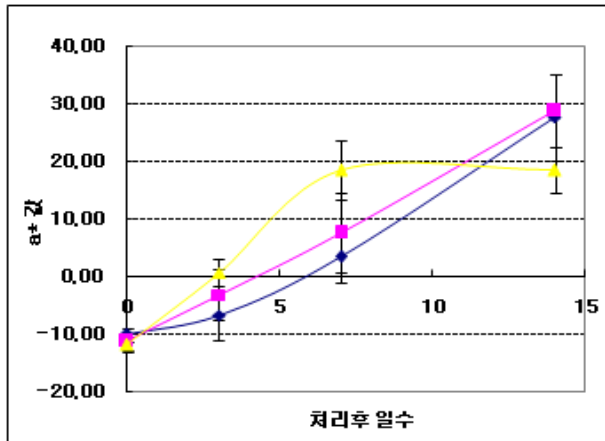
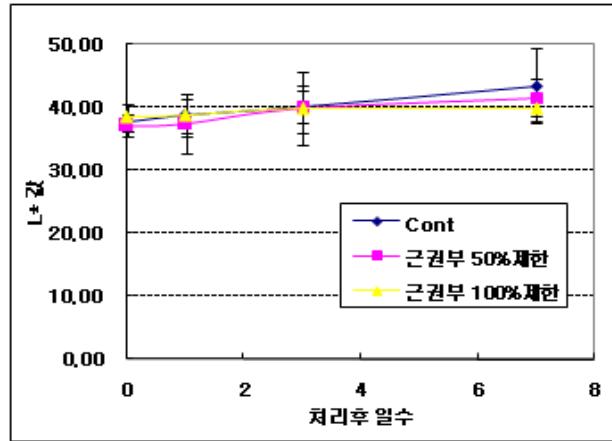
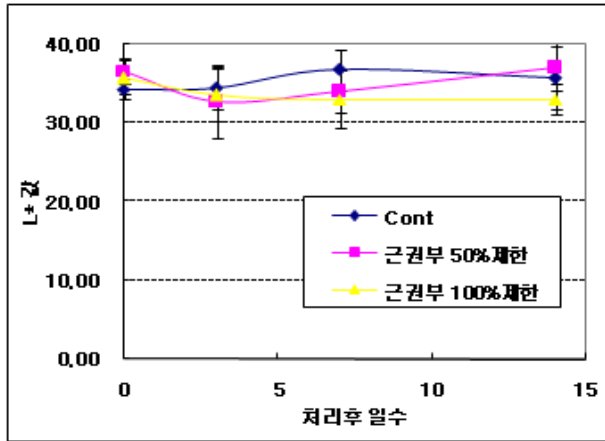


그림 6-6. ‘스페셜’ 품종과 ‘헬싱키’ 품종의 처리기간에 따른 경도 변화

#### 다. 생육 후기 근권부 절단에 따른 착색증진

생육 후기 수확이 종료된 후 남아있는 ‘스페셜’, ‘헬싱키’ 품종의 반숙과에 대하여 근권부 제한을 통한 착색증진 효과 구명 결과(그림 6-7) 두 품종 모두 명도를 나타내는 hunter L의 값은 뚜렷한 변화를 보이지 않았다. 적색품종인 ‘스페셜’ 품종의 착색 정도를 수치화 할 수 있는 a 값(청색에서 적색)은 근권부 100% 제한 처리구가 처리 3일 후부터 빠르게 착색의 변화가 있으나, 처리 7일 후부터 착색의 진행이 더더져 처리 14일 후인 무처리구가 착색이 90% 진행이 될 때도 착색의 변화가 거의 없었다. 이것은 처리 후부터 서서히 과실의 노화현상이 나타나 7일째부터 급격한 노화현상이 원인이라 생각된다(그림 6-8). 근권부 50%제한과 무처리구는 유의성 없는 차이로 착색이 변화하여 14일째 90%이상 착색되었다.

황색품종인 ‘헬싱키’ 품종의 착색 정도를 수치화 할 수 있는 b값(청색에서 황색)은 ‘스페셜’ 품종과 마찬가지로 처리 2일 후부터 빠르게 착색의 변화가 있었으나, 처리 4일 후 노화현상으로 인해 착색의 변화가 더더졌다(그림 6-7). 스페셜과 다르게 헬싱키는 근권부 50%제한이 무처리구 보다 착색의 변화가 1일정도 빠르게 나타나는 경향이 보여 근권부 50%제한은 처리 6일째, 무처리구는 처리 7일째 90%이상 착색되었다.



스페셜

헬싱키

그림 6-7. '스페셜' 품종과 '헬싱키' 품종의 과실 표피 색(Hunter a, b values) 변화.

처리구별 '스페셜' 품종의 과실특성 변화를 보면 처리 7일째 근권부 100%제한 처리구에서 차이를 보였다. 처리일로부터 과실둘레가 25.1%, 과육두께가 41.3% 작아지고, 경도도 59.2% 떨어졌으나, 근권부 50%제한은 무처리와 특별한 차이를 보이지 않았고, 당도는 모든 처리구에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(표 6-1). 근권부 100%제한은 처리 7일째 착색이 다른 처리구에 비하여 변화가 빠르나, 과실의 노화 또한 빠르게 진행된 것으로 보여 착색이 다 되기도



전에 과실의 기능을 상실하게 되어 상품으로의 가치가 없다고 판단된다. ‘헬싱키’ 품종도 ‘스페셜’ 품종과 똑같은 경향을 보였으며, 특별한 특이사항은 보이지 않았다.



그림 6-8. ‘스페셜’ 품종의 근권부 100%제한 처리 7일 후 과실 비교

수치상으로 ‘스페셜’ 품종의 상품성 가치가 존재한 상태에서 처리구 모두 착색증진 효과는 없었고, ‘헬싱키’ 품종에서 상품성 가치가 존재한 상태에서의 착색증진 효과는 근권부 50%제한이 1일 빠른 효과가 나타났으나, 이것은 환경과 시기에 매우 유동적 이어서 본 실험에서는 착색증진 효과가 없다고 판단된다.

표 6-1. ‘스페셜’ 품종의 처리기간에 따른 과실특성 비교

	과 장 (cm)	과 폭 (cm)	과실둘레 (cm)	과육두께 (mm)	과 중 (g)	경 도 (N)	당 도 (Brix)
처 리 일	68.93±6.12	68.05±6.64	25.81±1.01	7.28±0.33	174.26±6.13	2.53±0.27	7.78±0.57
무처리	69.51±4.88	67.9±4.12	25.42±1.31	7.30±0.61	173.31±4.19	2.50±0.44	7.71±0.34
처리 7일째							
근권부 50%	68.77±5.23	67.1±3.39	24.93±2.11	7.11±0.72	171.01±7.18	2.41±0.41	7.61±0.87
근권부 100%	62.95±2.37	58.3±6.52	19.32±0.88	4.27±0.34	156.32±5.10	1.03±0.55	7.48±0.31



## 제 7 절 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과

### 1. 서 언

온실 작물을 재배하는데 있어서 태양광의 이용 효율을 높이는 것은 생산성 향상을 위하여 매우 중요하다(Cockshull, 1992; De Koning, 1989; McAvoy, 1989; Verheij와 Verwer, 1971). 태양광의 이용 효율을 높이는 방법은 온실의 구조나 피복재를 보완 및 개선하여 광 투과율을 높이거나(Critten 등, 1993), 재식밀도 및 정지 등의 방법을 통하여 최대한 수광상태를 개선(Heuvelink 등, 1995; Marcelis 등, 2004)하는 등의 방법이 있다.

파프리카는 재배기간이 10~13개월로서 초장이 최소한 2m 이상으로 성장하므로 일반적으로 재식밀도를 6.6줄기/m<sup>2</sup>로 하여 재배하는데, 생육초기에는 상대적으로 소식상태가 되어 시설 내로 유입되는 충분한 광을 사용할 수 없다.

Nederhoff 등(1974)은 오이를 1.42와 2.14주·m<sup>-2</sup>의 두 가지 재식밀도로 재배한 경우 초기 LAI(leaf area index ; 엽면적지수)가 각각 2.6, 3.1 정도일 때에는 높은 LAI에서 PPF(photosynthetic photon flux density; 광합성유효광양자속밀도)의 흡수량이 높았으나 양쪽의 LAI가 3.3과 3.4로 비슷해졌을 때에는 두 처리 간에 차이가 없어 재식밀도보다는 LAI가 중요하다고 하였고, Papadopoulos와 Ormord(1998a)도 시설 내로 투과되는 PPF의 흡수량은 재식밀도보다는 LAI(leaf area index; 엽면적지수)와 밀접한 관련이 있다고 하였다.

적정 엽면적지수(leaf area index ; LAI)는 하우스 내부로 들어오는 광합성유효광양자속 밀도(photosynthetic photon flux density ; PPF)의 95%를 이용할 때를 의미하는데, 충분한 수광상태가 되도록 하기 위하여 생육 초기에 많은 엽수를 확보하는 것이 필요하다. 그러나 적정 엽면적지수 이상의 과도한 엽면적은 작물의 과도한 유지호흡을 유도하여 생육의 균형을 유지하는데 어려움을 주게 된다.

정지작업은 채광과 통풍의 개선으로 순동화량을 높여주고, 꽃의 소질과 착과율이 양호해지는 효과가 있다(An 등, 2000). 그러나 이러한 정지작업을 하지 않으면 하엽의 광 이용률이 저하되고 호흡률이 증가하여 생육이 부진해지고 과실은 상품성이 떨어지며 병의 발생이 많아질 뿐만 아니라 수확 시 노동력의 투하가 많아지는 등의 문제점이 있다(Khah와 Passam, 1992; Seo 등, 2006).

파프리카의 착과율과 적엽과의 관계에 대하여 source로 작용하는 잎을 제거하는 것은 착과에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다는 의견(Aloni 등, 1999; Marcelis 등, 2004), 착과와 sink로 작용하는 어린잎의 수는 착과를 결정짓는 중요한 요소라는 의견(Aloni 등, 1997), 그리고 어린잎의 유무는 착과율에 영향을 주지 않았다는 의견(Turner와 Wien, 1994) 등 여러 가지 보고가

있다.

그러나 고랭지 여름 파프리카 재배에서 정식 후 광 에너지가 지속적으로 증가하는 시기에 LAI를 최대한 빠른 시기에 높일 수 있는 방법과 적정 LAI의 유지방법에 관한 연구는 시도되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 생육초기 측지엽수 확보를 통하여 조기에 적정 엽면적지수에 도달시켜 광이용 효율 증대를 통한 착과증진 효과를 검토하고, 생육후기 과도한 엽면적을 방지하기 위하여 측지엽수를 제거하여 적정 엽면적지수를 유지하는 효과를 검토하기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

시험장소는 강원도 평창군 진부면 신기리(해발 550m)의 연동형 비닐하우스(5연동, 1,650m<sup>2</sup>)에서 2006년~2007년도에 수행되었다.

### 시험 1. 측지엽 유도에 따른 착과증진 효과 구명

품종은 'Special'과 'Fiesta'(이상 Enza Zaden Co., The Netherlands)를 이용하여 1월 31일 벨지움 처방양액(EC 1.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)으로 충분히 포수된 240공 암면 파종판(Grodan Co., Denmark)에 종자를 1립씩 넣어 파종 하였다. 버미큘라이트를 이용하여 복토하였고, 균일한 발아를 위하여 발아실(온도 25±1℃, 습도 90% 이상)에서 발아 및 출아시켰다.

출아된 묘를 온실로 이동하여 주간 25℃, 야간 23℃로 관리하였으며, 2~3일 간격으로 벨지움 처방양액(EC 1.5dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)을 저면관주하였다.

본엽 2매가 완전히 전개된 3월 15일 육묘용 암면큐브(10×10×7.5cm, Grodan Co., Denmark)에 180도 구부러(An 등, 2002) 이식한 후, 전열선을 이용하여 야간온도를 18℃ 이상 유지하면서 육묘하였다. 육묘 중 큐브의 무게가 340g 이하가 되면 양액(EC 2.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)을 관주하였고, 충분한 수광 상태를 유지하기 위하여 이식 10일 후에 m<sup>2</sup> 당 20주를 배치하였다.

정식은 4월 1일에 실시하였는데, 정식 2일 전에 암면배지(20×10×100cm, Grodan Co., Denmark)에 양액(EC 2.5dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5)을 충분히 포수시킨 후 재식거리는 120×20cm로 슬라브 당 5주씩 정식하여 줄기밀도는 m<sup>2</sup> 당 6.6줄기이었다. 시험구는 완전임의배치 3반복으로 하였다.

정식 후 양액공급은 양액공급기(Agro-2000, Kyungi Co., Korea)를 이용하였다. 정식 후 5일간은 활착을 위해 배양액이 완전히 포수된 상태에서 일출 2시간 후부터 1시간 간격으로 1회 주당 150mL의 배양액을 8회씩 공급하였다. 활착 이후 배지 내 조건을 EC 3.0~5.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5~7.0, 근권 함수율 60~65% 내외가 유지되도록 관리하였다.

유인방법은 V자형으로 두 줄기로 하였고, 정지작업은 분지마다 주지엽과 측지 1엽을 남기고

측지를 제거하였다. 2절 이하의 꽃은 제거하여 3절부터 착과시켰으며, 이후 적과작업은 하지 않았다.

생육기간 중 최저온도를 16℃ 이상으로 유지하기 위하여 온풍 난방기를 이용하여 가온하며 재배하였다.

처리내용은 정식 후 정지 및 유인 작업시에 첫 착과부위인 3절부터 측지엽을 전혀 남기지 않고 정지하는 ‘측지엽수 0매 처리’(NASBL0 : The number of attached secondary branch leaves 0), 측지엽 1매 남기고 정지 하는 ‘측지엽수 1매 처리’(NASBL1), 측지엽 2매 남기고 정지하는 ‘측지엽수 2매 처리’(NASBL2) 등 3처리로 하였다. 재배기간 중 측지에 착과된 과실은 모두 적과하여 주지착과를 유도하였다.

엽면적지수는 정식 후 30일 간격으로 재배 종료 시까지 조사하였다. 엽면적은 주 전체를 대상으로 하위엽부터 상위엽까지 엽장, 엽폭을 측정 후 Lee 등(2005)의 방법에 따라 계산하였고, 엽면적지수는 엽면적( $m^2$ ), 줄기밀도 6.6줄기· $m^{-2}$  및 엽수를 각각 곱하여 계산하였다. 광합성 특성은 광합성 측정기(LCA-4, ADC, UK)를 이용하여 맑은 오전에 0~25절까지 5절씩 나누어 5등분 한 후 절위별 광합성량을 조사하였다.

생육은 정식 후 30일 간격으로 초장, 분지수, 주경장, 경경, 개화절위, 엽록소 함량(SPAD-502, Minolta Co.) 등의 생육을 조사하였고, 절위별 착과율은 매 수확시기마다 수확된 절위를 조사하였다.

수확 및 수량조사는 6월 20일부터 11월 24일까지 수출규격에 적합한 숙기(85~90% 착색)에 맞추어 수확한 후, 상품과와 비상품과(기형과, 배꼽썩음과, 열과, 꼭지무름과 등)로 나눈 후 각각의 과중을 전수 조사하여 분석하였다. 상품과는 과중을 기준으로 수출규격인 SSS(90g 이하), SS(91~120g), S(121~150g), M(151~180g), L(180~210g), LL(211~240g), LLL(241g 이상)로 구분하여 시기 및 규격별 특성을 분석하였다.

기타 조사는 농촌진흥청 조사기준표(RDA, 1997)에 의거하여 실시하였으며, 통계처리는 SAS(ver. 9.1.3, SAS) 프로그램을 이용하여 다중검정을 실시하였다(RDA, 2003).

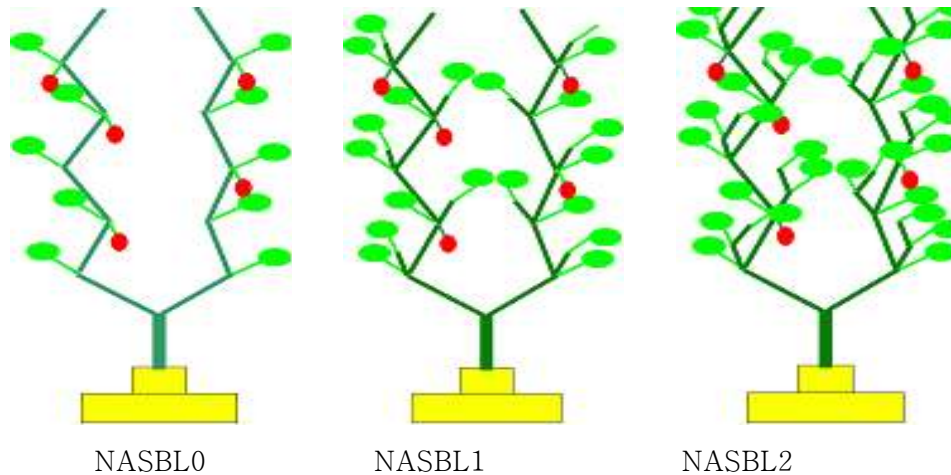


Fig. 7-1. Schematic diagram showing the position of fruits on the plant to investigate the effects of leaf pruning method. Red circles and green circles denote fruits and secondary branch leaf, respectively. NASBL; the number of attached secondary branch leaves.

## 시험 2. 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과 구명

품종은 'Special'과 'Fiesta'(이상 Enza Zaden Co., The Netherlands)를 이용하여 1월 31일 벨지움 처방양액( $EC\ 1.0dS \cdot m^{-1}$ ,  $pH\ 5.5$ )으로 충분히 포수된 240공 암면 파종판(Grodan Co., Denmark)에 종자를 1립씩 넣어 파종 하였다. 버미큘라이트를 이용하여 복토하였고, 균일한 발아를 위하여 발아실(온도  $25 \pm 1^{\circ}C$ , 습도 90% 이상)에서 발아 및 출아시켰다. 정식은 3월 28일에 실시하였고 이하의 재배법은 2006년도의 시험 1과 같다.

처리내용은 8월 상순 엽면적지수가 충분히 확보 된 다음 3회에 걸쳐서 하엽제거를 15절까지, 10절까지, 5절까지 제거하는 처리와 무처리로 하였다.

생육, 수량 등의 조사방법 및 내용은 시험 1과 같다.

## 3. 실험결과

### 시험 1. 측지엽 유도에 따른 착과증진 효과 구명

품종 및 처리에 따른 엽당 평균 엽면적을 정식 후 88일째인 6월 27일부터 151일째인 8월 29일까지 4회 조사한 결과, 시기에 따른 엽면적은 차이가 없었다. 즉, 식물체가 어느 정도 성장한 이후에는 엽면적은 일정하게 유지되는 것으로 생각되었다. 엽면적을 측정하는 방법에는 여러 가지가 있다(Hand 등, 1994; Garnier 등, 2001; Lee 등, 2005). 본 시험에서는 Lee 등(2005)

이 제시한 비파괴적인 방법을 사용하였는데 엽면적 측정기기(Li-Cor)를 이용하여 측정한 엽면적과 비교해 보면 95% 이상 유효하였다.

Table 7-1. Changes in leaf area from late June to late August depending on leaf pruning methods.

		(unit: cm <sup>2</sup> /leaf)			
Cultivar	Treat.	27 Jun.	10 Jul.	1 Aug.	29 Aug.
Special	NASBL <sup>z</sup> 0	245	246	238	266
	NASBL 1	163	179	158	160
	NASBL 2	164	134	134	160
Fiesta	NASBL 0	245	234	217	241
	NASBL 1	187	168	157	179
	NASBL 2	163	158	162	178

<sup>z</sup>NASBL : the number of attached secondary branch leaves

측지엽을 유도한 경우 주지엽의 크기가 작아지는 경향이었는데, 측지엽수 1매와 측지엽수 2매 처리 간 주지엽 크기는 차이가 없었다. 즉, 측지엽 유도에 의하여 엽당 평균 엽면적이 작아졌고, 측지엽수 1매 및 2매 처리 간에는 엽당 평균 엽면적은 차이가 없었다. 처리 간에 있어서 측지를 유도하지 않은 측지엽수 0매 처리의 엽면적을 100으로 하였을 때 측지엽수 1매 처리는 'Special' 66%, 'Fiesta'는 74% 였고, 측지엽수 2매 처리는 'Special' 60%, 'Fiesta'는 71%였다. 즉, 측지엽수를 많이 남길수록 잎의 크기는 작아졌다.

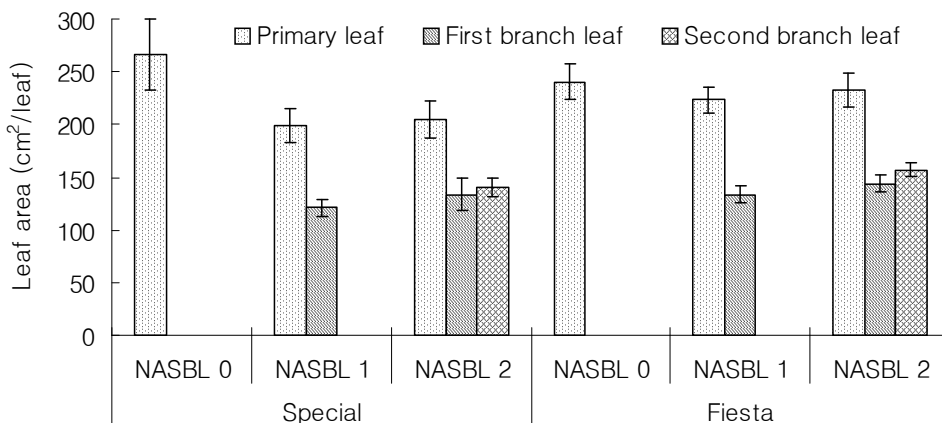


Fig. 7-2. Leaf area of primary and secondary leaves depending on leaf pruning methods. NASBL : the number of attached secondary branch leaves. Bars indicate standard errors of means.

측지엽수 처리에 따른 엽면적 지수의 경시적인 변화는 정식 29일째인 4월28일 'Special' 품종은 처리별로 각각 0.47, 0.63, 0.84였으며, 'Fiesta' 품종은 각각 0.50, 0.74, 1.06으로서, 품종 간에는 생육이 빠른 'Fiesta'가 엽면적 지수의 확보가 빨랐다. 측지엽수 처리에 따른 경시적인 엽면적 지수의 변화를 보면, 엽면적 지수 3.0에 도달하는 시기는 'Special'의 경우 측지엽수 1매 처리가 8월 중순(정식 후 137일), 측지엽수 2매 처리가 7월 중순(정식 후 107일)이었고, 'Fiesta'의 경우 측지엽수 1매 처리가 8월 상순(정식 후 130일), 측지엽수 2매 처리는 6월 하순으로 나타났다. 그리고 'Special' 품종의 측지엽수 0매 처리는 생육 후기인 9월 하순이 되어야만 엽면적 지수 3.0을 확보하였다. 그리고 생육후기인 11월에는 측지엽수 2매 처리시 엽면적 지수는 'Special' 5.83, 'Fiesta' 6.59이었다. Papadopoulos와 Pararajasingham(1997)는 엽면적 지수에 가장 큰 영향을 주는 요인은 단위시간 당 분지수라고 하였는데, 본 시험에서도 LAI의 분지전개속도는 LAI의 증가에 가장 큰 요인으로 나타났다.

작물이 정식된 상태에서 LAI에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 분지의 성장속도인데,  $m^{-2}$ 당 6.6주의 재식밀도로 정식하여 시험한 결과 측지엽수 2매 처리에서 LAI 3.0에 도달하는 시기는 'Special' 품종은 정식 후 107일(15주)이었고, 'Fiesta' 품종은 정식 후 90일(12주)이었다. Verheij와 Verwer(1971)는 시설 내에서 단고추를  $17.6\text{주}\cdot m^{-2}$ 의 재식밀도로 심었을 때는 정식 후 6주 이내,  $8.8\text{주}\cdot m^{-2}$ 에서는 8주가 소요되었다는 결과와 상이한 이유는 유인방법의 차이 때문으로 사료되었다.

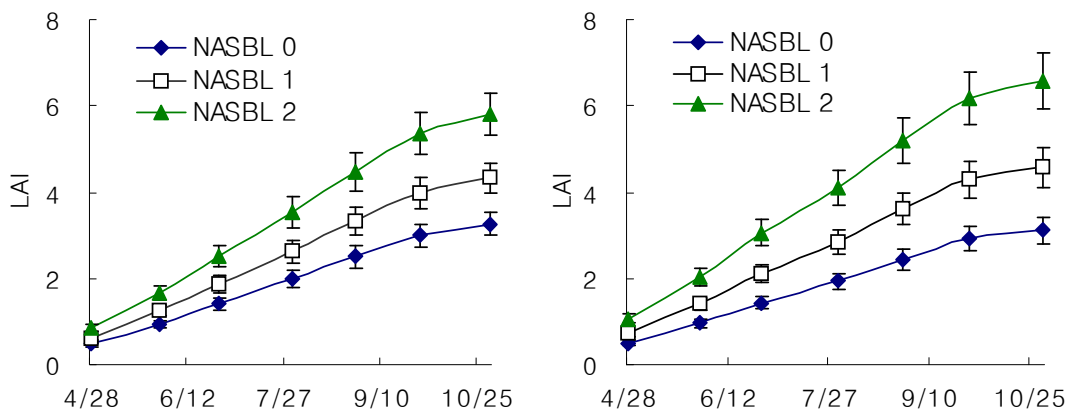


Fig. 7-3. Changes in leaf area index (LAI) over time for Special (left) and Fiesta (right). NASBL : the number of attached secondary branch leaves. Bars indicate standard errors of means.

엽절위별 광합성 특성은 하위절위인 0~10절은 거의 광합성을 하지 않았으며 상위엽으로 올라갈수록 광합성량은 직선적으로 증가하였다. 이러한 이유는 조사 시기가 이미 25절 이상 생

육이 진전된 상태로 초장은 2m 정도 생육했기 때문에 canopy가 형성되어 하위엽쪽에는 광의 투과량이 극히 적었기 때문이고, 상위엽으로 갈수록 수광량이 많았기 때문인 것으로 판단되었다.

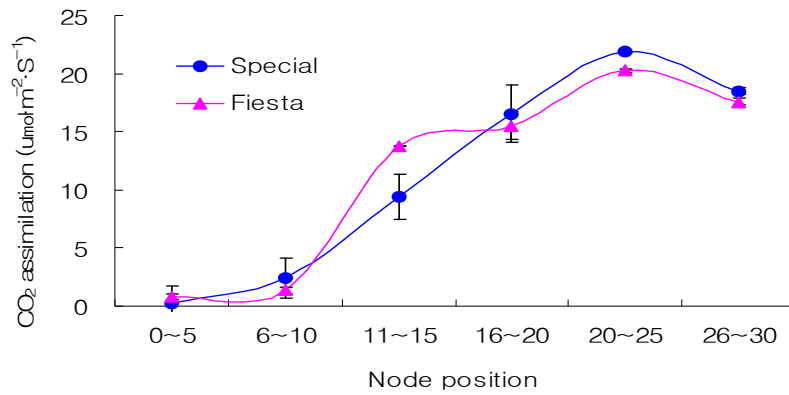


Fig. 7-4. Photosynthesis characteristics as a function of node position. Bars indicate standard errors of means.

측지엽수 처리에 따른 생육특성을 보면, 초장의 경우 측지엽수 0매 처리가 'Special'은 247 cm, 'Fiesta'는 264cm로 측지엽수 2매 처리구의 각각 239, 251cm에 비하여 긴 경향을 나타내었다. 분지수 전개 속도, 개화절위, 경경 및 주경장 등의 일반생육에 있어서는 측지엽수 처리 간에 차이가 없었다.

Table 7-2. Growth characteristics depending on leaf pruning method<sup>z</sup>.

Cultivar	Treatment	Plant height (cm)	No. of nodes	Stem diam. (mm)	Flowering node	Main stem
						length (cm)
Special	NASBL 0 <sup>y</sup>	224	25.4	17.2	24.4	28.2
	NASBL 1	222	24.8	16.5	23.8	23.0
	NASBL 2	217	25.0	17.5	24.0	21.2
Fiesta	NASBL 0	233	26.2	18.0	25.2	22.0
	NASBL 1	230	25.8	18.1	24.8	21.5
	NASBL 2	222	25.1	17.7	24.1	21.3
Cultivar(A)		*** <sup>x</sup>	**	**	*	**
Treatment(B)		***	*	ns	**	**
A×B		ns	ns	ns	ns	**

<sup>z</sup>Data were obtained on Aug. 29th, 2006 (151 days after transplanting).

<sup>y</sup>NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

<sup>x</sup>ns, \*, \*\*, \*\*\*Nonsignificant or significant at P=0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

분지별 착과율은, 정식 직후 개화한 3절의 경우 착과율이 상당히 높았으며 이후 낮아졌는데, 모든 처리구에서 그룹이 발생하였다. 측지엽수 1매와 2매 처리는 측지엽수 0매 처리에 비해 상대적으로 착과율이 높았으며, 1매와 2매 처리 간 차이는 여름 고온기에 특히 뚜렷해졌으며 18~20절 이후 착과율이 다시 상승한 이후 큰 차이가 없었다. 따라서 측지엽수 1매와 2매 두 처리 간에 효과가 나타났던 시기는 18~20절까지라고 여겨진다. 이는 정식 후 120~140일 경으로, 본 작형에서는 8월 1일 전후였다. 이러한 결과는 'Special'과 'Fiesta' 두 품종에서 유사하였다. 분지별 착과율을 기초로 한 분지엽수 처리간 적정 엽면적 지수에 도달하는 시기를 추정해 보면, 분지절위 18~20절 발생시기인 8월 상순에 해당한다. 이 때의 엽면적 지수의 변화를 보면, 'Special'과 'Fiesta' 품종 각각 엽면적 지수 3.5와 4.0에 도달하는 시기였다. 엽면적 증가가 개화 및 수정에 영향을 주어 착과율의 향상에 도달하려면 어느 정도의 기간이 소요되리라 여겨지므로 실제적으로 적정 엽면적 지수는 'Special' 품종의 경우 3.0, 'Fiesta' 품종의 경우 3.5라고 판단된다. 이러한 기준으로 볼 때, 본 시험 작형에 있어서 빠른 엽면적 확보를 위한 적절한 측지엽수의 유지가 중요하다고 여겨진다(Aloni 등, 1996).

분지별 착과율을 기초로 적정 LAI를 추정해 보면 'Special' 품종의 경우 3.0, 'Fiesta' 품종의 경우 3.5라고 판단되었다. 이러한 결과는 Papadopoulos와 Pararajasingham(1997)가 보고한 시설토마토 재배시 적정 엽면적 지수는 3.0~4.0인 것으로 보고되고 있는 것과 유사하였다.

측지엽수 처리에 따른 엽면적 지수는 품종 간에는 생육이 빠른 'Fiesta'가 엽면적 지수의 확보가 빨랐고, 처리에 따른 경시적인 변화는 엽면적 지수 3.0에 도달하는 시기는 'Special'의 경우 측지엽수 1매 처리가 8월 중순(정식 후 137일), 측지엽수 2매 처리가 7월 중순(정식 후 107일)이었고, 'Fiesta'의 경우 측지엽수 1매 처리가 8월 상순(정식 후 130일), 측지엽수 2매 처리는 6월 하순으로 나타났다.

분지별 착과율을 기초로 한 적정 엽면적지수는 품종 간에 차이가 있어 'Special' 품종은 3.0 'Fiesta'는 3.5 이었다. 유인작업시 측지 2매를 유도하여 적정 엽면적지수에 도달하는 시기는 분지절위 18~20절 발생시기로 'Special'과 'Fiesta' 품종에서 각각 8월 상순, 7월 하순으로 조사되었고, 그 시기에 착과율이 높았다.



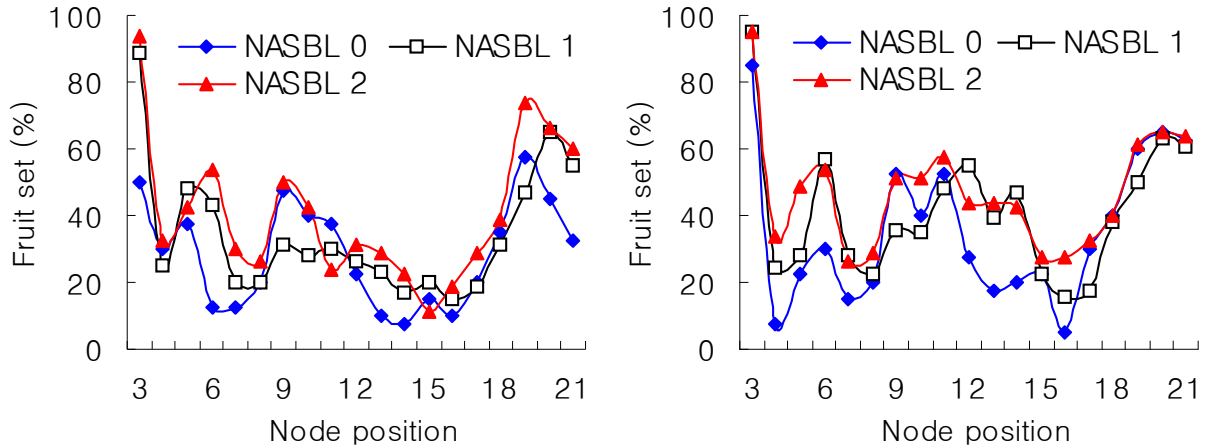


Fig. 7-5. Fruit set percentage for an internode depending on leaf pruning method (left : Special, right : Fiesta). NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

측지엽 유도에 따른 월별 수확과수를 보면, 'Special' 품종의 경우 측지엽수 0매 처리는 6월에 주당 0.6개를 수확하는데 그쳐 측지1매의 1.4, 측지 2매의 1.3개의 1/2 수준이었다. 측지엽수 1매와 2매 처리 간에는 7월까지의 각각 4.8개, 4.6개로 큰 차이는 없었으나, 8월부터 10월까지 각각 0.6, 0.5, 0.8개의 수확과수의 증대효과가 있었다. 따라서 전체적으로 측지유도 처리에 따라 주당 착과수가 처리구별로 13.2개, 16.3개, 18.0개로서, 측지엽수 2매 처리시 측지엽수 0매 처리에 비하여 수확과수가 4.8개 증가하였다. 또한 'Fiesta'의 경우 'Special'에 비해 숙기가 빨라 6월에 측지엽수 1매 처리에서 2.1개를 수확하였다. 'Special'과 같은 경향으로 7월 수확까지의 측지엽수 1매와 2매 처리의 수확과수가 각각 5.2, 5.6개로 큰 차이는 없었으나 8월부터 10월까지의 수확과수는 측지엽수 1매 처리에서 13.9개, 측지엽수 2매 처리에서 15.9개로 주당 평균 2개를 더 수확하였다. 전체적으로 측지엽수 0매 처리는 16.2개, 측지엽수 1매 처리는 19.1개, 측지2매 유도는 21.3개의 과실을 수확하여 측지엽수 0매 처리 대비 측지엽수 2매 처리가 5.1개의 수확과수가 증가하였다. Aloni 등(1996)은 sink로 작용하는 잎과 꽃 사이에는 경쟁관계가 있어 sink 잎은 꽃의 낙화를 촉진한다고 하였으나, Turener 와 Wien(1994)은 sink 잎의 제거와 꽃의 낙화는 관련이 없다고 보고하였다. 본 시험에서는 측지를 유도하지 않은 처리가 초기부터 낙과율이 높았다. 따라서 sink로 작용하는 잎은 착과에 영향을 주지 않는 것으로 여겨졌다.

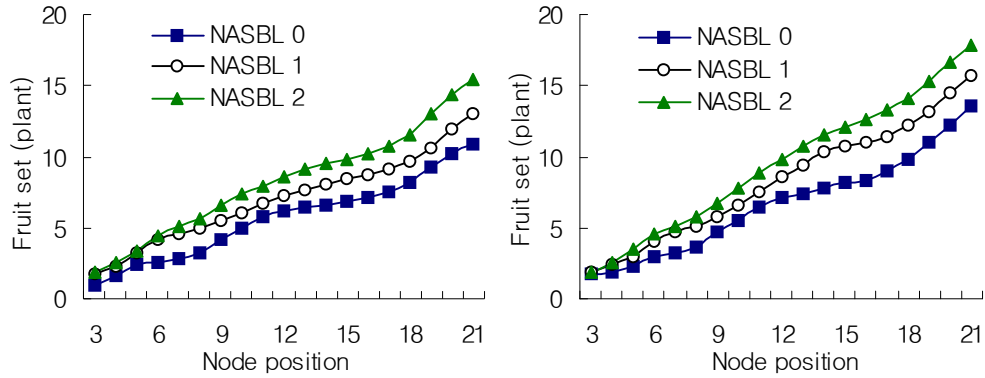


Fig. 7-6. Changes in the number of cumulative fruit sets depending on leaf pruning method (left : Special, right : Fiesta). NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

전체적인 평균 과중의 경시적인 변화는 'Special'의 경우 수확 초기에는 250~300g으로 대과였으나 이후 지속적으로 낮아져 8월 하순경 150g 전후에서 일정하게 유지되었다. 'Fiesta'의 경우에도 초기 250g 정도의 대과가 생산되고 8월 하순 이후에는 150g 이하로 낮아졌다. 처리구별 평균 과중을 보면, 'Special'의 경우 측지엽수 0매 처리는 수확초기인 6~7월 사이에는 250g 이상의 대과였으나, 측지엽수 1매 및 2매 처리에서는 다소 낮아 수출규격품 생산에 유리하였다. 그러나 9월 이후부터는 측지엽수 0매 처리에 비해 평균 과중이 낮아졌다. 측지엽수 0매 처리에서 초기 과중이 무거웠던 것은 착과수가 적었으며, sink로 작용하는 잎의 영향이 있었던 것으로 판단된다(Nielsen과 Veierskov, 1990). 'Fiesta'의 경우 'Special'과는 달리 처리구에 따른 평균 과중의 차이가 크게 없었다. 이러한 두 품종 간의 결과로 볼 때, 두 품종 간에 발생한 차이는 품종 고유의 특성이라고 여겨지며, 따라서 'Special'에 비해 'Fiesta'가 상대적으로 생육이 왕성하며 착과가 양호한 품종이라고 여겨졌다(Lee 등, 2005).

LAI는 시설 내로 투과되는 광의 효율적 사용이라는 측면에서 중요한데(Papadopoulos와 Pararajasingham, 1997), Loomis 등(1967)에 따르면 강광기에는 LAI가 높은 조건에서 광 이용의 효율성이 높아진다고 보고하였다. 따라서 여름작형의 경우는 정식 후 일사량이 높아지고 이후 강광기에 접어들게 되어 조기에 LAI를 확보하는 것이 필요하다.

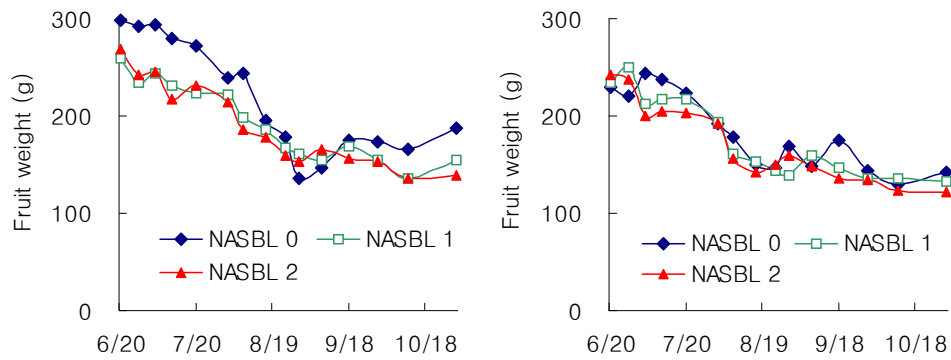


Fig. 7-7. Changes in fruit weight for each leaf pruning treatment (left : Special, right : Fiesta). NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

측지엽수 처리에 따른 월별 주당 수량을 보면, 'Special' 품종의 경우 측지엽수 0매 처리에서는 8~10월까지의 주당 수량이 측지엽수 2매 처리에 비하여 낮았으며, 특히 9월의 경우 0.18kg/주로 매우 낮았다. 그러나 측지엽수 2매 처리시 8월부터 10월까지 각각 0.70, 0.34, 0.92kg을 생산하여 측지엽수 0매 처리에 비하여 0.46kg의 수량증대 효과가 있었다.

'Fiesta' 품종의 경우도 'Special'과 같이 측지엽수 처리구에서 주당 수량이 높았는데, 측지엽수 0매 처리는 수확 초기부터 수량이 낮았으나 측지엽수 1매와 2매 처리는 7월부터 0매 처리에 비해 증가하였으나 두 처리 간에는 차이가 적었다. 특히 8월~10월의 경우 측지엽수 2매 처리구의 주당 수량이 측지엽수 1매 처리구에 비해 0.23kg/주 많은 2.15kg/주였다.

측지엽 2매 처리와 측지엽 0매 처리의 과중을 비교해 보면 초기 측지엽수 0매 처리가 과중이 높았다. 이러한 원인은 측지엽 2매 유도처리가 착과량이 많았기 때문이며(Heuvelink, 1997; Aloni 등, 1999), 또한 초기 측지엽 2매 처리는 sink로 작용하는 잎의 영향도 있었을 것으로 여겨졌다.

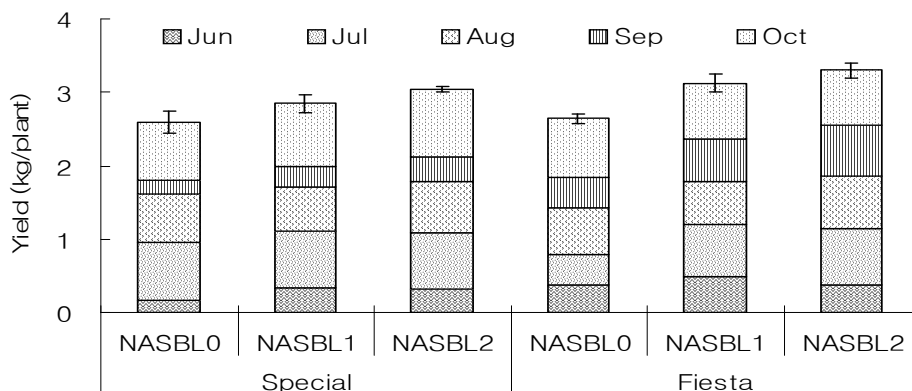


Fig. 7-8. Monthly yield for each leaf pruning treatment. NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

과중의 등급별 비율을 보면, 'Special' 품종은 측지를 유도하지 않은 측지엽수 0매 처리에서 210g이상의 대과종이 1.5kg/주로 측지엽수 1매 및 2매유도 처리에 비하여 높게 나타났으며, 측지엽수 2매 유도처리가 수출규격품의 비율이 가장 높았다. 'Fiesta' 품종은 규격품과의 비율이 'Special'에 비해 큰 차이를 보여 측지엽수 2매 유도처리가 2.0kg/주로 측지엽수 0매 및 측지엽수 1매의 1.6kg/주에 비해 높았다. 따라서 농가에서 재배 중에 측지엽수 2매를 남김으로써 조기에 엽수확보를 통한 적정 엽면적지수에 도달시키는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

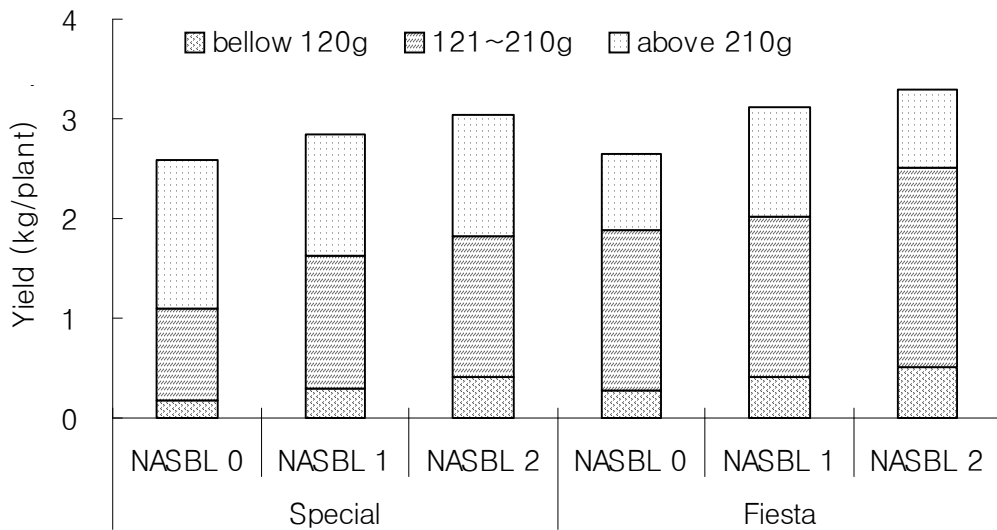


Fig. 7-9. Fruit weight distribution depending on leaf pruning treatment.

NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

특히 대일본 수출단가가 가장 높은 시기인 9~10월에 과중의 등급별 비율을 보면, 'Special'의 경우 측지엽수 1매 처리보다 2매 처리가 주당 총 수량뿐 아니라 규격품 비율도 증가하였고 'Fiesta'의 경우도 유사한 경향이었으며 M 사이즈(150~180g)의 비율이 특히 증가하였다. 후기에 소과의 비율이 높은 것은 과다착과 혹은 과다엽수에 의하여 과중에 낮아진 것으로 생각되었다.

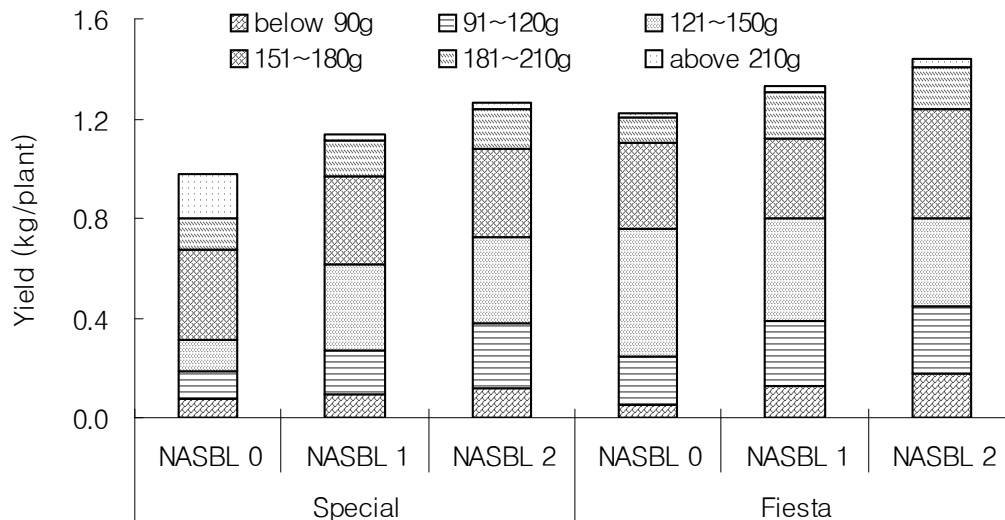


Fig. 7-10. Fruit weight distribution for fruits harvested from Aug. to Oct. depending on leaf pruning treatment. NASBL : the number of attached secondary branch leaves.

본 시험에서는 시설 내로 투입되는 광량이 아닌 착과율을 근거로 적정 엽면적 지수를 구명하였다는데 의미가 있으며 여름재배작형에서 생육 초기에 측지엽을 유도하여 적정 엽면적지수에 빨리 도달시키는 것은 생식생장과 영양생장의 균형을 맞추어 주는데 매우 중요한 요소라고 사료되었다.

파프리카 고랭지 여름작형의 큰 문제점은 장마기인 6월 중·하순부터 고온기인 8월 중순까지의 기간동안 착과가 불량하여 8월부터 10월까지의 3개월 동안 수확량이 급감한다는 것이다. 따라서 이를 해결하기 위한 방법으로 기존 농가 관행적인 방법인 측지엽수 1매 유지하는 것에 비해 측지엽수 2매를 남기는 것이 유리하다고 판단된다.

이상의 결과로 볼 때, 측지엽을 활용한 단위면적당 많은 엽수의 조기 확보를 통한 적정 엽면적 지수의 도달이라는 것은 착과수의 증대, 초기 소과생산에 의한 규격품의 비율이 증가하는 결과를 얻어 농가에서 활용할 수 있는 기술이라고 판단된다.

## 시험 2. 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과 구명

엽면적지수 조절에 의한 생육은 초장, 분지수는 처리구와 무처리구 간에 차이가 없었다. 그러나 생체중은 엽수가 많았던 무처리구가 무거운 경향을 나타냈으나 뚜렷하지는 않았다. 엽면적지수는 후기에 무처리구의 경우 스페셜 품종은 4.64, 피에스타 품종은 5.36까지 높아져 적엽처리에 의해 엽면적지수의 변화가 있었다.

Table 7-3. Characteristics of top growth of according to leaf removal.

Cultivar	Treatment	Height	No. of nodes	Fresh weight	LAI
		(cm)		(g/plant)	
Special	A	251	30.2	545	3.14
	B	242	30.2	522	3.48
	C	236	29.7	543	3.82
	D	239	30.0	555	4.64
Fiesta	A	264	31.0	615	3.63
	B	257	31.4	592	4.03
	C	261	30.7	645	4.42
	D	263	32.2	647	5.36

A: leaf removal under 15<sup>th</sup> nodes, B: leaf removal under 10<sup>th</sup> nodes, C: leaf removal under 5<sup>th</sup> nodes, D: control

품종 및 처리에 따른 착과율의 변화는 스페셜과 피에스타 두 품종에서 모두 무처리의 착과율이 높은 경향이였다. 따라서 생육중후기 적정 엽면적지수 유지를 위한 적엽처리는 착과율에 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다.

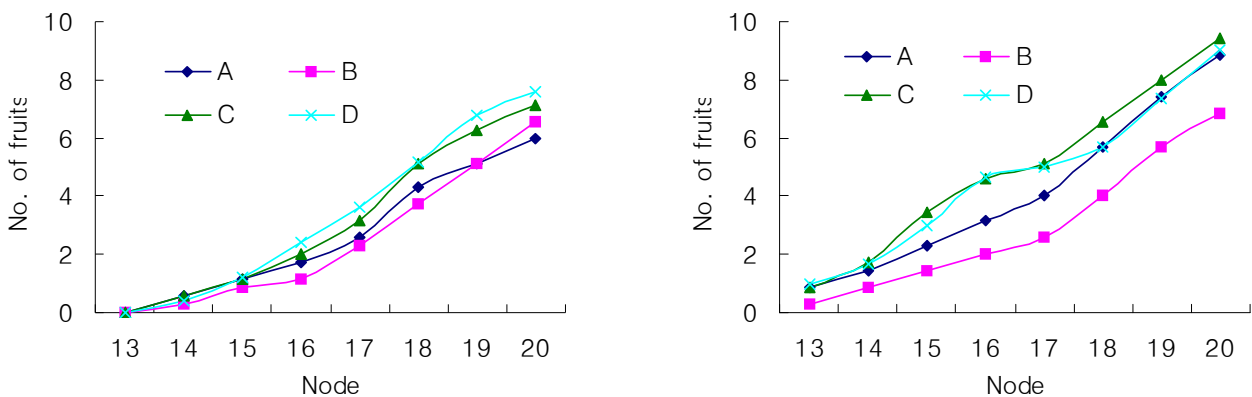


Fig. 7-11. Characteristics of the number of cummulative fruits according to the treatment of leaf removal(left; Special, right; Fiesta)

A~D; See table 11.

작물재배시 생육 중후기에 적정 엽면적지수를 초과하는 엽은 호흡으로 인한 순동화량 감소 및 통풍을 억제하여 병발생을 증가시키고, 하위엽의 채광을 불량하게 하는 부정적인 효과가 있다. 따라서 적엽에 의한 효과는 생육중후기인 13절부터 20절까지의 착과율에 처리 간 차이를 나타낼 것으로 보여진다. 그러나 시험결과 착과수에서는 스페셜 품종은 오히려 무처리에서 착과수가 가장 높았고, 피에스타도 무처리구의 착과수가 많았다. 따라서 착과율 증대를 위한 생

육중후기 엽면적지수의 조절은 효과가 미미한 것으로 판단되었다.

고랭지 여름재배에서 과중의 특성은 초기 250g 정도의 대과가 많이 생산되고 후기에는 150g 정도의 소과가 많아진다는 것이다. 본 시험에서도 스페셜과 피에스타 두 품종에서 초기에는 대과, 후기에는 소과가 생산되었다. 그러나 엽제거 처리 간에는 차이를 보이지 않아 엽제거로 인한 과중의 변화는 없는 것으로 나타났다.

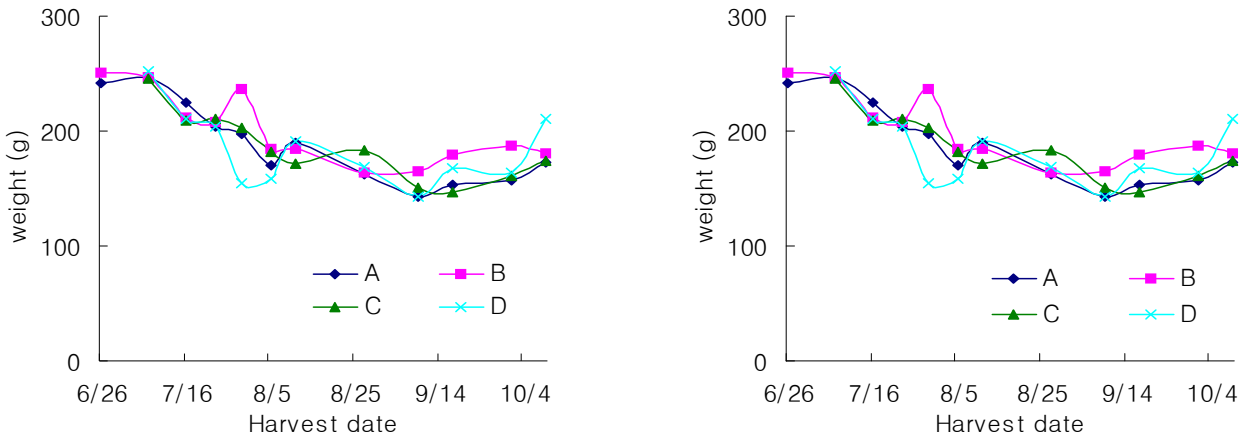


Fig. 7-12. Changes of fruit weight according to the treatment of leaf removal(left; Special, right; Fiesta)

A~D; See table 11.

엽제거 처리에 의한 월별 수량분포는 7월의 생산량이 스페셜 품종은 60%이상, 피에스타 품종은 50%이상을 차지하여 초기 수량이 높았다. 특히 8~9월의 수량이 적은 것은 착과수과 관련이 있어 이를 높이고자 적엽처리를 하였으나 처리 간 효과를 확인하지 못하였다.

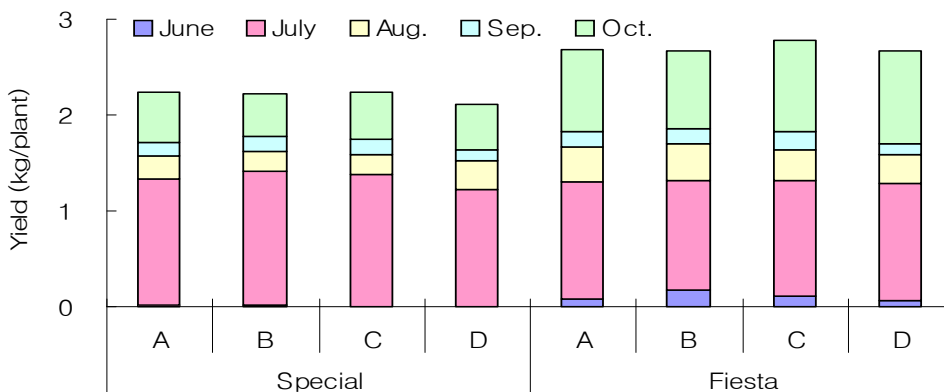


Fig. 7-13. Monthly yield according to the treatment of leaf removal(left; Special, right; Fiesta)

A~D; See table 11.

본 시험은 시설 내로 유입되는 광을 효과적으로 사용하기 위하여 측지엽수조절을 통한 엽면적지수의 조기 확보와 후기 적엽을 통한 적정 엽면적지수의 유지라는 측면에서 연구가 진행되었다. 1차년에 수행한 조기 엽면적지수 확보의 효과는 착과율 향상에 효과가 있어 농가의 소득증대에 크게 기여할 것으로 판단된다. 그러나 후기 적엽을 통한 적정 엽면적지수의 유지효과는 미미하였다. 이러한 이유는 시험이 수행되었던 2008년의 일사량 등의 기상조건이 파프리카 생육에 적합하였기 때문에 처리에 의한 효과가 나타나지 않았던 것으로 판단되었다.

LAI는 시설 내로 투과되는 광의 효율적 사용이라는 측면에서 중요하다(Papadopoulos와 Pararajasingham, 1997). 측지엽 2매 처리와 측지엽 0매 처리의 평균과중을 비교해 보면 초기 측지엽수 0매 처리가 평균과중이 높았다. 이러한 원인은 측지엽 2매 유도처리가 착과량이 많았기 때문이며(Heuvelink, 1997; Aloni 등, 1999), 또한 초기 측지엽 2매 처리는 sink로 작용하는 잎의 영향도 있었을 것으로 여겨졌다. Aloni 등(1996)은 개화하는 꽃과 인접한 어린잎은 sink로 작용하여 두 기관간의 경합으로 인해 약광조건에서 낙화를 유도한다고 하였는데 본 연구에서는 강광조건이었기 때문에 인접한 잎에 의한 낙화현상은 발견되지 않았다. 따라서 강광조건에서 재배한 경우 초기 측지엽 2매를 유도하는 것은 낙화 및 낙과를 유발시키지 않고 빠른 적정 LAI에 도달할 수 있는 방법이라고 사료되었다.

분지별 착과율을 기초로 적정 LAI를 추정해 보면 'Special' 품종의 경우 3.0, 'Fiesta' 품종의 경우 3.5라고 판단되었다. 이러한 결과는 Papadopoulos와 Pararajasingham(1997)가 보고한 시설토마토 재배시 적정 엽면적 지수는 3.0~4.0인 것으로 보고되고 있는 것과 유사하였다.

그러나 적엽에 의한 적정 엽면적지수의 유지를 통한 후기 착과증진 및 수량 증대효과는 예상과는 달리 상이한 반응이 나타나 후기 하엽제거는 착과증진에는 효과가 없는 것으로 생각되었다. 그러나 하위엽을 적정 수준에서의 제거를 통한 적정 엽면적 지수를 유지하는 것은 순동화량을 높여 착과를 유도하고 과실의 비대를 촉진시킬 수 있으리라 여겨졌다. 또한 9월 이후 온도가 하강하는 시기부터 많이 발생하는 잿빛곰팡이병 등의 병 발생 억제를 위해서도 시설 내 작물 기부로의 통풍 개선효과가 많을 것으로 판단된다.

본 시험에서는 시설 내로 투입되는 광량이 아닌 착과율을 근거로 적정 엽면적 지수를 구명하였다는데 의미가 있으며 여름재배작형에서 생육 초기에 측지엽을 유도하여 적정 엽면적지수에 빨리 도달시키는 것은 생식생장과 영양생장의 균형을 맞추어 주는데 매우 중요한 요소라고 사료되었다.



## 제 8 절 착과절위 및 착과수 조절에 따른 착과특성

### 1. 서 언

과채류의 착과 및 낙과에 관한 연구로는 파프리카, 토마토, 오이, 호박 등의 작물을 대상으로 많은 연구가 진행되어 있다. 낙화 및 낙과의 원인으로서는 약광(Gary 등, 2003), 근권수분(Jaafar 등, 1994), 고온(Sato 등, 2004), 저온(Neji 등, 2003), 습도(Bakker, 1989), 시설 내 이산화탄소의 양(Chalabi 등, 2002), 과실 내 종자수(Shipp 등, 1994), 그리고 이미 착과되어 있는 과실 간의 경쟁(Heuvelink와 Korner, 2001) 등으로 알려져 있다.

같은 source 조건에서도 낙화 및 낙과의 비율이 다르게 나타나는 것은 이전에 착과된 과실의 성장율(sink)과 밀접한 관련이 있다(Marcelis 등, 2004). Heuvelink(1997)는 토마토 과실을 적과를 통하여 화방 당 2개 혹은 7개를 두고 시험한 결과, 총 과실의 건물량은 7개 착과시킨 처리구가 2개 착과시킨 처리구에 비해 대비 건물량이 2배 증가되었으며 1과중은 가벼워져 적과는 영양기관과 생식기관간에 동화산물의 분배에 큰 영향을 끼친다고 보고하였다.

Heuvelink와 Korner(2001)는 파프리카 과실의 종자 발달은 과실의 비대를 촉진함으로써 sink의 부하를 유기하여 낙화와 불규칙한 착과 및 낮은 수량의 주요한 원인이 되었으며, 제웅처리에 의한 단위결과성 과실의 발달은 과실 성장률의 감소로 인하여 30% 정도 작은 과실이 생산되었고 과실의 수확소요일수도 1주일 정도 지연되었지만 낙화와 불규칙한 착과를 억제하는 효과가 있었다고 보고하였다. 또한 Marcelis 등(1997)은 첫 번째 과실의 종자수 과다에 의하여 두 번째 과실의 생육이 억제되는 것은 제한된 동화산물의 경쟁과 과실 발육에 의한 내생호르몬의 생산에 의해 조절되는 것으로 판단된다고 보고하였다.

단고추의 과실을 제거하면 꽃눈의 전분과 환원당의 함량을 증가시킨다(Aloni 등, 1999). Aloni 등(1997)은 꽃 자방의 sucrose 함량이 높으면 낙화를 억제시키고 sucrose synthase의 활성을 높여주어 꽃이 지속적으로 발달할 수 있도록 해준다고 보고하였다. 또한 Gent(1986)는 강광 조건에서는 약광 조건에 비해 상대성장률은 43%, 비구조성 탄수화물의 농도는 41%가 높아 광도에 따른 생육반응이 탄수화물의 농도와 관련이 있다고 하였다.

또한 Gary 등(2003)은 토마토를 이용하여 처리 전 높고 낮은 광과 이산화탄소 조건에서 재배 후 source가 제한된 암 상태의 조건을 부여하면서 식물체의 생육, 호흡 그리고 탄수화물의 저장을 관찰한 결과, 낮은 광과 이산화탄소에 노출시킨 처리구의 영양기관에서의 탄수화물 농도는 양호한 조건에서 성장한 것에 비하여 30~50% 정도 낮았다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 파프리카 고랭지 여름재배에 있어서 안정생산을 위한 착과증진 기술을 개발하고자 여름재배에 적합한 적정 착과수를 구명하고자 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

시험장소는 강원도 철원군 서면에 소재한 수출 파프리카 재배농가의 연동형 비닐하우스였다. 시험품종은 적색의 'Special'과 황색의 'Fiesta' (이상 Enza Zaden Co., The Netherlands)였으며, 2006년 4월 3일 배양액으로 충분히 포습시킨 암면 과종판에 종자를 1립씩 넣어 과종하여 발아한 후 육묘용 큐브(10×10×7.5cm)에 이식하여 육묘하였다. 정식은 5월 24일 암면배지(100×15×7.5cm)에 실시하였고, 7월 31일부터 11월 17일까지 매주 수확하였다. 시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 하였고 주 반복으로 10반복으로 하였다.

처리내용은 착과 개시절위를 1, 2, 3절로 하고 초기 착과수를 줄기 당 1, 2, 3개/줄기로 조합하여 처리하였고 처리한 상위 2절은 적과한 후 그 상위절위부터는 방임시켰다.

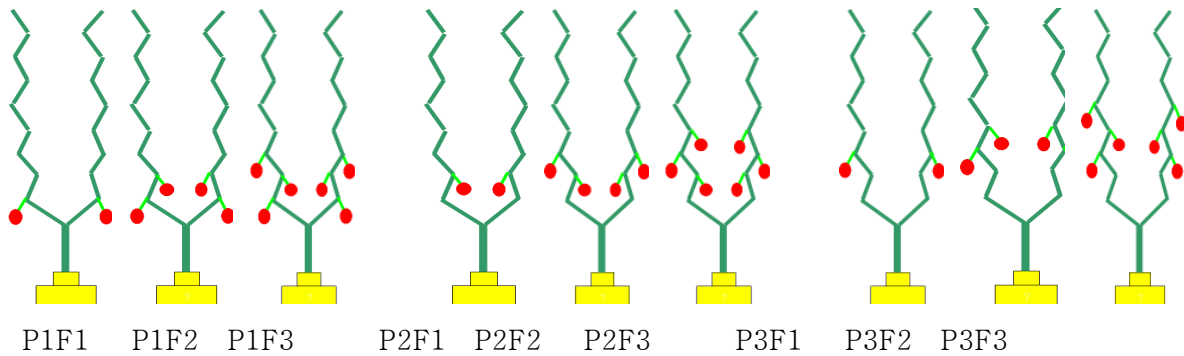


Fig. 8-1. Schematic drawing of fruit removal position to investigate the effects of fruit removal on fruit set on upper part. P; Position of first fruit set, F; number of fruits. For instance, P2F2 means that two fruits were remained from the second node.

## 3. 실험결과

착과 개시 절위 및 착과수에 따른 초장을 보면, 'Special'의 경우 정식 후 84일째인 8월 16일에는 처리간의 차이가 뚜렷하여 낮은 절위에서 착과가 유도될수록, 착과수가 많을수록 초장이 작아졌다. 따라서 1절에서부터 착과를 유도하고 3개를 착과시킨 처리구의 경우 초장이 153cm로 3절에서 1개만 착과시킨 처리구의 183cm와 비교하여 30cm 차이를 보여, 착과절위와 착과수가 생육에 큰 영향을 주었음을 알 수 있었다.

'Fiesta'의 경우 'Special'과 달리 정식 후 84일째인 8월 16일에도 처리에 따른 초장의 차이가 뚜렷하지 않았다. 착과부하가 많은 1절 3개착과 처리구의 경우 163cm이었고, 착과부하가 적은 3절 1개착과 처리구도 165cm로 착과개시 절위 및 착과수에 따른 차이가 없이 전체적으로 161~176cm 범위였다.

이와 같은 착과부하에 따른 초장의 반응은 우선 'Special'과 'Fiesta' 품종의 고유특성에 기인한다고 생각되며, 'Special'의 경우 초기 착과부하에 따른 생육반응은 이후 착과율을 스스로 저하시킴으로써 착과부하를 저하시키려는 작물 스스로의 착과반응을 통하여 극복한 결과라고 여겨진다.

꽃과 과실은 전형적인 sink 기관이다(Aloni 등, 1997). Gary 등(2003)이 토마토를 이용하여 암조건에서 토마토를 재배한 결과 source와 sink의 활성화는 영양기관이 가지고 있는 탄수화물을 자신의 생장을 정지시키면서도 과실의 생장을 유지한다고 보고하였다. 또한 Heuvelink 와 Buiskool(1995)은 착과수와 생육과의 관계에서 인위적으로 극단적인 조건을 가하지 않는다면 건물생산량에 영향을 주지 않는다고 보고하였다. 본 시험에서는 인위적으로 극단적인 처리를 했기 때문에 처리 간 생육의 차이가 크게 나타난 것으로 사료되었다.

분지수는 'Special' 품종의 경우 1절부터 2~3개의 과실을 착과시킨 처리에서 분지수가 적었고 나머지 처리에서는 차이가 없었다. 'Fiesta' 품종의 경우에는 생육 전반부와 후반부에 큰 차이가 없었다.

분지수는 생육속도와 관련이 있어 'Special'과 같이 상대적으로 생육속도가 느리고 세력이 강하지 않은 품종에서는 생육초기에 착과부하가 많을 경우 충분한 엽수확보가 되지 않은 상태에서 과다착과로 인한 생장의 지연을 유발하였다고 여겨지고, 세력이 강하고 착과가 양호한 'Fiesta' 품종의 경우 초기 착과부하에 상대적으로 덜 민감하다는 것을 시사하였다.

Table 8-1. Plant height and the number of nodes of sweet pepper depending on position and the number of fruit sets.

Cultivar	Internode position of first fruit set	No. of fruit sets	Plant height (cm)		No. of nodes	
			Aug. 16	Nov. 17	Aug. 16	Nov. 17
Special	1 <sup>st</sup>	1	167	223	16.0	23.8
		2	160	228	14.6	23.6
		3	153	230	15.0	23.4
	2 <sup>nd</sup>	1	175	230	17.1	23.5
		2	169	233	16.3	23.8
		3	167	233	16.9	23.7
	3 <sup>rd</sup>	1	183	237	16.3	23.9
		2	172	243	16.5	25.4
		3	154	238	16.3	24.3
Fiesta	1 <sup>st</sup>	1	166	217	18.0	25.7
		2	169	222	17.9	25.8
		3	163	228	17.8	25.6
	2 <sup>nd</sup>	1	170	237	18.6	26.0
		2	176	243	18.4	24.8
		3	163	238	17.3	25.3
	3 <sup>rd</sup>	1	165	236	17.9	25.4
		2	173	240	18.3	25.6
		3	161	244	17.1	26.3
Cultivar (A)			ns <sup>z</sup>	ns	***	***
Internode position of first fruit set (B)			***	***	***	**
No. of fruit sets (C)			***	**	**	ns
A×B			**	**	***	*
A×C			***	ns	ns	*
B×C			*	ns	ns	*
A×B×C			**	ns	ns	ns

ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at P=0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

착과절위 및 착과수에 따른 누적 착과수를 보면, 'Special' 품종의 경우 1절에서부터 착과를 유도했을 때 1개를 착과 처리는 분지가 전개함에 따라 일정하게 착과가 유도되는 경향이었으나, 2개 및 3개를 착과 처리했을 경우 4~10절까지 거의 착과가 이루어지지 않았다. 그러나 3절에서부터 착과를 유도한 경우에는 1개를 착과 처리했을 때 6절부터 일정하게 착과가 이루어졌고, 2~3개를 착과 처리했을 때는 상위 4절이 착과가 이루어지지 않고 이후 착과가 되었다. 반면에 'Fiesta' 품종의 경우 'Special'과 다르게 처리에 상관없이 안정적으로 착과가 이루어지는 경향으로 품종의 특성상 착과가 잘 이루어지는 품종이라고 여겨진다.

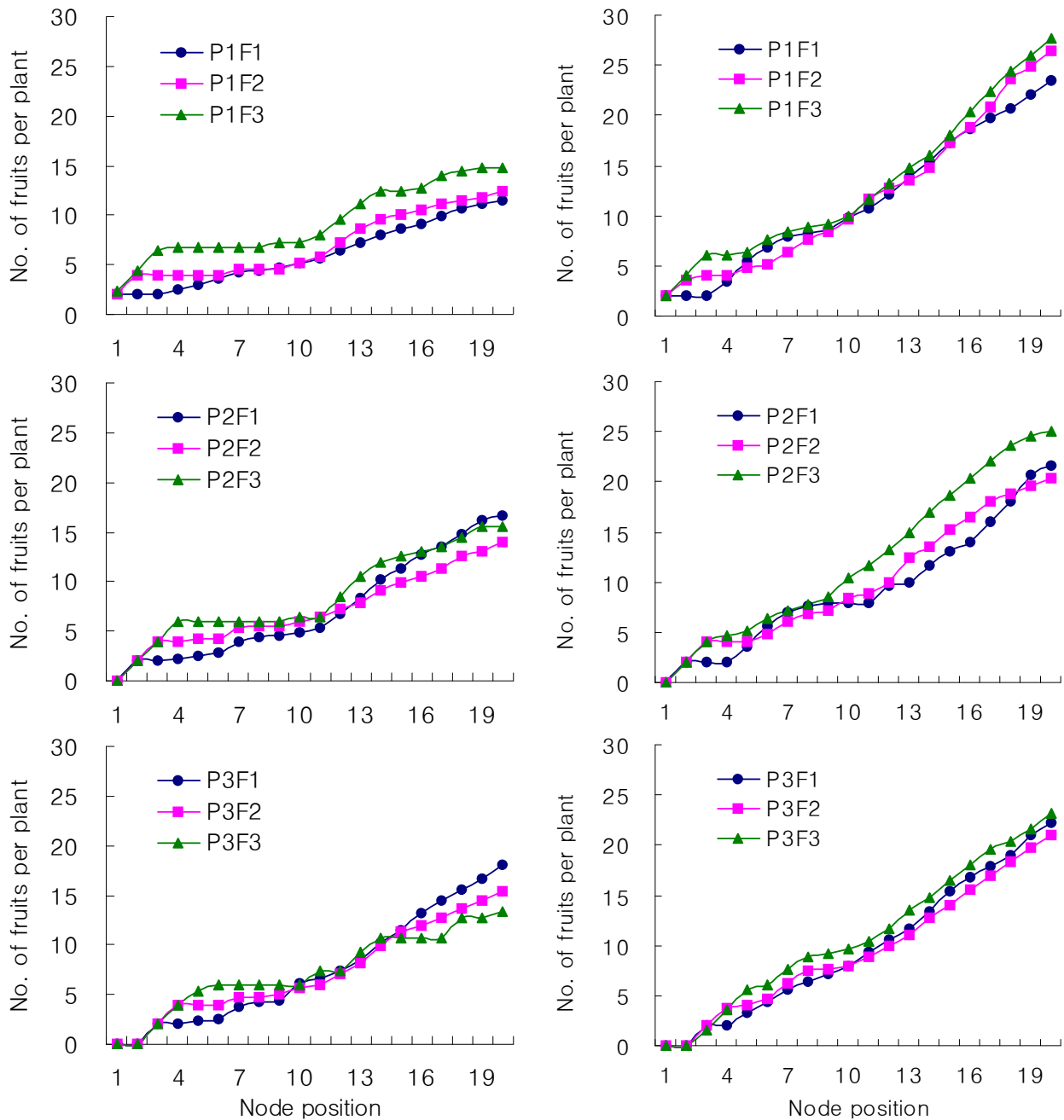


Fig. 8-2. Changes in the number of cumulative fruits depending on the fruit load method.

처리에 따른 수량특성을 분석한 결과, 3절에 착과를 유도하고 2개의 과실을 착과시킨 처리구가 수량 및 과중에서 수출규격에 적당하다고 판단되었다. Marcelis 등(1999)은 배꼽썩음과의 발생은 초기과실의 성장율이 높을 때 다발생한다고 보고하였다. 본 시험에서 'Special' 품종에서 3절에 1과를 착과시킨 처리구에서 배꼽썩음과가 많았던 것은 1개의 과실이 착과되어 과실의 비대속도가 빨라졌던 것으로 생각되었다.

Table 8-2. Yield characteristics of 'Special' and 'Fiesta' depending on the fruit load method.

Cultivar	Internode		No. of fruit	Yield (kg/plant)	BER (%)	Fruit wt.		
	position of first fruit set	No. of fruit sets				Early	Mid.	Late
Special	1 <sup>st</sup>	1	8.4	1.25	4.6	208	134	142
		2	13.0	2.15	5.3	202	148	167
		3	14.4	2.29	2.6	191	151	169
	2 <sup>nd</sup>	1	14.3	2.06	13.5	220	124	135
		2	14.4	2.30	6.2	194	143	152
		3	14.7	2.20	8.8	198	149	148
	3 <sup>rd</sup>	1	13.4	1.79	12.2	163	110	136
		2	14.1	2.16	2.3	177	143	156
		3	14.3	2.09	4.8	189	144	166
Fiesta	1 <sup>st</sup>	1	23.6	3.12	6.1	191	126	121
		2	26.6	3.66	3.3	191	130	135
		3	22.6	3.19	5.2	172	136	142
	2 <sup>nd</sup>	1	21.6	3.08	4.2	212	135	138
		2	23.3	3.40	1.3	203	130	140
		3	23.9	3.47	3.2	185	126	133
	3 <sup>rd</sup>	1	21.8	3.06	2.7	187	124	139
		2	23.9	3.40	3.0	186	137	133
		3	21.2	2.96	5.5	174	126	140
Cultivar (A)			*** <sup>z</sup>	***	**			
Internode position of first fruit set (B)			***	***	*			
No. of fruits sets (C)			***	***	**			
A×B			***	**	*			
A×C			**	**	*			
B×C			**	*	*			
A×B×C			*	**	*			

zns, \*, \*\*, \*\*\*Nonsignificant or significant at P=0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

착과절위 및 착과수에 따른 월별 수량을 보면, 'Special'의 경우 착과절위가 높고 착과수가 적을수록 9~10월의 수량이 높았다. 'Fiesta'의 경우 2절에 3개 및 3절에 2개를 착과시킨 처리구가 9~10월의 수량이 높았다. 파프리카는 착과 후 수확소요기간이 7~8주가 소요되므로 고온기인 7~8월에 착과된 과실이 9~10월에 수확이 가능한데, 고온기에 착과가 불량해짐에 따라 수확량이 낮고 따라서 수출단가가 가장 높은 시기가 9~10월이다. 이 시기에 수확량이 많은 것이 가장 유리하므로 이 시기에 수확량을 높일 수 있는 작형과 그 작형에 맞는 착과관리가 필요하다고 생각되었다.

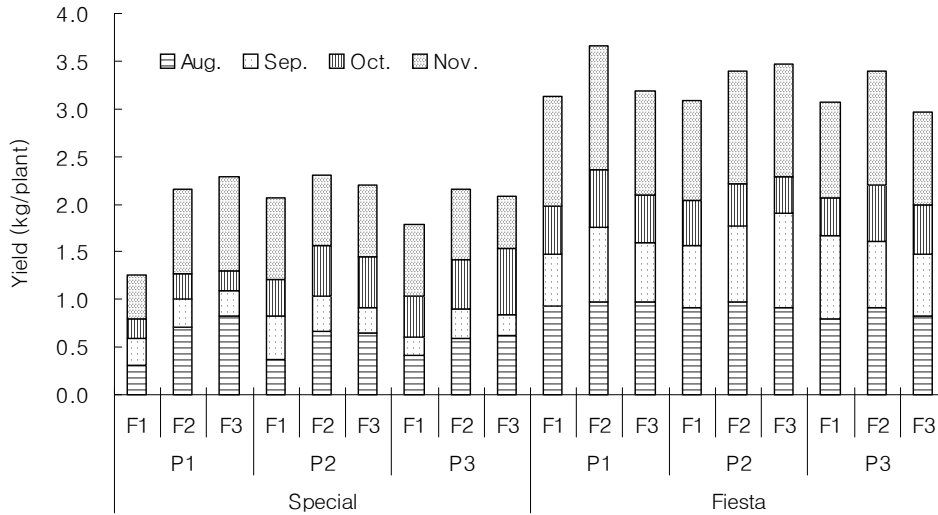


Fig. 8-3. Monthly yield of 'Special' and 'Fiesta' depending on the fruit load method.

착과절위 및 착과수에 따른 등급별 수량을 보면, 'Special' 품종의 경우 S, M, 및 L 사이즈인 규격품 과중 120~210g 범위의 비율이 가장 높았던 처리구는 2절위부터 2개 착과시킨 처리구였다. 'Fiesta'의 경우 규격품 비율이 가장 높았던 처리는 2절위부터 3개 착과시킨 처리구였고 총 수량이 가장 높았던 처리는 1절에 2개 착과시킨 처리구였다. 그러나 두 품종 모두 대부분의 처리구에서 총 수량과 규격품 비율의 뚜렷한 경향은 도출하지 못하였다.

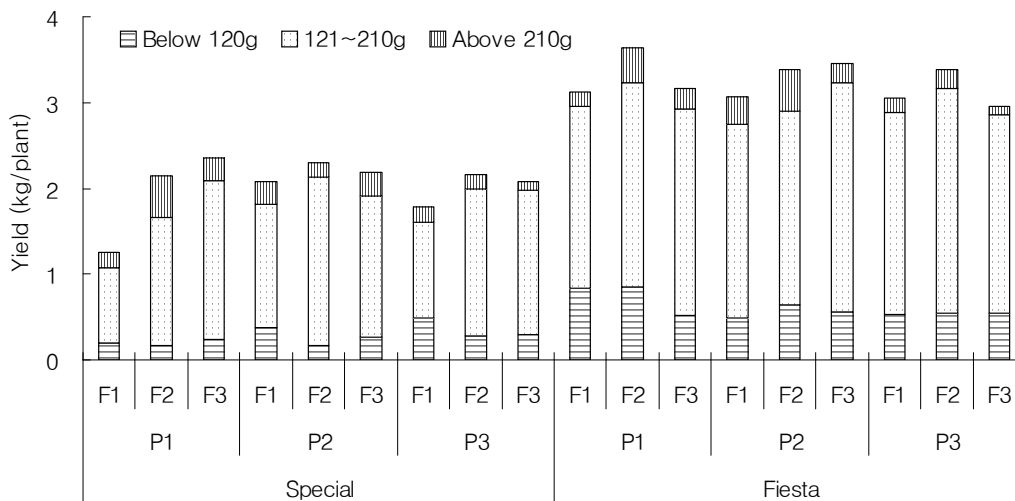


Fig. 8-4. Fruit weight distribution of 'Special' and 'Fiesta' depending on the fruit load method.

여름 파프리카는 장마기와 고온기에 착과저하를 극복하기 위해서는 불량 환경에 도달하기 전의 작물 상태가 영양생장 상태인지 생식생장 상태인지의 판단 여부가 매우 중요하다. 착과 부하가 적고 초세가 강한 상태에서 장마기와 고온기에 접했을 경우에는 생식생장으로의 전환으로 유도하여 착과를 적절히 유도할 수 있으나, 장마기와 고온기 직전의 작물 상태가 착과부하가 크며 초세가 약했을 때에는 이후 착과에 어려움이 발생된다고 판단된다.

착색단고추에서 낙화 및 낙과는 sink 기관인 이미 착과되어 있는 과실의 위치와 수에 영향을 받는데, 같은 source 조건에서 기 착과된 과실의 성장률과 낙과율간에는 정의 상관관계가 성립한다(Marcelis 등, 2004).

초기 착과량이 많았던 처리구의 생육특성은 생장의 억제가 뚜렷하였으나, 생육후기에는 처리구 간 초장, 분지수에 있어서 큰 차이가 없었다. 이러한 원인은 과다 착과된 처리구의 경우 이후 낙화 및 낙과를 통하여 생육을 영양생장쪽으로 유도했기 때문이었고, 반면에 착과절위가 높고 착과수가 적은 처리구는 이후 연속적인 착과로 인하여 생육이 억제되었기 때문인 것으로 생각되었다(Khah와 Passam, 1992).

착과수 및 착과절위는 상위절위의 착과에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 착과절위가 낮고 착과수가 많으면 과실의 부하로 인하여 이후 8절 정도는 착과가 이루어지지 않았으며, 착과절위가 높고 착과수가 적을 때에는 불량환경인 장마기와 고온기에도 착과율이 높았다. 이러한 결과는 꽃의 낙화는 이미 착과되어 발달하고 있는 과실과의 경쟁관계(Ali와 Kelly, 1992)와 과실의 성장속도(Heuvelink, 1997) 때문이라는 원인으로 해석되었다.

과중은 착과수 및 착과절위에 따라 변화가 컸는데, 이는 동화산물이 정상적으로 비대하고 있는 과실로 전류되어야 하는데, 과실의 제거로 인해 꽃으로 전류됨으로써 이후 착과된 과실의 무게를 증가시킨다는 Aloni 등(1999)의 결과와 일치하였다.

착과수가 과다 하거나 적을 경우에 배꼽썩음과의 발생율이 많았다. 이러한 배꼽썩음과의 발생은 Bar-Tel과 Keinan(1999)의 주장과 같이 착과수에 따른 칼슘의 분배와 관련이 있는 것으로 사료된다.

본 시험에서 적정 수준의 착과부하를 유도하기 위하여 착과 초기에 적과를 하여 이후의 균일한 착과를 유지함으로써 안정적인 과실생산을 통한 소득제고 효과가 있었으며 이는 여름재배시 반드시 필요한 재배기술이라고 사료되었다.



## 제 9 절 고온기 차광에 의한 착과증진 효과

### 1. 서 언

우리나라의 여름 고온기에 일사량이  $1,000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 까지 상승하기 때문에 시설 내 온도가 생육 적온보다 지나치게 높아져 식물체에 과도한 증산이 일어나고 근권온도가 지나치게 높아져 뿌리의 활력이 저하됨으로써 착과율이 낮아지게 된다.

파프리카는 광포화점이  $30,000(350.7\text{W}\cdot\text{m}^{-2}, 126.2\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hr}^{-1})\sim 40,000$  lux로 다른 과채류보다는 낮은 편으로 극단적인 일조 부족을 제외하고는 조도의 영향이 상대적으로 적은 생리적인 특성을 가지고 있다(Lee 등, 2005). 그러나 우리나라의 여름 고온기인 5~8월경에는 일사량이  $350.7\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  이상으로 상승되어 광포화점을 넘어서고 있으며, 광포화점 이상의 광량은 열원으로 작용하여 오히려 파프리카의 생육에 부정적인 영향을 끼친다. 주간과 야간의 온도는 파프리카 및 토마토와 같은 과채류의 생육과 수량에 큰 영향을 미친다(Heuvelink, E., 1989, 1996). 또한 Blackman 등(1961)은 대부분의 C3 식물 각각의 잎들은 한여름의 광량 중 약 1/4만을 이용하여 최대 동화량을 나타낸다고 보고하였다.

파프리카 꽃의 낙화는 광량과 밀접한 관련이 있어 차광조건에서 비율이 높으며 꽃의 당 축적량이 낮아진다는 보고(Aloni 등, 1996)와 차광은 수정 후 초기에 낙화 및 낙과에 민감하게 반응한다는 보고(Aloni 등, 1999) 등이 있다.

겨울철 등의 일조부족시에 부족한 광을 보충하기 위하여 Papadopoulos와 Pararajasingham(1997)은 보광을 통한 광의 보충은 가능하지만 인공광의 상업적 가능성은 적합하지 않다고 보고하였으나, Kim 등(2003)은 우리나라 서남부 지방의 겨울철(11~2월) 일조가 부족한 시기에 보광효과에 대하여 검토한 결과, 일출 후 3시간 보광 처리시 자연일장에 비해 수량이 53% 증가하였으나 무처리 조건에서는 수확이 지연되고 착과율이 저하되었다고 보고하였다.

따라서 고온기 우선적으로 고온 피해를 방지하기 위한 방법으로서 차광, 특히 외부차광은 엽온을 정상 생육조건에 온도 수준으로 유지시켜줌으로써 착과율을 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 방법 중의 하나라고 사료되어 고랭지 여름재배에 있어서 시설환경을 개선시킬 수 있는 외부차광 시설이 시급히 필요하다고 판단되었다.

### 2. 재료 및 방법

시험은 강원도 철원군 서면의 수출 파프리카 재배농가에서 단동형 비닐하우스( $4.5\times 50\times 7.0\text{m}$ ,  $W\times L\times H$ )에서 수행하였다. 시험품종은 'Special'(Enza Zaden Co., The Netherlands)과

'Fiesta'(Enza Zaden Co., The Netherlands)를 이용하였고, 2007년 3월 15일 암면 파종판을 이용하여 육묘한 후 암면큐브에 이식하여 배양액을 관주하면서 육묘하였다. 정식은 5월 17일에  $\text{m}^2$ 당 6.6줄기의 밀도로 재식하였다. 재배방법은 암면배지를 이용하여 수정재배 하였고, 정식 후 양액공급은 정식 후 5일간은 활착을 위해 배양액이 완전히 포수된 상태에서 일출 2시간 후부터 1시간 간격으로 1회 주당 150mL의 배양액을 8회씩 공급하였다. 활착 이후 배지 내 조건을  $\text{EC } 3.0\sim 5.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ,  $\text{pH } 5.5\sim 7.0$ , 근권 함수율 60~65% 내외가 유지되도록 관리하였다. 유인 방법은 V자형으로 두 줄기로 하였고, 정지작업은 분지마다 주지엽과 측지 1엽을 남기고 측지를 제거하였다. 2절 이하의 꽃은 제거하여 3절부터 착과시켰으며, 이후 적과작업은 하지 않았다. 배양액 공급은 일사량 제어로 실시하였다. 수확은 7월 30일부터 11월 1일까지 매주 실시하였다.

처리내용은 단동형 비닐하우스의 외부에 차광망(30%, 바둑판형)을 설치하여 6~8월의 고온기에 일사량이  $350\text{W}/\text{m}^2$ 를 초과하는 조건에서 차광을 하는 차광 처리와 무처리를 두고 착과, 생육 및 수량 특성을 조사하였다.

차광 전후 시설 내로 유입되는 일사량은 맑은 날 오전에 광합성 측정기(LCA-4, ADC, UK)를 이용하여 측정하였다. 식물체의 온도는 적외선 온도 측정기(TA-0510F, Minolta Co., Japan)를 이용하여 맑은 날 차광 전과 후를 비교하면서 30분 간격으로 조사하였다.

생육기간 중 최저온도를  $16^\circ\text{C}$  이상으로 유지하기 위하여 온풍 난방기를 이용하여 가온하며 재배하였다.

재배기간 동안 Data logger(CR10X, Campbell Scientific Inc.)를 이용하여 시설 내 온도와 습도를 측정 및 기록하였다.

생육은 정식 후 220일에 초장, 분지수, 주경장, 경경, 개화절위, 엽록소 함량(SPAD-502, Minolta Co.) 등을 조사하였다.

수확 및 수량조사는 수출규격에 적합한 숙기(85~90% 착색)에 맞추어 수확한 후, 상품과와 비상품과(기형과, 배꼽썩음과, 열과, 꼭지무름과 등)로 나눈 후 각각의 과중을 전수 조사하여 분석하였다.

기타 조사는 농촌진흥청 조사기준표(RDA, 1997)에 의거하여 실시하였으며, 통계처리는 SAS(ver. 9.1.3, SAS) 프로그램을 이용하여 다중검정을 실시하였다(RDA, 2003).

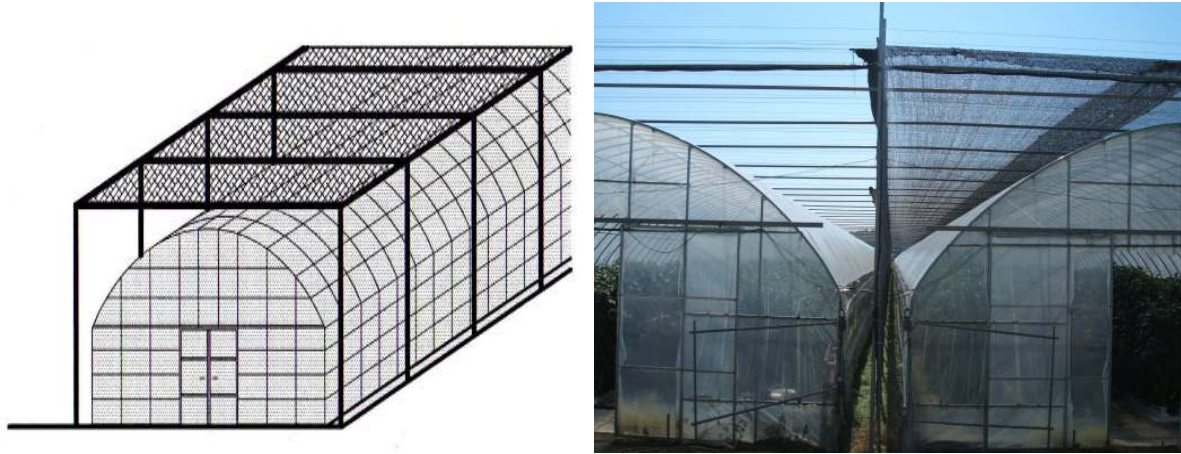


Fig. 9-1. Schematic diagram (left) and the photograph (right) to show sun shading treatment in summer to test if the sun shading can improve fruit set.

### 3. 실험결과

차광에 따른 시설 내로 유입되는 광량의 차이는 차광 전  $1,250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 에서 차광 후  $620\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 낮아졌다.

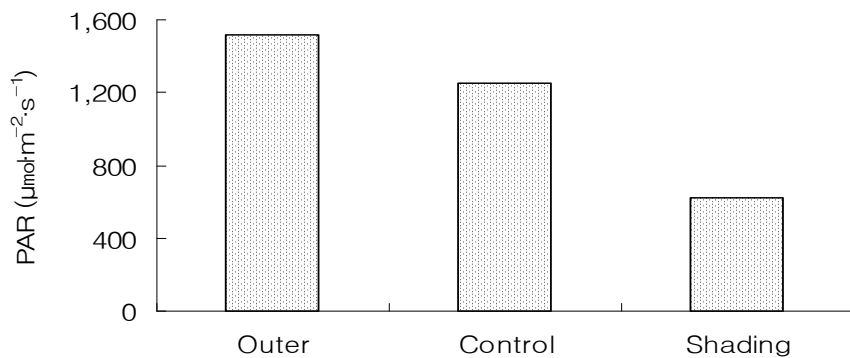


Fig. 9-2. Changes in PAR of sweet pepper plants grown in a glasshouse under natural condition.

차광에 의한 식물체는 하강효과는 차광을 하기 전 무차광과 차광처리에서 각각  $25.7$ ,  $25.8^{\circ}\text{C}$  였으나 차광처리 후에는 식물체의 온도가 급격히 하강하여 처리 90분 후에는 무처리 대비  $5.8^{\circ}\text{C}$  하강한  $20.8^{\circ}\text{C}$ 이었다. 차광에 의하여 시설 내부 온도가 하강하는것 보다 식물체의 온도가 빠르게 하강하였다. 토마토의 경우 생육은  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 가장 좋았으며 그 보다 높거나 낮은 온도에서는 포물선으로 낮아졌다고 하였다(Gent 등, 1986). 본 시험에서 식물체의 온도가 하강한다는 것은 증산 및 광합성 작용을 활발히 유지하여 작물의 활력이 높아진 결과라고 생각된다.

여름철에 정상적인 착과가 이루어지지 않는 것은 고온의 환경조건이 가장 큰 원인 중의 하

나이다. 주간的高温은 식물체의 과도한 증산을 유발하여 엽온도를 상승시킴으로써 광합성 작용을 억제하며, 야간의 고온은 호흡량을 증가시켜 동화산물의 소모량을 많이 함으로써 결과적으로 착과율이 저하된다.(Gary 등, 2003; Grange, 1987).

시설 외부차광(30%)에 의하여 식물체 잎의 온도가 약 5.3°C 낮아졌는데, 이는 차광을 통하여 과도한 증산작용이 억제되어 정상적인 엽온도를 유지함으로써 무차광 처리와 비교하여 광합성을 증가시켰기 때문인 것으로 사료되었다(Bruggink, 1987).

차광에 의한 식물체는 하강효과는 차광을 하기 전 무차광과 차광처리에서 각각 25.7, 25.8°C 였으나 차광처리 후에는 식물체의 온도가 급격히 하강하여 처리 90분 후에는 무처리 대비 5.8°C 하강한 20.8°C이었다.

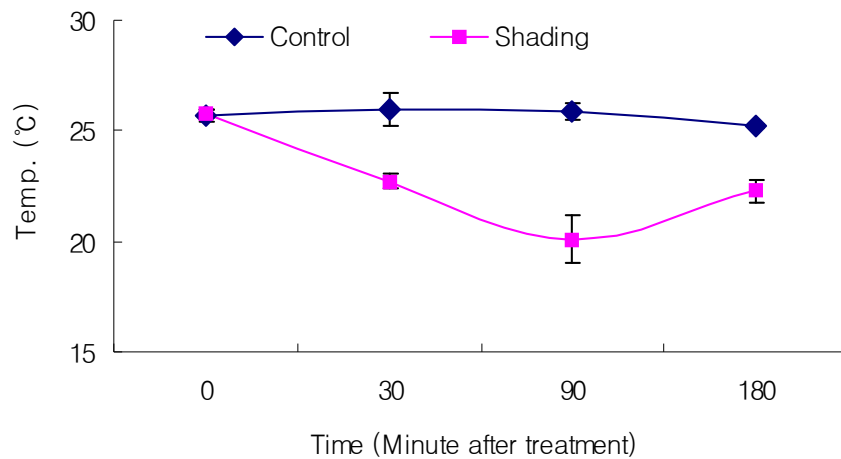


Fig. 9-3. Changes in leaf temperature affected by sun shading. Bars indicate standard errors of means.

엽면적 특성을 보면, 'Fiesta' 품종이 'Special' 품종에 비하여 엽면적은 넓었는데 이것은 품종의 특성이라고 여겨진다. 처리간에 있어서는 차광처리가 무처리에 비하여 각 품종 모두 높은 경향이였다. 이는 차광에 의해 일사량이 감소함에 따라 무처리에 비해 상대적으로 엽의 크기가 커진 것으로 판단된다. Potter과 Jones(1977)은 온도에 따라 엽면적이 달라져 적정온도에서는 엽면적이 넓어졌다고 보고하였다. 본 시험에서 차광처리구의 엽면적이 넓었던 것은 차광에 의하여 시설 내 온도가 적정수준을 유지한 결과로 사료되었다. 엽면적은 차광 처리구에서 넓어지는 경향이었는데, 이는 Potter와 Jones(1977)의 주장과 같이 생육 적정온도에서 엽면적이 넓어진 것으로 판단되었다.

엽면적 특성은 'Fiesta' 품종이 'Special' 품종에 비하여 엽면적은 넓었는데 이것은 품종의 특성이라고 여겨졌으며, 처리 간에 있어서는 차광처리가 무처리에 비하여 각 품종 모두 높은 경향이였다.

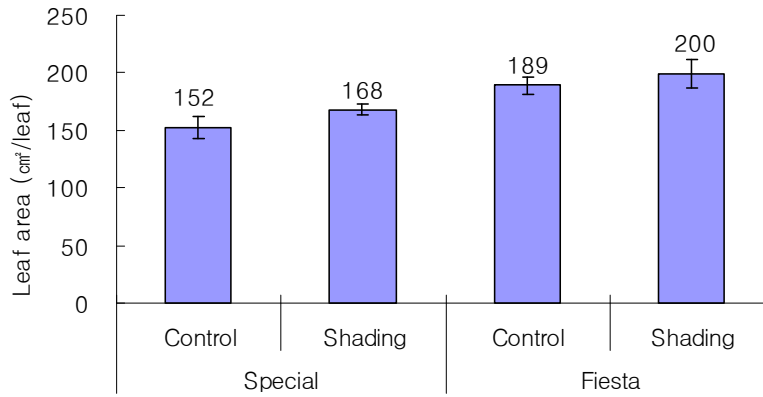


Fig. 9-4. Effect of sun-shading on leaf area. Bars indicate standard errors of means.

정식 후 118일째인 7월 13일 조사한 처리에 따른 품종별 생육을 보면, 초장, 경경, 분지수, 개화절위에 있어서 처리 간 큰 차이가 없었다. 그러나 착과수는 'Fiesta'가 평균 5.95개/주, 'Special'이 2.8개/주로 'Fiesta' 품종이 처리에 관계없이 착과수가 많았다.

Table 9-1. Effect of sun-shading on growth characteristics<sup>z</sup>.

Cultivar	Treatment	Plant height (cm)	Stem diam (mm)	No. of nodes	Node position of flower	Main stem length (cm)	No. of fruit sets
Special	Control	93.0	17.0	9.6	8.6	30.4	2.9
	Shading	97.0	17.9	10.1	9.1	32.2	2.7
Fiesta	Control	101.5	17.0	10.8	9.8	27.8	5.6
	Shading	102.0	17.2	9.8	8.8	27.0	6.3
Cultivar(A)		** <sup>y</sup>	ns	**	**	***	***
Treat.(B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns
A×B		ns	ns	***	***	*	ns

<sup>z</sup>Data were obtained on Jul. 13th, 2007 (118 days after transplanting)

ns, \*, \*\*, \*\*\*Nonsignificant or significant at P=0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

절위별 누적 착과수는 차광처리구가 무처리구에 비해 증가하였다. 'Special' 품종은 무처리구가 7.0개/주가 착과된 반면 차광처리구는 9.9개로 착과수가 2.9개 증가하였다. 또한 'Fiesta' 품종도 차광처리구에서 무처리구의 10.7개/주보다 2.0/주개 늘어난 12.7/주개로 조사되었다. 이러한 착과수의 차이는 착과기가 고온기인 9~11월부터 차이가 나타나 차광에 의해 착과가 촉진되는 효과가 있었음을 시사하였다. 대부분의 식물은 적정 생육온도 범위로 알려진 15~25°C

를 상회하는 고온의 경우 광호흡이 급격히 증가하여 광합성능이 저하되며 이러한 조건에서 낙화와 낙과의 비율이 상승하는 것으로 알려져 있는데, 본 시험에서는 차광에 의하여 광합성능이 저하되지 않아 정상적인 착과가 이루어진 것으로 여겨졌다.

이러한 차광처리 효과로 인하여 착과수는 무처리구 대비 주당 2.0~2.9개가 증가하였는데, 'Special'과 'Fiesta' 두 품종에서 특히 8~10절 사이의 착과율이 높았으며 이 시기는 7월 하순~8월 상순으로 결과적으로 고온기에 외부차광처리가 파프리카의 생육 및 착과를 증진시킨 원인이었다고 판단되었다.

절위별 누적 착과수는 차광처리구가 무처리구에 비해 증가하였다. 'Special' 품종은 무처리가 7.0개/주가 착과된 반면 차광처리구는 9.9개로 2.9개 착과수가 증가하였다. 또한 'Fiesta' 품종도 차광처리구에서 무처리구의 10.7개/주보다 2.0/주개 늘어난 12.7/주개였다.

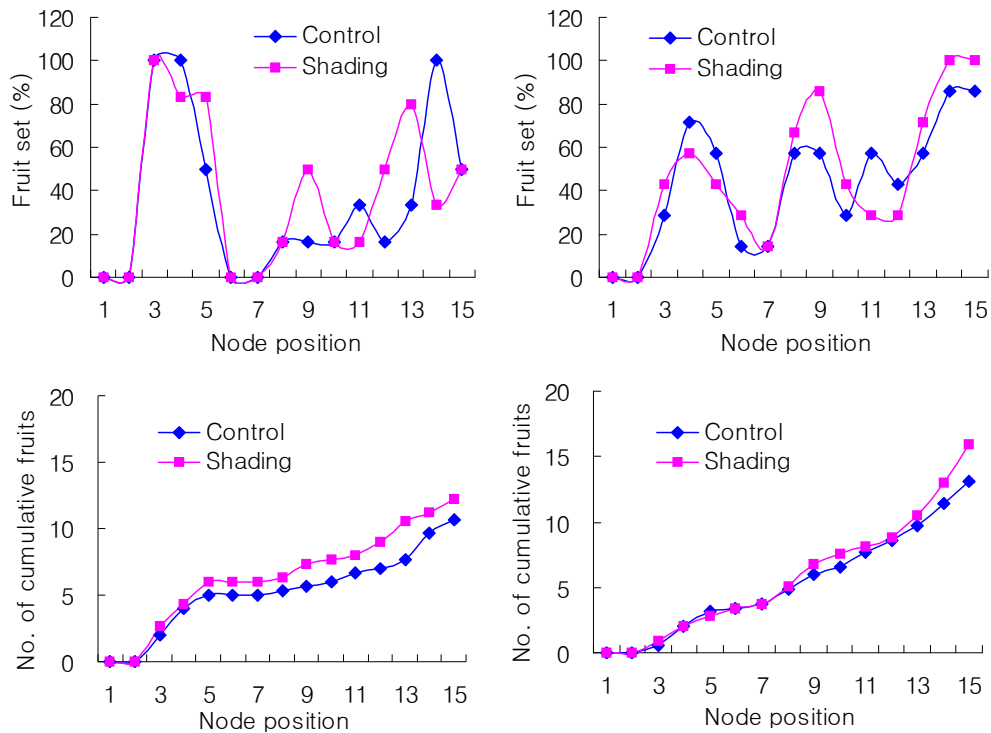


Fig. 9-5. Effect of sun-shading on fruit set (top) and cumulative fruit number (bottom) (left : 'Special', right : 'Fiesta').

과중의 경시적 변화는 'Special' 품종은 7월 하순부터 8월 상순까지의 초기와 9월 상순에는 다른 수확시기보다 과중이 무거운 경향이었으나, 'Fiesta'는 초기부터 후기까지 지속적으로 감소하였다. 처리에 따른 수확시기별 과중의 차이는 없었다.

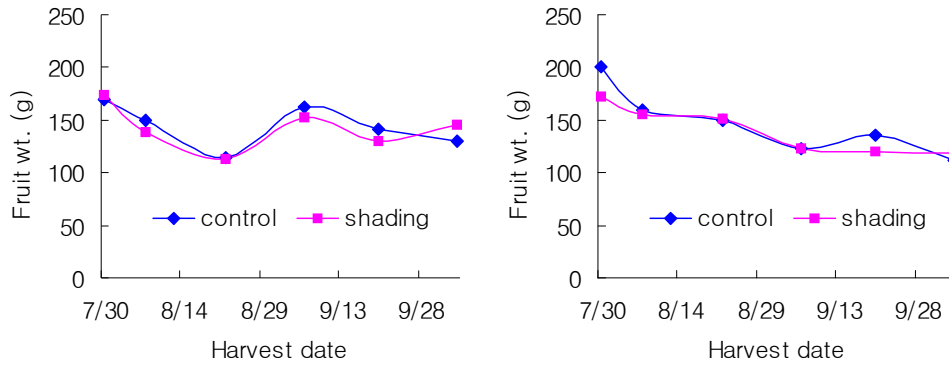


Fig. 9-6. Effect of sun-shading on changes in fruit weight of 'Special' (left) and 'Fiesta' (right).

수량특성은 차광처리가 무처리에 비하여 'Special'은 0.4kg/주, 'Fiesta'는 0.1kg/주 증가하였다. 특히 'Special'은 생육 후기인 10월의 수량은 무처리에 비하여 0.2kg/주가 증가하였는데 이는 앞서 언급한 착과수의 증가에 의한 것으로 판단된다. 'Fiesta' 품종도 생육 후기인 9월과 10월의 수량이 증가하였다. 품종 간에 있어서는 'Special' 품종이 차광에 의한 착과증진 효과가 컸다. 'Special'은 차광에 의하여 수량도 증가하지만, 특히 규격품과(120~210g)의 수량이 주당 0.22kg이 향상되었다. 'Fiesta' 품종은 차광처리에 의하여 규격품의 비율은 큰 차이가 없었다.

수량특성은 차광처리가 무처리에 비하여 'Special'은 0.4kg/주, 'Fiesta'는 0.1kg/주 증가하였다. 품종 간에 있어서는 'Special' 품종이 차광에 의한 착과증진 효과가 컸다.

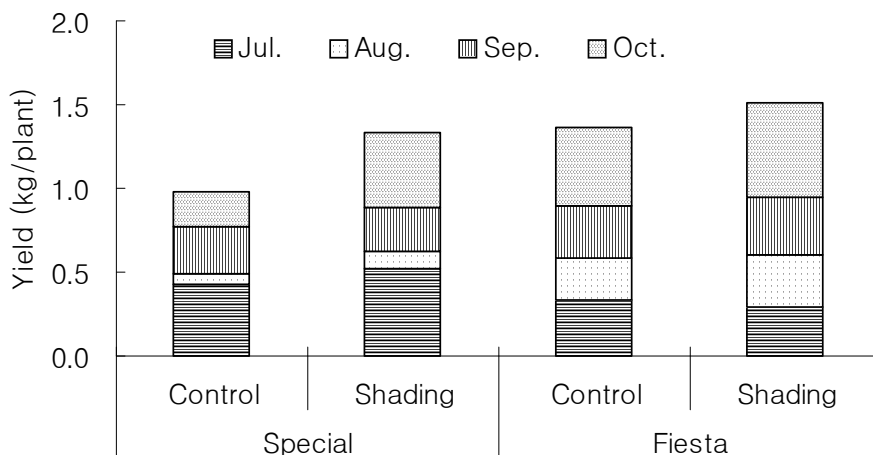


Fig. 9-7. Effect of sun-shading on monthly yield of 'Special' (left) and 'Fiesta' (right).

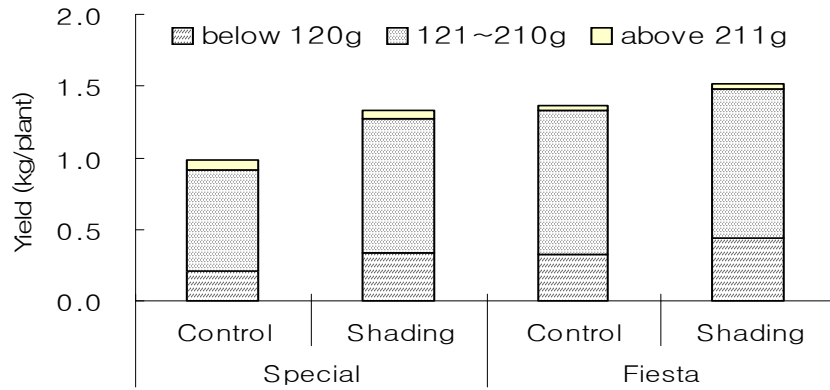


Fig. 9-8. Effect of sun-shading on fruit weight distribution of 'Special' (left) and 'Fiesta' (right).

결론적으로 고온기 여름재배시 일사 제어에 의한 차광에 의하여 'Special', 'Fiesta' 품종 모두 작과가 향상되었다. 이러한 원인은 과도한 일사량의 시설 내 유입을 방지하여 시설 내 온도와 식물체의 온도를 하강시켜 작물의 활력을 유지시켜 주었기 때문이라고 판단된다. 이러한 효과는 'Special' 품종이 'Fiesta' 품종에 비해 처리간 차이가 컸고, 효과도 긍정적인 면으로 작용하였다. 그러나 'Fiesta' 품종의 경우 작과율은 향상되었으나 과중이 다소 작아졌다.

여름철에 정상적인 작과가 이루어지지 않는 것은 고온의 환경조건이 가장 큰 원인 중의 하나이다. 주간 고온은 식물체의 과도한 증산을 유발하여 엽온도를 상승시킴으로써 광합성 작용을 억제하며, 야간의 고온은 호흡량을 증가시켜 동화산물의 소모량을 많이 함으로써 결과적으로 작과율이 저하된다.(Gary 등, 2003; Grange, 1987).

시설 외부차광(30%)에 의하여 식물체 잎의 온도가 약 5.3°C 낮아졌는데, 이는 차광을 통하여 과도한 증산작용이 억제되어 정상적인 엽온도를 유지함으로써 무차광 처리와 비교하여 광합성을 증가시켰기 때문인 것으로 사료되었다(Bruggink, 1987).

엽면적은 차광 처리구에서 넓어지는 경향이었는데, 이는 Potter와 Jones(1977)의 주장과 같이 생육 적정온도에서 엽면적이 넓어진 것으로 판단되었다.

이러한 차광처리 효과로 인하여 작과수는 무처리구 대비 주당 2.0~2.9개가 증가하였는데, 'Special'과 'Fiesta' 두 품종에서 특히 8~10절 사이의 작과율이 높았으며 이 시기는 7월 하순~8월 상순으로 결과적으로 고온기에 외부차광처리가 착색단고추의 생육 및 작과를 증진시킨 원인이었다고 판단되었다.

따라서 고온기 우선적으로 고온 피해를 방지하기 위한 방법으로서 차광, 특히 외부차광은 엽온을 정상 생육조건 온도 수준으로 유지시켜줌으로써 작과율을 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 방법 중의 하나라고 사료되어 고랭지 여름재배에 있어서 시설환경을 개선시킬 수 있는 외부차광 시설이 시급히 필요하다고 판단되었다.



## 제 10 절 4-CPA를 이용한 착과증진 효과

### 1. 서 언

파프리카는 수정을 위하여 특별한 처리를 하지 않아도 수분·수정이 잘 되는 작물이나 고랭지 여름재배에서는 다습한 장마기와 이후의 고온기에 수분·수정이 제대로 이루어지지 않아 낙화, 낙과 및 기형과의 발생이 많다.

Karni 등(2002)은 파프리카를 이용한 시험 결과, 고온 조건(32/26℃, 낮/밤)에서의 꽃가루 발아력이 정상 온도(26/22℃, 낮/밤)에서 자란 것에 비해 약해진다고 보고하였다. 고랭지 여름재배에서는 재배기간이 고온이라 꽃가루의 활력이 떨어져 수정능력이 저하되는 문제점이 있다.

4-CPA(토마토톤)는 토마토 등의 과채류작물의 수정에 쓰이는 가장 일반적인 성장조정제이다. Lee 등(2002)이 토마토 재배시 성장조정제인 4-CPA, 호박벌 방사처리를 무처리와 비교한 결과 성장조정제 처리와 호박벌 방사처리에서 수정능력이 향상되었음을 보고하였다. 그러나 과실의 종자수는 호박벌 처리구가 117.3개/과로 가장 많았고, 방임구 29.1개/과, 성장조정제인 4-CPA는 4.3개/과로 가장 적어 호박벌 처리구의 상품과률이 높았다고 하였다.

그러나 파프리카의 경우 종자수는 과실 당 150~300개 정도이며(Aloni 등, 1999), 또한 Marcells 등(1997)은 파프리카의 착과와 종자수의 관계를 검토한 결과 상대적으로 적은 종자수(50~100개/과, 정상과실 20~30%)의 수정만으로도 충분히 착과가 유도될 수 있으며, 과중이 직선적으로 증가됨에 따라 종자의 수가 늘어나는 것이 관찰되었다고 보고하였다.

파프리카에서 종자의 발달은 과실의 성장률을 증가시켜 단위결과성 과실에 비해 30%가 큰 과일을 생산하고, 배꼽썩음과의 비율을 증가시켜 균일한 착과 및 안정생산에 부적합하다고 보고하였다(Heuvelink and Korner, 2001).

따라서 본 시험에서는 4-CPA(토마토톤)를 개화한 화기에 살포하여 고온기에 착과증진 효과가 있는지 확인하기 위하여 수행되었다.

### 2. 재료 및 방법

시험은 강원도 춘천시 우두동의 농업기술원 비닐하우스에서 수행하였다. 시험품종은 'Special'(Enza Zaden Co., The Netherlands)과 'Fiesta'(Enza Zaden Co., The Netherlands)를 이용하였고, 2008년 3월 9일 암면 과종판을 이용하여 육묘한 후 암면큐브에 이식하여 배양액을 관주하면서 육묘하였다. 정식은 5월 14일에 m<sup>2</sup>당 6.6줄기의 밀도로 재식하였다. 재배방법은 암면배지를 이용하여 수경재배 하였고, 정식 후 양액공급은 정식 후 5일간은 활착을 위해 배양액이 완전히 포수된 상태에서 일출 2시간 후부터 1시간 간격으로 1회 주당 150mL의 배양액을 8

회씩 공급하였다. 활착 이후 배지 내 조건을 EC 3.0~5.0dS·m<sup>-1</sup>, pH 5.5~7.0, 근권 함수율 60~65% 내외가 유지되도록 관리하였다. 유인방법은 V자형으로 두 줄기로 하였고, 정지작업은 분지마다 주지엽과 측지 1엽을 남기고 측지를 제거하였다. 2절 이하의 꽃은 제거하여 3절부터 착과시켰으며, 이후 적과작업은 하지 않았다. 수확은 7월 16일부터 9월 30일까지 총 12회 수확하였다.

처리내용은 4-CPA를 처리농도별로 50, 100, 200, 400배액으로 희석하여 사용하였다. 처리방법은 완전히 개화한 파프리카의 화기에 스프레이를 이용하여 충분히 살포하였고, 처리기간은 장마 및 고온기인 7월 18일부터 8월8일까지 21일간 하였으며, 오전 9시에서 10시 사이에 처리하였다.

생육은 최종 수확 후에 초장, 분지수, 주경장, 경경, 개화절위 등을 조사하였다.

수확 및 수량조사는 수출규격에 적합한 숙기(85~90% 착색)에 맞추어 수확한 후, 상품과와 비상품과(기형과, 배꼽썩음과, 열과, 꼭지무름과 등)로 나눈 후 각각의 과중을 전수 조사하여 분석하였다.

기타 조사는 농촌진흥청 조사기준표(RDA, 1997)에 의거하여 실시하였으며, 통계처리는 SAS(ver. 9.1.3, SAS) 프로그램을 이용하여 다중검정을 실시하였다(RDA, 2003).

### 3. 실험결과

초장, 분지수 등 생육은 처리농도에 따라 큰 차이가 없었다. 그러나 수확과수는 스페셜 품종에서는 100배액 처리구에서 7.2개로 무처리 대비 1.2개 많았고 총수량도 1.41kg/주로 120g 많았다. 피에스타 품종은 200, 400배액 처리에서 수확과수가 9.4개로 많았고, 총수량은 200배액에서 1.82 kg/주로 높았다. 그러나 처리 간 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 10-1. The effect of 4-CPA spraying on the growth and yield of sweet pepper.

Cultivar	Trt conc. (mg·L <sup>-1</sup> )	Height (cm)	No. of fruits (plant)	Yield (kg/plant)
Special	50	188	6.5	1.26
	100	226	7.2	1.41
	200	217	6.4	1.28
	400	197	6.5	1.33
	Control	222	6.5	1.29
Fiesta	50	232	8.8	1.62
	100	242	8.9	1.63
	200	214	9.4	1.82
	400	225	9.4	1.73
	Control	215	9.5	1.77

절위별 착과율의 변화는 품종 간에는 착과특성이 우수한 피에스타 품종의 착과율이 높았으나, 4-CPA 처리 간에는 큰 차이를 보이지 않아 파프리카의 착과증진을 위한 4-CPA의 효과는 크지 않은 것으로 판단되었다.

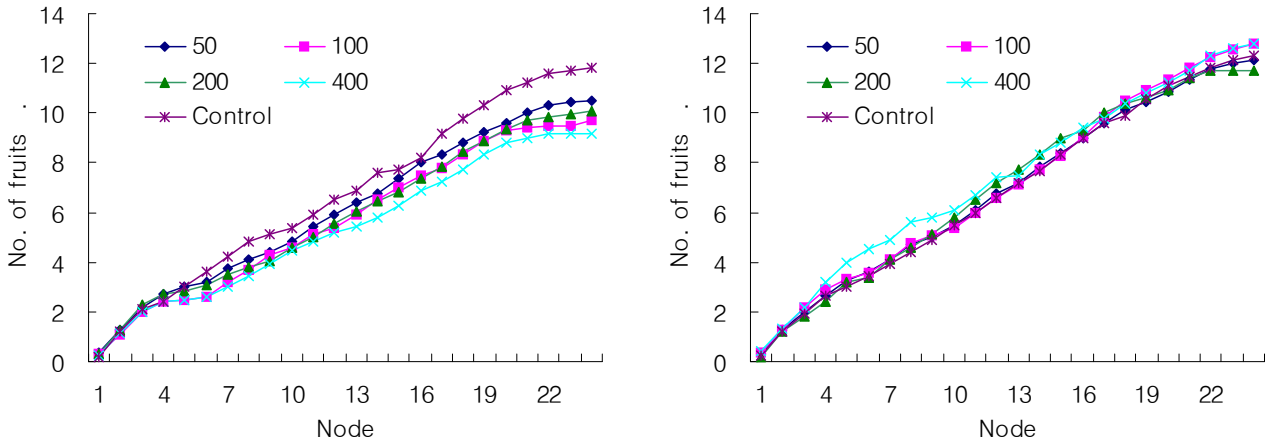


Fig 10-1. Changes of fruit weight according to 4-CPA spraying(left; Special, right; Fiesta)

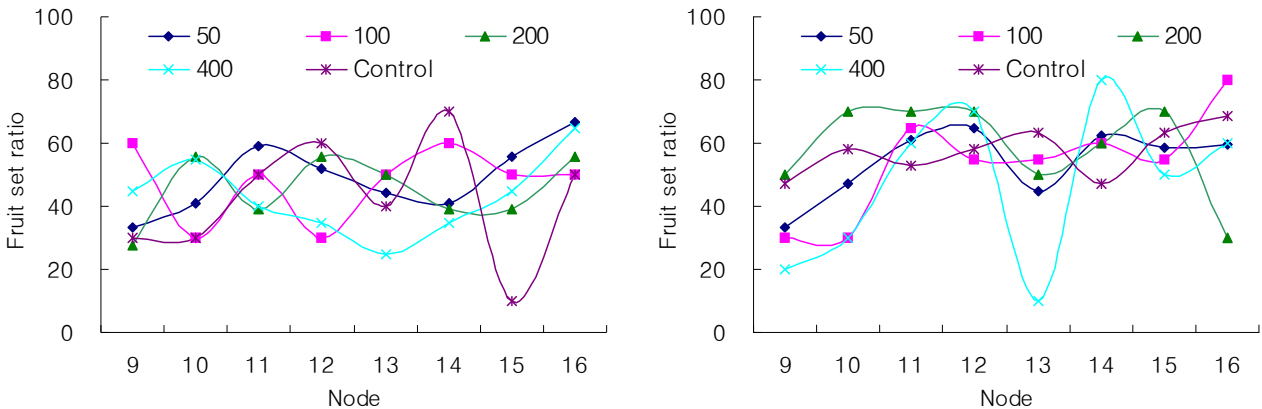


Fig 10-2. Changes of fruit set ratio according to 4-CPA spraying(left; Special, right; Fiesta)

수확기별 과중은 초기에는 스페셜 품종의 경우 250g 내외로 대과가 많이 생산되었으나 수확후 기인 9월에는 150g 내외로 소과가 생산되었는데 이는 시설 내 환경의 영향이 높을 것으로 생각되었다.

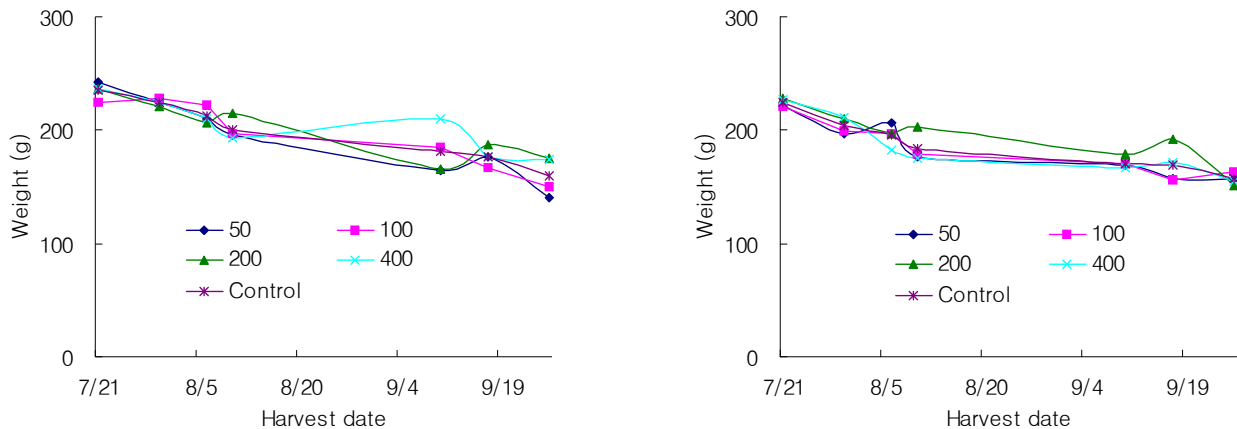


Fig 10-3. Changes of fruit weight according to 4-CPA spraying(left; Special, right; Fiesta)

토마토, 고추 등 가지과 작물은 불량환경에서 착과증진 및 고품질 생산을 위하여 수정벌을 투입하거나 4-CPA 등의 성장조정제를 이용하고 있다. 또한 E. Heuvelink 와 Korner(2001)의 연구결과에 의하면 파프리카에 성장조정제인 IAA를 6월부터 8월까지 꽃의 암술머리에 처리한 결과 절위 당 착과율의 변이가 낮아졌으며 평균 착과수도 높았다고 보고 하였다. 따라서 약광 및 고온기에 성장조정제인 4-CPA를 처리하여 파프리카의 착과율을 높이하고자 하였으나 처리간 착과율 증대 효과는 없었다. 그러나 시험을 수행하였던 2008년도는 온도, 광 등의 외부환경이 파프리카 재배에 적합하였기 때문에 뚜렷한 생육반응이 나타나지 않았던 것으로 판단된다.

## 제 11 절 질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과

### 1. 서 언

파프리카는 여름철 고온기(7-8월) 육묘시 일조부족과 과습으로 인하여 잎이 도장하거나 연약해져 지하부의 생육도 부진해지므로 지상부 웃자람을 억제시키지 않을 경우 정식 후 활착이 지연되거나 착과불량 현상이 발생하는 것으로 알려져 있다. 식물체의 웃자람 억제기술로는 주야간 온도차 조절과 수분조절에 의한 생리적 방법, 식물체를 흔들어주는 것과 같은 물리적 방법, 성장억제제의 사용과 같은 화학적 방법 등이 있다. 왜화제를 이용한 성장억제 방법이 과채류 초장조절에 적용되고 있다. 최근에 과채류 육묘 중 왜화제를 사용하여 우량묘 생산을 시도하고 있으나 왜화제 화합물들이 국내에서 유통되지 않고 또한 가격도 비싸기 때문에 재배농가에서 성장조절제 사용에 어려움을 겪고 있다. 일부 재배농가에서는 uniconazole이나

paclobutrazol이 아닌 triazole계 화합물이 포함된 살균제를 어린 유묘에 처리하여 왜화효과를 얻고 있으나 농도가 높거나 처리 후 온도가 떨어지게 되면 정식 후 정상적인 생장이 어려워 육묘업자와 재배농가들 사이에 분쟁의 요인이 되고 있다. 최근 선진국에서는 칼슘계통의 친환경 자재를 이용한 파프리카 우량묘 생산을 시도하고 있으나 국내에서는 아직 시도된바 없다. 국내에 유통되는 채소류 전용 성장조절제의 종류가 많지 않은 점을 고려할 때 칼슘과 질소농도 조절을 통한 파프리카 우량묘 육성이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 파프리카 육묘시  $\text{NO}_3^-$ 와  $\text{Ca}^{2+}$  농도조절을 통한 우량묘 육성 기술에 중요한 기초 자료를 얻고자 실시하였다.

## 2 재료 및 방법

### 가. 양액조성에 따른 파프리카 생육 및 생리 조사

#### (1). 파프리카 품종

본 실험의 공시품종은 빨강색 'Cupra', 노란색 'Romeca RZ' 그리고 오렌지색 'Boogie'이며 종자는 (주)아름농업연구소에서 구입하여 사용하였다. 파종은 2007년 3월 7일에 강릉대학교 유리온실에서 200구 파프리카 전용 프러그 트레이에 파종하여 15일간 육묘 후, 지름이 17cm인 큐브에 옮겨심고 배양액을 처리하였다(Fig 11-1 참조).



Fig 11-1. Used cultivars in this experiments

#### (2). 양액재배조성 및 관수량

배양액 조성은 파프리카 표준양액 조성표에 준하였으며 칼슘과 질소의 조성비율 조정은 4.5/16.75; 6.5/20.75; 8.50/24.75; 10.5/28.75와 12.5/32.75( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )  $\text{Ca}^{2+}/\text{NO}_3^-$ 이며, (주)아름농업연

구소의 파프리카 표준 양액조성표를 표준양액으로 하여 질소와 칼슘비율을 조절하였으며 매일 양액공급량은 100ml/주 하여 6주 동안 공급하였다. EC는 2.4(ms/cm), pH는 5.7-6.3정도로 유지하였다. 기타 재배관리는 원예연구소 파프리카 표준재배법에 준하여 실시하였다. 1차 실험기간은 2007년 3월부터 8월까지 6개월 동안 실시하였으며, 생육조사는 파프리카의 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽록소 함량을 각 품종별 10개체 3반복으로 하였고 초장 조사는 양액처리 후 매주 1차, 2차, 3차, 4차, 5차, 6차로 6주 동안 6번의 측정으로 비교 하였다. 처리된 묘의 정식 후 착과율 및 생체중 조사는 초기 1개월 동안 4번 수확한 것으로 측정하였고, 당도측정은 2007년 7월 Brix 당도측정계로 각 품종별 3반복하였다. 2차시험 생육조사 조사기간은 2007년 10월 24일부터 11월 28일까지 6주 동안 실시하였다.

Table 11-1. Compositions of nutrient solutions (mg/L) for growing paprika seedling

Nutrient treatment	Name of ions Kg/1000lt						
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
A	1.2	6.7	4.5	3.0	16.7	2.5	1.2
B	1.2	6.7	6.5	3.0	20.7	2.5	1.2
C	1.2	6.7	8.5	3.0	24.7	2.5	1.2
D	1.2	6.7	10.5	3.0	28.7	2.5	1.2
E	1.2	6.7	12.5	3.0	32.7	2.5	1.2



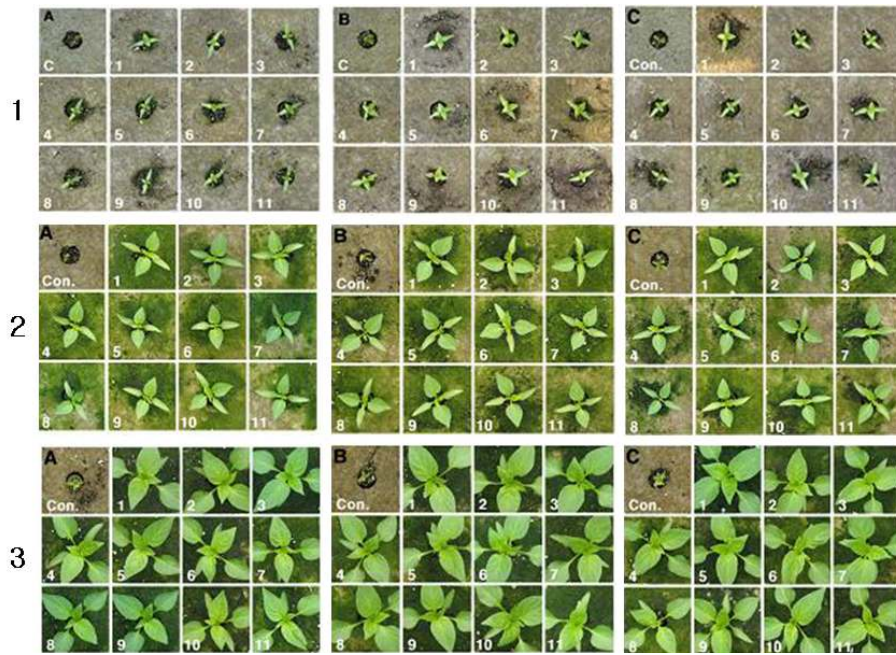


Fig. 11-2. Effects of five different nutrient solutions on plant height of paprika seedling

A: Romeca RZ                      B: Boogie                      C: Cupra

1: 1 weeks treated with different nutrient solutions after transplanting

2: 2 weeks treated with different nutrient solutions after transplanting

3: 3 weeks treated with different nutrient solutions after transplanting



Fig. 11-3. Hydroponic system for growing paprika seedlings with

five different nutrient solutions(1:A, 2:B, 3:C, 4:D, 5:E)

A: Romeca                      B: Boogie                      C: Cupra

### (3) 양액처리에 따른 품종간 생육조사

조사기간은 파프리카 재배기간중인 2007년 9월에서 11월까지 3개월동안에 했으며, 생육조사 중 파프리카의 신장, 착과수 및 무게는 각 품종당 10개체 3반복을 실시하였으며, 초장은 1차, 2차, 3차, 4차, 5차, 6차로 6번의 측정으로 신장비교를 하였으며, 착과수 및 무게측정은 3개월동안 3일에 한번씩 수확한 것을 조사하였으며, 당도측정인 경우는 2006년 10월에 Brix당도 측정기로 각 품종당 3반복으로 조사하였다.

### (4). 처리별 줄기두께 (표피, 형성층 포함) 조사

칼슘과 질소농도증가에 따른 양액처리별 줄기두께(표피, 형성층 포함)의 조사를 위해서사용된 파프리카는 하우스내에서 3개월간 자란 두 품종의 파프리카 줄기, 특히 하위에서 중간부분의 줄기를 사용하였다. 표피, 형성층, 줄기두께 측정을 위해 절단된 줄기는 해부현미경(Olympus SZX 10, Japan)을 이용하여 관찰하였으며 이미지프로그램인 i-solution Lite program (IMTi-solution Inc.)를 이용하여 이미지를 저장 및 표피, 형성층, 줄기두께를 5회 반복 측정하였다.

### (5). 처리별 줄기의 경도조사

양액처리별 파프리카 줄기의 경도측정 역시 파프리카 하우스내에서 3개월간 생육된 줄기를 사용하였으며 측정부위는 줄기의 중간에서 하위부분을 측정하였다. 줄기경도측정 값은 force (N)으로 나타내며, EZ TEST-500N Texture Analyzer (SHIMADZU, corporation, Japan)를 사용하였다. 칼날의 지름은 5 mm 을 사용하였고 cross-head speed 는  $5\text{mm s}^{-1}$  을 사용하였다. 정확한 줄기경도조사를 위하여 줄기의 절단은 줄기 샘플의 중간부위를 하였으며 경도 값은 5 번 반복의 평균치를 사용하였다.

### (6). 처리에 따른 식물부위별 질소 및 칼슘량 조사

칼슘과 질소분석을 위한 식물생체분석을 위하여 생육 3개월된 두 품종의 파프리카를 사용하였다. 채취된 잎(상위부분), 줄기(가운데부분), 뿌리의 샘플들은 동결건조기 (Model no. FD5510, ilShin Lab. Co., Ltd.)에서 48시간 동안 동결건조 되었으며, 막자사발을 이용하여 모든 샘플들을 분말로 마쇄하였다. 칼슘분석을 위하여서는 질산을 이용한 wet-ashing 법을 사용하였으며 강릉대학교내 공동실험실내에 배치되어있는 원자흡수분광기 (atomic absorption spectrophotometry (AAS); Perkin-Elmer 3300 spectrophotometer)을 사용하여 측정하였고 질소분석을 위해서는 각 샘플들을 좀 더 미세파우더로 만든 후 원소분석기 (elemental analyzer (EA))를 이용하였다. 모든 처리의 샘플은 처리별 3반복 분석을 하였다.



#### (7) 식물체내 (줄기, 잎) 에서의 칼슘분포 조사

생육 3개월 된 두 품종의 파프리카 줄기와 잎들은 Fura-2 AM로 로딩을 위해서 각각 5 mm 두께로 절단하였다. 준비된 모든 줄기샘플들은 PBS buffer에 3시간 30분동안 처리되었으며 20% sucrose로 4°C에서 포화되었다. Tissue-tek으로 모든 줄기 및 잎샘플들이 -60°C에서 embedding을 시켰다. Embeding된 샘플들은 다이아몬드 칼날이 있는 ultramicrotome (MT-X; RMC Inc., Tucson, AZ)으로 줄기는 10 µm 두께로 잎은 7µm 두께로 절단된 후 코팅이 된 슬라이드에 압착시킨 후 40°C dry-oven 에서 24시간동안 정치시켰다. 각 샘플주위를 DAKO 펜으로 buffer dam을 만들어 준 후 1X PBS buffer에 넣고 shaker에 넣고 가수분해를 시킨 후, Fura-2 acetoxymethyl ester (Fura-2 AM, Molecular Probe, USA) 10ul, 2.5ul Pluvoutic acid (2%)와 Normal Tyrode buffer 500ul in dimethylsulfoxide (DMSO) 혼합된 stock solutions (최종 농도 2mM) 으로 40분동안 로딩처리를 하였다. 로딩이 끝난 후 PBS buffer (dye-free buffer)로 세척하여 칼슘측정을 위한 이중 파장(450 nm and 490 nm)으로 세팅된 형광현미경 (Nikon Eclipse E600, Wavelength B-2A)으로 각 샘플을 관찰하였다.

#### 나. 처리별 양액조성(칼슘과 질소농도)에 따른 파프리카 병리 조사

##### (1) 처리별 양액조건에서 생육된 파프리카 줄기의 잿빛곰팡이 집중

칼슘과 질소농도증가에 따른 처리별 잿빛곰팡이병 집중 파프리카 줄기실험은 잿빛곰팡이병의 5가지의 표현형중 진부에서 채집한 진부 10번 표현형 SSR (살균제 *N*-phenylcarbamate 에서만 저항성이면서 파프리카 재배시 가장 발병율이 높음)을 사용하였다. 처리별 양액조건에서 3개월간 생육된 두 품종의 파프리카 (Curpa, Boogie)의 중간부위 줄기중 건강한 줄기만 선택한 후 7cm씩 잘라서 중간부위를 조금 상처를 낸 후 잿빛곰팡이병의 균사를 접종한 후 20°C 챔버에서 7일 동안 생육 및 관찰 되었다. 모든 처리간의 샘플은 3반복으로 이루어졌다.

##### (2) 칼슘과 질소농도가 포함된 PDA배지내에서의 잿빛곰팡이병 집중

Benzimidazole, dicarboximide 그리고 *N*-phenylcarbamate 살균제에 의해서 분리된 잿빛곰팡이병의 5가지 표현형인 SSR, SRR, RSS, RRS, RSR를 칼슘과 질소농도의 증가에 따른 잿빛곰팡이병 병원균으로 사용되었다. 이들 5가지 표현형의 잿빛곰팡이병원균은 15ml의 PDA배지에서 20°C 의 인큐베이터에서 7일간 배양된 후 지름이 5 mm인 펀치플러그를 사용하여 배지 가장자리에 있는 균사(mycelium)를 채취 후 칼슘과 질소농도 (4.5/16.75; 6.5/20.75; 8.50/24.75; 10.5/28.75; 12.5/32.75 (mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)가 포함된 PDA 배지에 치상하였다. 대조구로서는 5가지의 잿빛곰팡이병의 균사(mycelia)를 일반 PDA배지(칼슘 및 질소농도가 포함되지않은)에

치상 하였으며 모든 처리구는 3반복으로 처리되었으며 20℃의 배양기에서 보관된 샘플들은 치상 후 3일, 6일에 균주의 생장을 각각 조사하였다.

### 3. 실험결과

#### 가. 양액조성에 따른 파프리카 생육 및 생리 조사

##### (1) 양액처리에 따른 품종간 생육조사 (초장, 줄기두께, 엽록소)

칼슘과 질소의 농도조절에서 Cupra 품종의 초장이 처리 B에서 27.16 cm로 가장 길었고 Romeca와 Boogie의 경우는 처리 C에서 각각 28.73 cm, 28.85 cm로 나타나 농도와 품종에 따른 차이를 보였다(Table 11-2). 2차실험에서는 Cupra는 대조구에서 26.88 cm에서 가장 길었으며, Romeca의 경우는 초기조사에서는 처리A가 좋았으나 후기조사에서 처리D에서 28.50 cm (처리 후 6주)로 가장 높았다. 처리 D이상의 칼륨과 질소의 증가는 더 이상의 초장 생장에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 대조구에 비해 질소와 칼슘의 농도가 점차 증가될수록 세 품종 모두 초장신장이 촉진되는 것을 알 수 있었으나, 처리 D와 E에서는 초장이 짧아 졌는데 이것은 질소와 칼슘의 과잉공급으로 인한 염류 스트레스와 관련이 있는 것으로 판단된다. 그러나 심각한 생육지연은 관찰되지 않았다. 양액조성에 따른 파프리카 묘의 경경 결과는 표2와 같다. 질소와 칼슘농도 조절 양액실험에서 Cupra 품종의 경경은 처리 C에서 5.64mm로 가장 높았으며, 처리 E에서는 5.11mm로 가장 낮았다. Romeca와 Boogie의 경우는 유사한 결과를 보였고 대조구에서 각각 5.65mm, 5.38mm로 경경이 비교적 굵었으며 칼슘과 질소농도가 가장 높은 처리 E에서 5.06mm, 5.00mm로 경경이 가장 낮았다. 이는 농도가 높으면 염류장해를 받아 경경의 생장이 억제되는 것으로 사료된다. 칼륨과 질소농도를 높일 경우 세 품종 모두 대조구에서 각각 5.48mm, 5.65mm, 5.38mm로 다른 처리구보다 다소 높았다 (Table 11-2.). 2차 실험에서는 Cupra 품종의 경우 처리 C에서 7.27mm로 가장 높았으며, 처리 E에서는 5.96mm로 가장 낮았고, Romeca의 경우 처리 D에서 8.56mm로 가장 좋았으며, 처리 A에서는 6.88mm로 가장 낮았다. Boogie의 경우 처리 C에서 7.65mm로 가장 높았다. 품종에 따라 약간의 차이는 있었으나, 초장에서와 유사하게 질소와 칼슘농도가 증가함에 따라 줄기 또한 조금 굵어지는 것으로 보였다. 반면 처리 E에서는 대조구보다는 줄기 굵기가 증가하였다. 또한 질소와 칼슘의 농도증가로 염류 스트레스가 나타났지만 심각한 증상은 보이지 않았다. 본 실험에서는 칼슘농도를 증가시켜 묘가 도장하지 않고 경경이 굵고 마디사이가 짧은 우량묘를 생산하고자 실시하였지만 품종에 따른 차이가 있고 처리별 뚜렷한 차이가 보이지 않아 현재 추가실험이 진행되고 있다. 또한 칼슘농도와 질소농도의 비율에서 칼슘농도를 높게 조절하여 품종별 생육조절

연구를 진행하고 있다. 기존연구에서 질소농도에 비해 칼슘농도가 높을 경우 파프리카 육묘시 발생하는 도장을 억제시킬 수 있다는 보고가 있어 추후 적정 칼슘농도를 결정할 계획이다.

Table 11-2. Effects of different nutrient solutions on plants height and stem diameter of paprika seedlings.

Nutrient solutions (mmol/L)	Cultivars					
	Cupra		Romeca		Boogie	
	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : Ca <sup>2+</sup> 16.7 : 4.5	26.8 <sup>2</sup> a	5.4ab	26.ab	5.6a	28.7a	5.3a
20.7 : 6.5	27.1a	5.3bc	26.9bc	5.3bc	27.3ab	5.0bc
24.7 : 8.5	22.2b	5.6a	28.7a	5.5ab	28.8a	5.2b
28.7 : 10.5	23.9ab	5.3bc	25.7c	5.3bc	26.1b	4.9c
32.7 : 12.5	22.8b	5.1c	26.6bc	5.0c	24.2c	5.0c

<sup>2</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

품종별 엽수, 엽폭, 엽장은 양액처리에 따른 통계적 유의차가 있으며, Cupra 품종의 엽수는 처리D에서 13.67개로, 엽폭과 엽장에서는 처리C가, 6.20 cm, 12.33 cm로 다른 처리구보다 높았다. Boogie 품종의 엽수는 처리B, 처리C에서 10개로, 엽폭과 엽장은 처리B, 처리C에서 5.93 cm, 11.03 cm로 다른 처리구보다 좋았으며, Romeca 품종의 엽수에서는 처리E에서 9.0개로 가장 낮았고 다른 처리에서는 대체로 비슷한 경향을 보였다. 엽폭과 엽장에서는 처리D에서 6.73 cm, 13.07 cm로 다른 처리구보다 좋았다(Table 11-3). 모든 품종에서 칼슘과 질소공급량이 증가할수록 엽장이 길어지는 것을 관찰할 수 있었는데 이는 질소가 잎의 생육을 촉진시킨 것으로 생각된다. 그러나 잎의 과번무 현상은 나타나지 않았고 충분한 엽수와 엽장의 확보는 광합성률을 향상시킬 수 있어 정식후 묘의 활착률 증대 및 생육을 촉진시킬 것으로 기대된다.

Table 11-3. Effects of different nutrient solutions on the number of leaves and leaf length of paprika seedlings.

Nutrient solutions (mmol/L)	Cultivars					
	Cupra		Boogie		Romeca	
	No. of leaves	length of leaves	No. of leaves	length of leaves	No. of leaves	length of leaves
$\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{++}$						
16.7 : 4.5	11.6a	9.3b	7.0b	6.0b	9.3a	9.1c
20.7 : 6.5	11.6a	10.9ab	10.0a	11.0a	9.3ab	11.0b
24.7 : 8.5	12.3a	12.3a	10.0a	11.0a	9.6ab	11.0b
28.7 : 10.5	13.6a	10.8ab	9.6a	10.9a	9.3a	13.0a
32.7 : 12.5	12.3a	10.3ab	9.0a	9.3a	9.0a	12.3ab

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

질소와 칼슘농도 증가에 따른 파프리카 유묘의 양액실험 중 엽록소 결과는 다음과 같다. 배양액에 칼슘과 질소농도의 증가에서 Cupra와 Boogie의 경우는 처리E에서 46.58, 45.4로 가장 좋았으며... 농도가 증가할수록 엽록소가 증가 되는 것으로 보여졌는데 이는 질소농도가 높아 엽록소 함량을 증진시킨 것으로 사료된다. 그러나 Romeca의 경우는 처리B에서 39.12로 가장 높았다. 칼륨과 질소의 증가 그리고 마그네슘과 질소의 증가에 따른 품종간의 엽록소의 비교는 1차 조사때는 차이가 있었으나, 2차 실험에서는 품종간에 통계학적 유의차를 보이지 않아 재배 시기에 따른 차이가 심한 것으로 생각된다. 질소농도가 증가할 경우 엽색이 검푸르게 보이는 경우가 종종 관찰되었지만 정식 후에는 곧 정상적으로 회복되었다.

Table 11-4. Effects of different nutrient solutions on chlorophyll of paprika seedlings.

Nutrient solutions (mg/L)	Cultivars		
	Cupra	Romeca	Boogie
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : Ca <sup>++</sup>	Chlorophyll	Chlorophyll	Chlorophyll
16.7 : 4.5	40.9c	38.5ab	42.5b
20.7 : 6.5	43.0b	39.1a	43.5ab
24.7 : 8.5	45.9a	38.7ab	42.6b
28.7 : 10.5	45.6a	37.7b	42.4b
32.7 : 12.5	46.6a	38.5ab	45.4a

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

(2) 처리별 줄기두께 (표피, 형성층 포함) 조사

칼슘과 질소 농도증가 처리간의 식물체 표피, 형성층, 줄기두께 측정결과는 그림 2와 같다. 칼슘과 질소농도 증가에 따른 두 품종의 파프리카 표피측정결과는 약간 차이가 있었으나 (그림. 11-2 A 참조) 칼슘과 질소농도 증가에 따른 두 품종의 형성층과 줄기두께 측정에서는 양액처리 3에서 (8.5/24.75(mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Cupra 품종에서는 0.78mm 과 9.78mm로, Boogie 품종에서는 형성층두께 0.69mm 와 줄기두께 10.41mm로 다른 처리의 결과보다 두꺼웠다 (그림 11-4, B 와 C). 두 품종의 파프리카 형성층과 줄기두께 결과는 서로 비슷했으며 칼슘과 질소농도가 증가 할수록 형성층과 줄기두께가 증가하는 것으로 나타났다. 칼슘과 질소의 증가가 식물체의 형성층과 줄기두께 증가에 영향을 미친 것으로 생각된다. 그러나 이러한 결과는 어느 정도 칼슘과 질소의 농도가 증가하였을, Cupra 품종은 칼슘과 질소의 농도가 10.5/28.75(mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 인 처리3에서, Boogie 품종은 칼슘과 질소의 농도가 12.5/32.75(mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 인 처리4에서부터는 형성층과 줄기두께가 더 이상 증가하지를 않았다 (그림. 11-4, B 와 C).

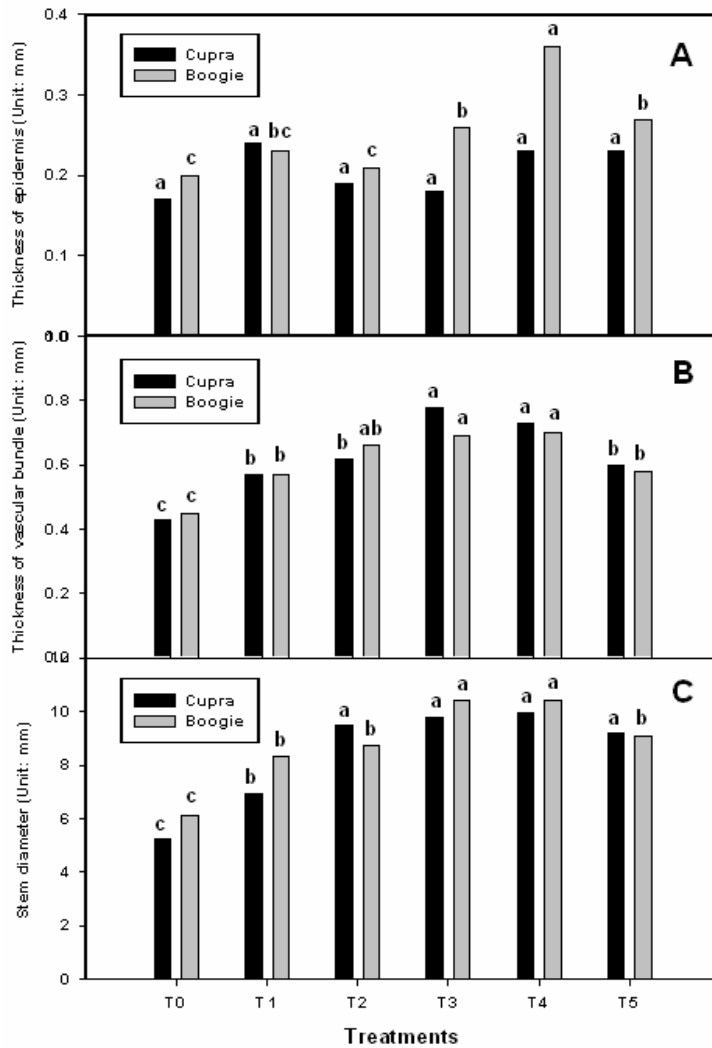


Fig 11-4. Comparison of stem-thickness treated with different  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (mg/L).

A: Thickness of epidermis    B: Thickness of vascular bundles

C: Stem diameter or thickness of stem

T0: Commercial soil,    T1:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (16.75:4.5),    T2:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (20.75:6.5)

T3:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (24.75:8.5),    T4:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (28.75:10.5),    T5:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$  (32.75:12.5)

### (3) 처리별 줄기의 경도조사

비록 두 품종의 파프리카 줄기의 두께는 칼슘과 질소의 농도증가가  $8.5/24.75(\text{mg.L}^{-1})$   $\text{Ca}^{2+}/\text{NO}_3^-$  에서 가장 좋았으나, 두 품종의 줄기에 대한 경도조사결과는 칼슘과 질소의 농도처리가  $10.5/28.75(\text{mg.L}^{-1})$   $\text{Ca}^{2+}/\text{NO}_3^-$ 에서 Cupra 품종과 Boogie 품종에서 각각 64.056 N 와 62.523 N 로 가장 좋았다 (그림 11-5). 두 품종의 파프리카 줄기의 경도는 줄기의 두께와 마찬가지로 칼슘과 질소의 농도가 점차 증가할수록 좋았으며 그림 5의 결과를 보면 Cupra 품종이 Boogie 품종보다 줄기의 경도가 더 좋은 것으로 나타났다.

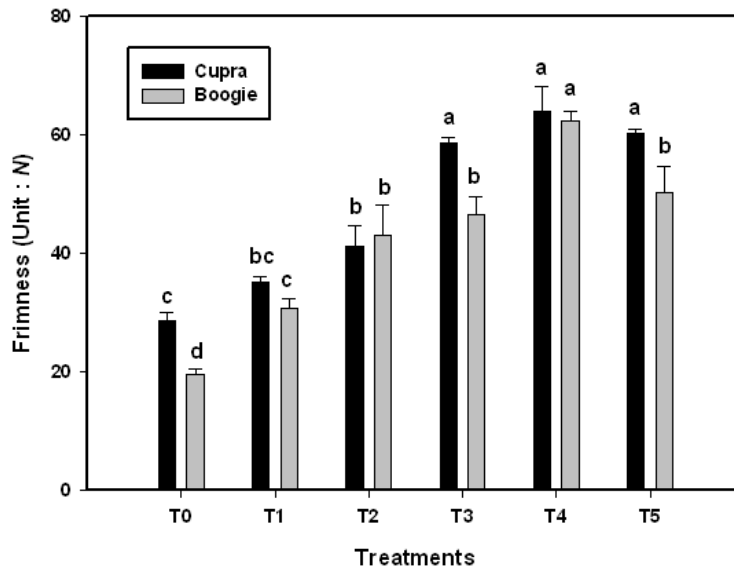


Fig. 11-5. Comparison of stem-firmness treated with different concentrations of nitrogen calcium (mg/L)  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ . Vertical bars indicate standard deviation.

T0: Commercial soil, T1:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (16.75:4.5), T2:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (20.75:6.5)

T3:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (24.75:8.5), T4:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (28.75:10.5), T5:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (32.75:12.5)

그림 11-5의 결과를 보면, 두 품종의 파프리카의 생육 중 줄기의 경도는 칼슘과 질소의 농도가 어느 정도 증가되는 것으로 나타났으며, 칼슘과 질소의 농도가 줄기의 경도를 유지시키는 식물체내에서의 역할에 대해서는 좀 더 깊은 연구가 필요 할 것이다.

#### (4) 처리에 따른 식물부위별 질소 및 칼슘함량 조사

칼슘과 질소분석결과, 두 품종에 대한 전체 칼슘과 질소분석에는 조금의 차이가 보였다. 칼슘과 질소의 농도증가와와는 상관없이, 두 품종의 파프리카 잎에서 줄기와 뿌리부분보다 보다 높은 양의 칼슘과 질소가 분석되었다 (그림 11-6에 A 과 B). 전체 칼슘함량 분석에서는, Cupra 품종에서는 칼슘농도가 증가할수록 전체 칼슘함량이 증가하였다 (그림 11-6에 A). Boogie 품종에서는 초기 칼슘농도가 증가함에 따라 전체 칼슘양분석이 증가하였으나 처리4에서부터는 전체 칼슘양이 더 이상 증가하지 않고 감소하였다 (그림 11-6에 B). 두 품종에 대한 전체 질소 분석에서는 처리 간에 커다란 차이가 보이지는 않았다 (그림 11-7에 A 과 B). 그러나 식물체 부위별 질소분석에서는 칼슘분석의 결과와 같이 식물체의 잎에서 줄기와 뿌리보다는 질소함량이 좀 더 많은 것으로 나타났다 (그림 11-7에 A 과 B). 질소와 칼슘농도가 증가된 양액조건에서 자란 두 품종의 파프리카 식물체 생육과 양액이 공급되지 않은 상태에서 자란 식물체간에는 질소와 칼슘분석에서 커다란 차이를 볼 수 있었다 (그림. 11-6, 11-7의 A 와 B).

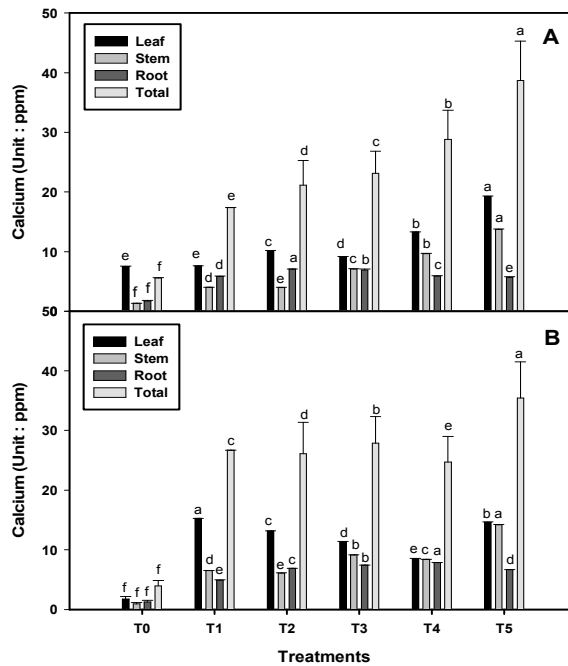


Fig. 11-6. Calcium contents were analyzed by atomic absorption spectrophotometry (AAS).

A: cv. Cupra B: cv. Boogie. Vertical bars indicate standard deviation.

T0: Commercial soil, T1:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (16.75:4.5), T2:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (20.75:6.5)  
T3:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (24.75:8.5), T4:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (28.75:4.5), T5:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (32.75:12.5)

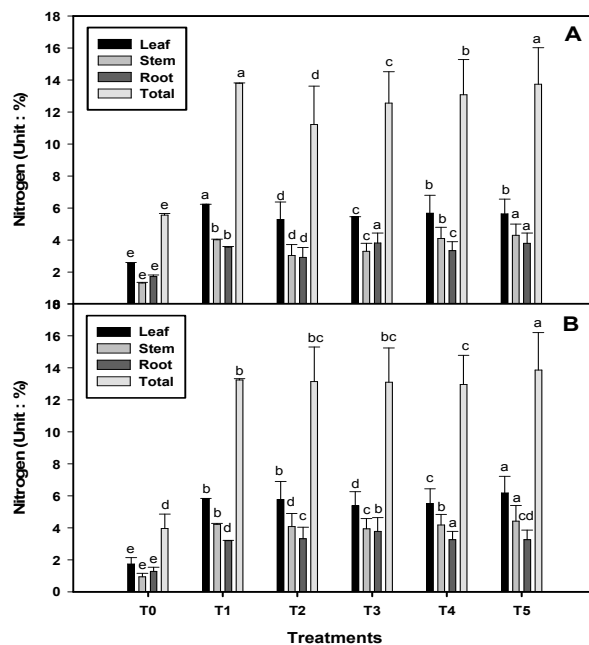


Fig. 7. Nitrogen contents were analyzed by elemental analyzer (EA).

A: Cupra B: Boogie. Vertical bars indicate standard deviation.

T0: Commercial soil, T1:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (16.75:4.5), T2:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (20.75:6.5)  
T3:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (24.75:8.5), T4:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (28.75:10.5), T5:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (32.75:12.5)



(5) 식물체내 (줄기, 잎)에서의 칼슘분포 조사

칼슘 형광분자 probe인 Fura-2 AM를 이용한 두 품종의 파프리카 줄기에서의 칼슘흡수에 따른 칼슘분포 결과는 그림 8과 같이 줄기의 두 부분에서 나타났다. 줄기의 외부 표피조직(그림 11-8, A-1,2)과 줄기의 형성층, 특히 물관 내에 있는 세포벽에서 칼슘과의 형광반응이 강하게 보였다 (그림 11-8, B-1,2). 줄기의 경우에는 칼슘의 농도가 증가될수록 이러한 반응은 좀 더 강하게 보였으며, 실험 장비의 여건상 Fura-2 AM과 반응한 Green 반응 색에 대한 정확한 수치를 얻을 수는 없었다.

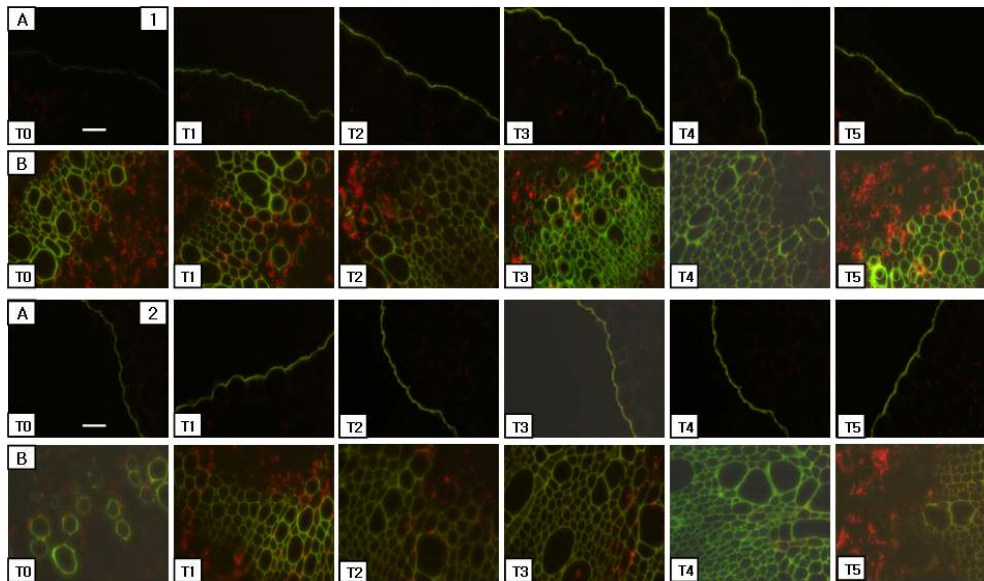


Fig. 11-8. The comparison of images treated with fura-2 AM as a calcium indicator in the stems of sweet peppers. (1: cv. Cupra, 2: cv. Boogie) Bar=100um.

A: Margin of epidermis B: Vascular tissues (especially around xylem)

T0: Commercial soil, T1:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (16.75:4.5), T2:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (20.75:6.5)

T3:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (24.75:8.5), T4:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (28.75:10.5), T5:  $\text{NO}_3^- : \text{Ca}^{2+}$ (32.75:12.5)

칼슘과 Fura-2 AM의 반응은 연한 녹색으로 줄기의 가장자리인 표피조직과 형성층, 특히 물관 내 세포벽에서 강하게 나타났다 (그림 11-8 참조). 비록 칼슘농도증가에 따른 처리에서 줄기의 물관 내 세포벽에서의 칼슘반응이 좀 더 많이 보였으나, 기술적인 문제점 때문에 칼슘반응을 수치화 할 수는 없었다. 칼슘농도 증가의 처리줄기들과 칼슘농도가 처리되지 않은 상토 내에서 자란 줄기 간에 칼슘반응은 현저하게 차이가 나타났다 (그림 11-8, T0 와 T1). 칼슘농도가 증가된 처리구의 줄기 내에서의 칼슘반응이 칼슘이 처리 되지 않은 상토에서 자란 줄기 내에서의 칼슘반응보다 좀 더 형성층 내 물관 쪽 세포내에서 두껍게 나타났다. 형성층내의 사

관부에서도 칼슘반응이 물관 쪽 부분만큼 강하지는 않지만 칼슘과의 반응이 희미하게 관찰되었다.

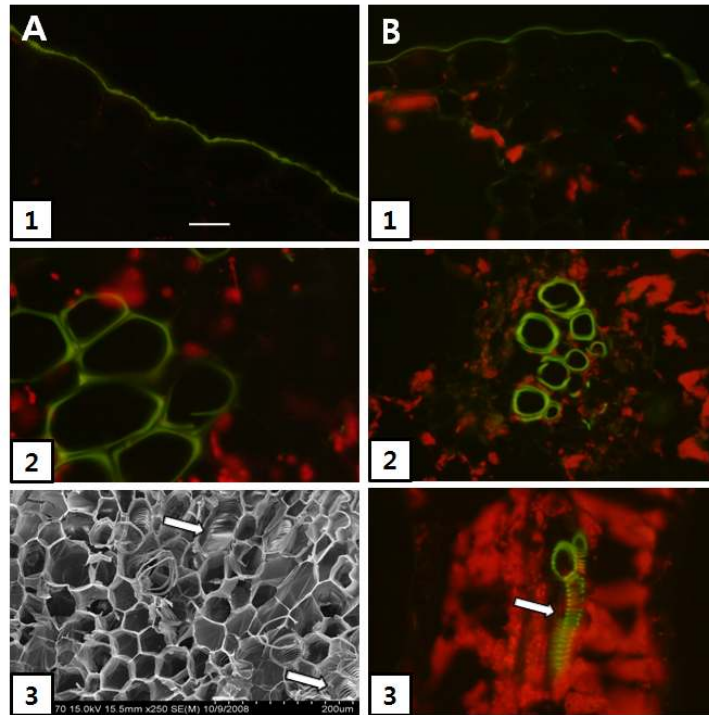


Fig. 11-9. The comparison of images treated with fura-2 AM as a calcium indicator in the stems and leaves of paprika (cv. Boogie) Bar = 100um.

A: Stems B: Leaves 1: Margin of epidermis 2: Cell walls in vascular tissues and leaf vein 3: Microfibrils in the cell walls around xylem (arrows).

칼슘 형광분자 probe인 Fura-2 AM를 이용한 두 품종의 파프리카 잎에서의 칼슘흡수에 따른 칼슘분포 결과는 그림 11-9과 같이 줄기처럼 두곳의 부분에서 나타났지만 줄기 내에서의 칼슘과 반응과 비교해 볼 때 잎에서 관찰된 표피 및 엽맥 내의 세포벽의 크기 및 칼슘과의 반응부위가 좀 더 적은 것을 알 수 있었다 (그림 11-9). 그러나 잎에서는 줄기 내에서 볼 수 없었던 엽맥의 세포벽내부에 있는 미세소관 (microfibrils)을 볼 수 있었다 (그림 11-9, B-3). 이것으로 식물체내에서의 칼슘분포가 형성층, 물관부위의 세포벽, 그중에서도 미세소관에 많이 집적되어 있음이 관찰되었다.

#### 나. 처리별 양액조성(칼슘과 질소농도)에 따른 파프리카 병리 조사

(1) 처리별 양액조건에서 생육된 파프리카 줄기의 잿빛곰팡이 집중

칼슘과 질소농도 처리에 따라 생육된 파프리카 줄기에 잿빛곰팡이병의 균사를 집중한 후의

결과는 아래 그림 11-10과 같다. 칼슘과 질소가 증가된 처리별 파프리카 줄기에서의 잣빛곰팡이병의 균사 접종 시 병발생(lesion size)은 칼슘과 질소가 처리되지 않은 상토에서만 자란 파프리카 줄기에서의 잣빛곰팡이병 균사접종 결과보다 적은 것으로 나타났다. 전체적으로 Cupra 품종이 Boogie 품종보다 lesion size가 적게 나타났으며 Cupra 품종인 경우 칼슘과 질소농도 12.5/32.75 (mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>에서 lesion size가 가장 적었으며 (그림 11-10, A) Boogie 품종에서는 8.5/24.75 (mg.L<sup>-1</sup>) Ca<sup>2+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>에서 병 발생(lesion size)이 적었다 (그림 11-10, B). 이러한 결과는 파프리카 품종 간에 조금씩의 차이는 있지만- 물론 일반재배 시에서는 잣빛곰팡이병의 균사보다 포자에 의한 감염이 되지만- 칼슘과 질소의 농도가 어느 정도 증가할 때 파프리카재배에서 발생하는 잣빛곰팡이병의 발생을 어느 정도 예방을 할 수 있음을 보여주었다.

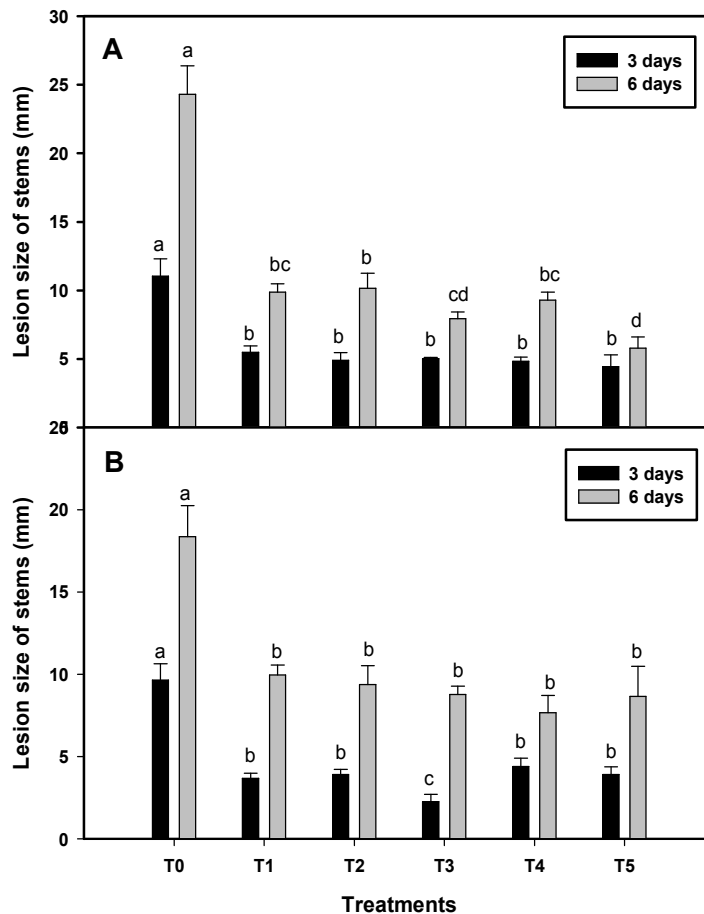


Fig. 11-10. Comparison of effective evaluation of different concentrations of nitrogen calcium (mg/L) NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup> to control *Botrytis cinerea*.

A: Cupra B: Boogie. Vertical bars indicate standard deviation.

T0: Commercial soil, T1: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup>(16.75:4.5), T2: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup>(20.75:6.5)  
T3: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup>(24.75:8.5), T4: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup>(28.75:10.5), T5: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Ca<sup>2+</sup>(32.75:12.5)

이 결과는 칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카 줄기두께 및 줄기내의 형성층, 줄기의 경도 등에 의한 것으로 병발생의 host-pathogen 관계에 중요한 요인이기도 하다. 그러나 칼슘과 질소의 증가가 잿빛곰팡이병 발생의 억제를 야기시키는 정확한 메카니즘에 대하여 아직까지 밝혀지지 않고 있다. 칼슘과 질소의 증가에 따른 병저항성에 근본적인 원인은 칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카 줄기내의 세포벽에서의 칼슘축적으로 인한 결과인 것으로 사료된다. 이러한 병저항성 자료를 통하여 칼슘과 질소농도를 적당히 조절한다면 파프리카 재배에 발생하는 잿빛곰팡이에 대한 부분적인 방제가 이루어지지 않을까 생각된다.

## (2) 칼슘과 질소농도가 포함된 PDA배지에서의 잿빛곰팡이병 접종

앞선 실험인, 칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카 줄기에서의 잿빛곰팡이병 접종 결과에 대하여 칼슘과 질소증가 자체가 잿빛곰팡이병 방제에 영향을 미치는지 (칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카 줄기의 경도 두께 외에) 알고자 본 실험을 실시하였다. 두 품종의 파프리카에 공급한 칼슘과 질소농도를 PDA배지에 첨가하고 이미 분류된 5가지의 표현형의 잿빛곰팡이 SSR, SRR, RSS, RRS, RSR의 균사를 이전의 실험방법과 동일하게 접종한 결과는 그림 8과 같았다. 우리의 예상과는 달리 실험에 사용된 칼슘과 질소의 농도가 직접적으로 잿빛곰팡이병의 균사를 억제하지는 않았다. 오히려 처리된 농도에서 대부분의 잿빛곰팡이병; SSR, SRR, RSS, RRS의 생육은 조금씩 증가되었으며 RSR 경우에는 다른 표현형의 잿빛곰팡이병원균보다 생육이 월등히 좋아 보였다 (그림 11-11참조). 이러한 결과는 기존의 실험에서도 볼 수 있는데 칼슘과 질소의 증가 농도가 낮을 경우에 나타나는 것으로 사료된다. 기존의 논문들을 참고하면 칼슘과 질소의 농도가 어느정도 증가된 경우에는 칼슘과 질소농도 증가 자체만으로 잿빛곰팡이병의 발생을 어느 정도 억제한다고 한다. 그러므로 본 실험의 칼슘과 질소의 농도증가가 파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이병의 발병을 억제하는 이유는 칼슘과 질소농도의 직접적인 증가에 의한 것보다는 칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카 줄기생장의 도움 (형성층, 줄기두께, 경도, 세포벽 등)의 간접적인 영향이라 생각된다.

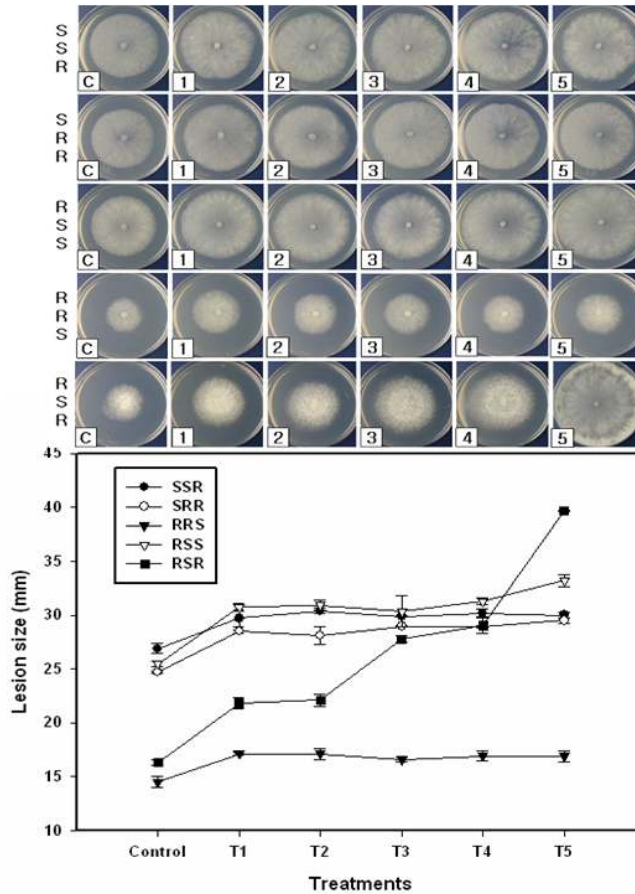


Fig. 11-11. Comparison of lesion size(mm) treated with different concentrations of nitrogen: calcium (mg/L)  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$  on PDA media to control *Botrytis cinerea* (*in vitro*). (Inoculated in 3 days). Vertical bars indicate standard deviation.

Control : PDA media, T1:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (16.75:4.5), T2:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (20.75:6.5)

T3:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (24.75:8.5), T4:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (28.75:10.5), T5:  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{Ca}^{2+}$ (32.75:12.5)

결과적으로, 칼슘과 질소농도의 증가에 따른 두 품종의 파프리카 생육은 상당히 좋았으며 이로 인한 파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이억제에도 상당한 효과가 있었다. 칼슘과 질소농도의 증가에 따른 파프리카 생육은 파프리카 줄기의 형성층내 조직을 더욱 더 튼튼하게 함으로 인한 줄기의 경도 및 두께에 의한 결과라도 보여진다. (T. Sugimoto, et., 2005). 칼슘과 질소농도증가를 통한 본 연구는 파프리카육묘에 적정 양액농도를 알 수 있음은 물론 이로써 건강한 육묘를 얻음으로 양액재배를 통한 하우스 내에서의 파프리카 생산증대, 잿빛곰팡이병 억제, 한편으로는 파프리카 재배 시 문제가 되고 있는 생리병인 배꼽썩음병(Blossom-end rot) 발생억제에 대하여서도 상당히 기여할 것으로 생각된다.

#### 4. 요약

본 실험은 칼슘과 질소의 증가에 따른 파프리카의 생육과 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과를 검증하고자 수행하였다. 파프리카는 Cupra와 Boogie 두 품종이, 잿빛곰팡이균은 SSR, SRR, RSS, RRS, RSR의 표현형을 가진 다섯 균주가 사용되었다. 파프리카 묘는 2008년 3월 락울 (가로 10 × 세로 10cm)에 이식하였으며, 다음과 같은 칼슘과 질소  $Ca^{2+}/NO_3^-$  (mg.L<sup>-1</sup>): 4.5/16.75; 6.5/20.75; 8.5/24.75; 10.5/28.75, 12.5/32.75(mg.L<sup>-1</sup>)로 관주 되었으며 1회 관주량은 묘당 100mL로 관주되었다. 이식 후 6주동안 생육조사 (초장, 줄기두께, 경도 등)실시하였다. 잿빛곰팡이에 대한 실험은 3개월 된 건강한 단고추 줄기를 7cm로 자른 후 다섯 가지 잿빛곰팡이 표현형 중 SSR로 접종을 하였으며 칼슘과 질소의 농도가 틀린 (양액재배 조성과 같은) PDA배지에 5가지 표현형의 잿빛곰팡이의 균주를 접종하였다. 칼슘분석은 원소흡수분광기 (AAS)로 분석을 하였으며 질소분석은 모든 샘플을 1,000도씨에서 연소를 시킨 후 열전도 측정기 (TCD)와 가스 크래마토그래피가 설치되어 있는 원소분석기(EA)로 분석을 하였다. 칼슘과 질소의 분포는 Fura 2-AM로 분석을 하였다. 시험결과 이식 6주 후, Cupra와 Boogie 품종의 줄기두께는 칼슘과 질소양액 8.5/24.75(mg.L<sup>-1</sup>)에서 각각 7.27mm, 7.65mm로 가장 좋았으며 초장은 각각 20.28cm와 18.58cm로 좋았다. 질소와 칼슘의 증가에 따른 파프리카 품종별 수확량을 보면, Cupra, Romeca, Boogie 품종 모두 대조구에 비해 평균 수량과 과중이 증가한 것으로 나타났다(데이터 미제시). 대체적으로 처리농도가 높을수록 수량성 높게 나타났지만 경제성 분석이 필요하며 칼슘처리 농도가 높은 처리구에서는 배꼽썩음병 발생율이 낮게 나타나 칼슘이 온이 관여하는 것으로 사료되며 특히, 육묘시 고칼슘 처리를 통한 여름철 고온기 배꼽썩음병의 발생을 억제시킬수 있는 기술에 응용하고자 한다. 칼슘과 질소의 증가에 따른 잿빛곰팡이병 줄기접종실험에서는 잿빛곰팡이에 대한 방제효과는 좋았으나 증가된 칼슘과 질소의 농도가 포함된 PDA배지에서는 예상과는 달리 잿빛곰팡이의 생육이 증가하였다. 칼슘, 질소분석결과는 줄기와 뿌리에서보다 잎에서 함량이 많았으며 칼슘의 분포위치는 줄기 가장자리와 형성층주위의 세포벽에서 분포가 많았으며 잎에서도 역시 형성층 주위의 세포벽, 특히 미세소관에 많이 분포되어 있는 것으로 관찰되었다. 반면에 질소분포는 줄기에 전체적으로 골고루 분포되어 있는 것으로 나타났다. 비록 두 품종의 착색단고추에서 조금의 차이는 있었지만, 칼슘과 질소의 증가 처리에서 전체적인 칼슘과 질소의 양도 어느정도 증가되는 것으로 나타났다. 결과적으로 칼슘과 질소의 증가는 착색단고추의 생육과 잿빛곰팡이병의 방제에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

## 제 12 절 파프리카 재배시 발생하는 잣빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향

### 1. 서 언

*Botrytis cinerea*에 의한 잣빛곰팡이병은 기주범위가 대단히 넓고 채소, 과수, 화훼 등 여러 작물에 발생하는 중요한 병으로 세계적으로 분포하며 작물생산에 심각한 피해를 가져온다. 증상으로서는 과실, 잎, 꽃에 발생하여 과실에서는 주로 꽃잎에 붙어 있는 배꼽 부위에서 발생하고 진전되어 상위부분으로 확대된다. 오래된 병 반상에 잣빛곰팡이가 발생하고 어린 병과는 말라 떨어지고 성숙과는 물러 썩는다. 잎에는 처음 꽃잎이 떨어져 붙어 있거나 잎 가장자리부터 발생하는데 처음에는 수침상의 병반이 형성되고 진전되면 갈색 내지 회갈색의 대형 병반으로 변한다. 심하면 잎 전체가 회갈색으로 변하여 말라 죽는다. 낙과된 열매의 병반에는 균핵이 형성되는 것을 볼 수 있다. 이병은 온실내의 높은 습도와 발병에 적당한 온도로 인하여 발생하며 우리나라에선 겨울기간중의 시설채소 및 원예단지에서 많이 발생하여 많은 피해를 준다. 이병의 방제대책으로 시설내의 온도와 습도 관리를 잘 조절해 주고 병을 발견 즉시 제거하여 소각 또는 매몰해야 하며 식물체가 너무 도장하지 않도록 투광에 유의해야 한다. 또 병원균은 포자형성량이 매우 높아 한번 번지면 방제하기 어려우므로 발생초기의 집중방제가 중요하다. 화학적 방제는 주로 benzimidazole계, dicarboximide계 및 *N*-phenylcarbamate계 살균제와 같은 유기합성 살균제의 살포에 의존하고 있다. 그러나 전 세계적으로 이들 약제에 대한 저항성균의 출현으로 잣빛곰팡이병 방제 약제로서 효력이 저하되었다. 그리하여 잣빛곰팡이병 방제에 좋은 효과를 보이던 살균제들이 저항성균 발생으로 효과적으로 사용할 수 없게 되므로 새로운 작용메커니즘을 가지는 약제의 개발이 절실히 요구되고 있다. 새로운 잣빛곰팡이 방제약제 개발을 하는데 있어 약효검정을 위하여 적절한 검정방법의 선택이 필요하다. 또 이미 개발된 약제의 포장에서의 효력을 monitoring 하고 저항성균의 출현을 조사할 수 있는 적절한 검정 방법의 선택의 포장 내에 병원균의 약제 반응을 조사하여 적절한 검정 방법의 선택의 포장 내에 병원균의 약제 반응을 조사하여 적절한 방제수단을 강구하는 데 필수적이라 할 수 있다. 살균제의 효과를 검정하고 살균제 저항성균의 출현을 조사하는 방법은 경제성이 있고, 그 결과가 포장에서의 방제효과와 높은 상관관계를 가져야 한다(최 등, 1999; 김 등, 1989; M. and Mikite, 1992; Rathmell, W. G, 1984; Vakalounakis, D. J. 1991; Tanm Kiso, 1991; Tezuka와 Kiso, 1976). 검정 방법으로 균사생육 저지법, 포자발아 실험법과 같은 *in vitro*검정법과 식물체의 일부분을 이용하거나 유묘를 이용하는 *in vivo*검정법 등이 널리 이용되어 왔다. *In vitro*검정 방법은 약제에 따라서는 전혀 약효를 검정할 수 없는 경우도 있으므로 전적으로 포자발아 억제 실험

이나 균사생육저지법과 같은 실험 방법에 의존할 수 없다 (최 등, 1999; 김 등, 1989; Pontzen, R, 1989; Rathmell, W. G, 1984). *In vivo*검정 방법으로 Tezuka와 Kiso(1976)는 오이열매를 이용하여 잣빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*), 균핵병균(*Sclerotinia sclerotium*), 흰비단병균(*Corticium rolfsii*) 및 모잘록병균(*Rhizoctonia solani*)과 같은 다범성 병원균에 대한 약제효과를 비교적 간단하게 검정을 할 수 있었으며, Tanaka와 Kiso(1991)는 살균제의 예방효과와 치료효과를 동시에 신속하게 검정하는 오이자엽 paper disk법을 개발하였으며, Shiba 등(1981)과 Shiba와 Todoriki(1981)는 화훼온실에서 procymidone에감수성 및 저항성균에 대한 약효를 조사하는 방법으로 강낭콩 잎을 이용하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 파프리카에서 분리한 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)의 살균제 저항성

#### (1) 병원균 분리

2006~2007년 강릉시 지변동과 옥계, 정선군 임계, 평창군 진부 등지의 원예작물 시설 재배단지에서 파프리카에서 병든 식물을 채집하여 2-3일간 습실 처리 후 streptopycin 100 $\mu$ g/ml 이 들어있는 감자한천배지(PDA. Potato dextrose agar) plate에 바로 치상했다. 병반으로부터 자라 나온 균사의 끝부분을 떼어 내어 새로운 감자한천(PDA)배지에 옮겨 배양하고 분리된 균 중 *B. cinerea*로 동정된 균만을 실험에 사용하였다.

#### (2) 공시약제

본 실험에 사용한 약제는 잣빛곰팡이병 방제약제로 사용되고 있는 Benzimidazole계 살균제는 carbendazim(Tech.)을 사용하였고, dicarboximide계 살균제는 procymidone(Tech.)을 사용하였으며, *N*-phenylcarbamate계 살균제는 diethofencarb(Tech.)를 각각 사용하였다. 수화제는 바로 배지에 첨가하여 사용하였으나, 원제는 약제를 acetone에 완전히 녹인 후 배지에 일정량을 첨가하였는데 이 때 acetone의 최종농도는 1% 미만으로 사용하였다.

#### (3) 약제저항성 및 약제 반응형 조사

약제 저항성 검정은 분리된 병원균을 각 계열의 대표적인 살균제인 carbendazim, procymidone, diethofencarb가 10 $\mu$ g/ml 들어있는 PDA에 접종하여 20 $^{\circ}$ C 배양기에서 5일간 배양 후 생육한 균주는 저항성(Resistant) 균주로, 생육하지 못한 균주는 감수성(Sensitive)로 간주하였다.



나. 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)방제 살균제의 약효 및 저항성 연구를 위한 검정방법

(1) 공시균주

영동지방에서 채집한 파프리카의 병든 식물로부터 분리한 균주 중 15개 균주를 공시하였다. 공시균주의 기주식물과 채집지역은 다음과 같다

(2) 공시약제

본 실험에 사용한 약제는 잣빛곰팡이병 방제약제로 사용되고 있는 benzimidazole계 carbendazim(50%수화제), dicarboximide계 procymidone(50%수화제), N-phenylcarbamate계 diethofencarb(99%원제)를 공시하였고, 공시 한 살균제의 도입년도, 살균 스펙트럼 및 작용 메커니즘은 다음과 같다(Table 12-1)

Table 12-1. Selected lists of fungicides used in this study

Common name	IUPAC name	Mode of action
Sulfur	sulfur	Non-systemic fungicide with protective action.
Pyrimethanil	N-(4,6-dimethylpyrimidin-2-yl)aniline	Protective and curative action
Chlorothalonil	tetrachloroisophthalonitrile	Non-systemic foliar fungicide with protective action
Fludioxonil	4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)pyrrole-3-carbonitrile	Non-systemic product with long residual activity
Polyoxins	5-(2-amino-5-O-carbamoyl-2-dioxy-L-xylonamido)-1,5-dideoxy-1-(1,2,3,4-tetra=hydro-5-hydroxymethyl-2,4-dioxypyrimidin-1-yl)-β-D-allofuranuronic acid	Systemic fungicide with protective action.
Tebuconazole	(RS)-1-ρ-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol	Systemic fungicide with protective, curative,
Tolyfluanid	N-dichlorofluoromethylthio-N'-N'-dimethyl-N-ρ-tolylsulfamide	Protective action and additional acaricidal effects.
Triflumizole	(E)-4-chloro-α,α,α-trifluoro-N-(1-imidazol-1-yl-2-propoxyethylidone)-o-toluidine	Systemic fungicide with protective curative action
Iprodione	3-(3,5-dichlorophenyl)-N-isopropyl-2,4-dioximidazolidine-1-carboxamide	Protective and curative action
Thiophanate-methyl	dimethyl 4,4'-(o-phenylene)bis(3-thioallophanate)	Systemic fungicide with protective and curative action
Fenhexamid	N-(2,3-dichloro-4-hydroxyphenyl)-1-methylcyclohexanecarboxamide	Foliar fungicide with protectant action
Dichlofluanid	N-dichlorofluoromethylthio-N,N'-dimethyl-N-phenylsulfamide	Fungicide with protective action.
Fluazinam	3-chloro-N-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)-α,α,α-trifluoro-2,6-difluoro-2,6-dinitro-4-p-toluidine	Fungicide with protective action
Diethofencarb	isopropyl 3,4-diethoecarbanilate	Protective and curative action
Carbendazim	methyl benzimidazol-2-ylcarbamate	Protective and curative action.

### 3. 실험결과

가. 파프리카에서 분리한 잿빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)의 살균제 저항성

#### (1) 약제 저항성 조사

2006~2007년 영동지역의 파프리카 시설재배 농가에서 분리한 *B. cinerea* 균주는 강릉시 지변동과 옥계에서 분리한 72균주, 정선군 임계에서 분리한 95균주, 평창군 진부에서 분리한 299균주를 분리하여 총 466균주였다.

#### (2) 약제 반응형 조사

benzimidazole계, dicarboximide계, *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 분리된 잿빛곰팡이균의 약제 반응형은 차례대로 약제에 대한 저항성일 경우를 R로 감수성일 경우는 S로 표시할 때 5가지 표현형(SSR, SRR, RSS, RRS, RSR)로 구분 할 수 있었다.

영동지방 시설재배지에서 분리된 466균주중에서 반응형이 SSR는 466균주중 239균주(51.3%)로 높은 빈도를 나타냈으며, RSS, RRS, RSR, SRR형은 각각 166(35.6), 38(8.1), 12(2.6), 11(2.4)균주로 나타났다.(Table. 12-2) 세약제의 모두 감수성인 균주 SSS형과 모두 저항성인 균주 RRR형, 그리고 dicarboximide계 살균제에만 저항성인 균주 SRS형은 본 실험에서 발견되지 않았다.

Table 12-2. Response of five phenotypes of *Botrytis cinerea* populations to carbendazim, procymidone and diethofencarb.

Phenotype	Carbendazim	Procymidone	Diethofencarb	No. of isolates tested
SSR	Sensitive	Sensitive	Resistant	239(51.3) <sup>a</sup>
SRR	Sensitive	Resistant	Resistant	11(2.4)
RSS	Resistant	Sensitive	Sensitive	166(35.6)
RRS	Resistant	Resistant	Sensitive	38(8.1)
RSR	Resistant	Sensitive	Resistant	12(2.6)
RRR	Resistant	Resistant	Resistant	0(0.0)
Total				466(100)

<sup>a</sup> Percentage of resistant isolates in parentheses.

Table 12–3. Responses of *Botrytis cinerea* isolates from various locations to several fungicides.

Year	Location	No. of isolates tested	No. of resistant isolates <sup>b</sup>		
			Cab	Pro	DEF
2006	Gangneoungshi				
	Gangneoung	36	3(8.3) <sup>b</sup>	0	32(88.9)
	Okgye	22	12(57.1)	2(9.5)	11(52.4)
	Jungsunggun				
	Imgye	53	20(37.7)	6(11.3)	30(56.6)
	Pyongchanggun jinbu	243	108(44.4)	37(15.2)	132(54.3)
	Subtotal	354	143(40.5)	45(12.7)	205(58.0)
2007	Gangneoungshi				
	Gangneoung	14	1(7.1)	1(7.1)	13(92.9)
	Jungsunggun				
	Imgye	42	36(85.7)	3(7.1)	7(16.7)
	Pyongchanggun jinbu	56	25(44.6)	0	37(66.1)
	Subtotal	112	62(55.4)	2(3.6)	43(50.9)
	Total	466	205(44.0)	47(10.1)	254(54.5)

<sup>b</sup> Resistance to benzimidazole, procymidone and *N*-phenylcarbamate was examined on PDA media incorporated with 10 $\mu$ g/ml of each fungicide.

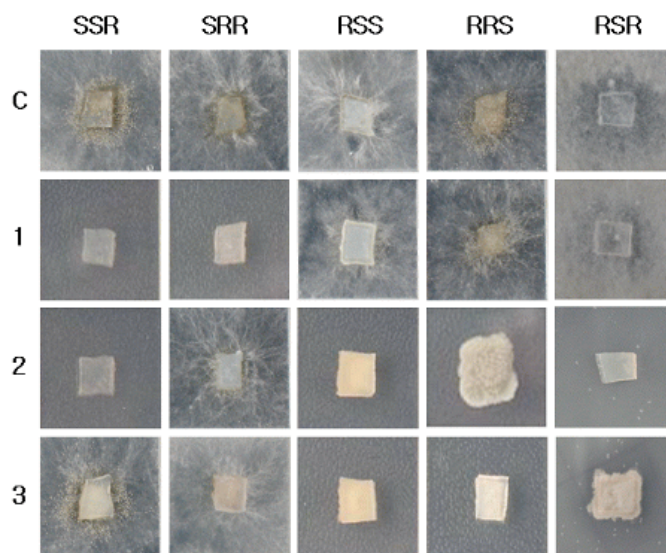


Fig. 12–1. Five phenotypes of gray mold to response on three different action mechanism fungicides.

C: control, 1: benzimidazole, 2: dicarboximide,

3 : *N*-phenylcarbamate fungicide.

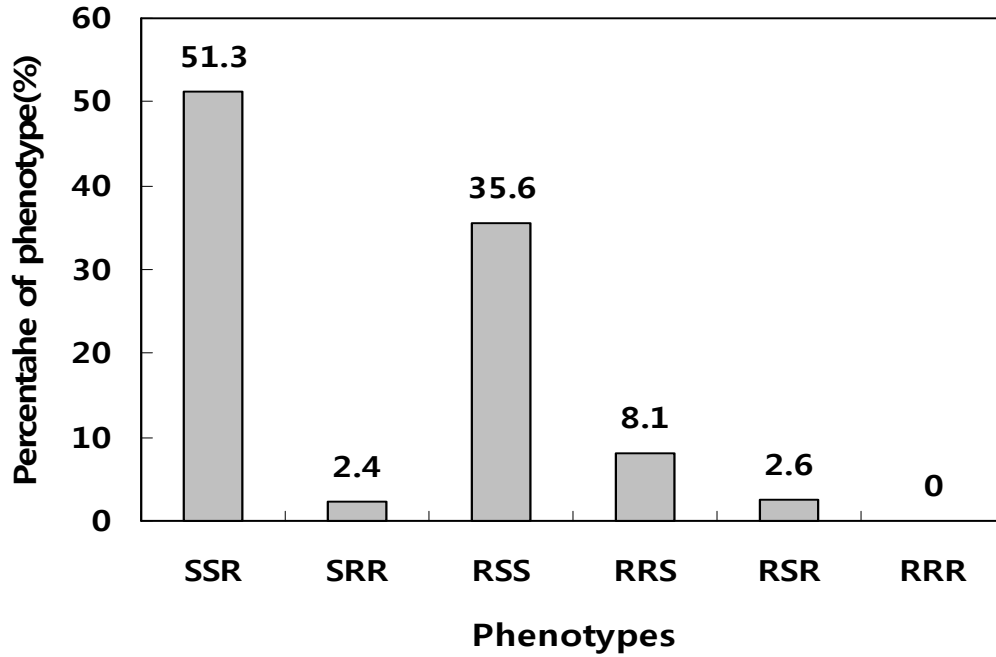


Fig. 12-2. Relative frequency of phenotype groups of *Botrytis cinerea* isolates from paprika in Korea examined by their resistance responses to benzimidazole, dicarboximide and *N*-phenylcarbamate fungicides in 2006-2007.

### (3) 잿빛곰팡이 균사와 포자를 이용한 20가지 살균제 Screening

잿빛곰팡이 균사를 이용한 20개 살균제 Screening(과실, 줄기, 잎)결과는 6번 약제인 Diethofencarb+Carbendazim 조성이 가장 우수하였으며, 줄기인 경우는 1번, 2번 7번, 8번, 13번 14번, 15번 16번, 19번약제도 효과가 있었다. 잿빛곰팡이 포자를 이용한 실험에서는 6번, 7번, 12번, 13번, 16번 약제가 파프리카 과실 및 잎에서 상당히 효과가 있었다. 잿빛곰팡이병 Assay 분석방법은 포자를 이용한 것보다는 균사를 이용한 실험이 좀 더 효율적이었다. 포자인 경우는 포자농도를 희석하여 접종을 하였는데, 전착제등 보조제를 사용하지 않을시 과실, 잎 등에 부착이 되지 않은 단점이 있었다.

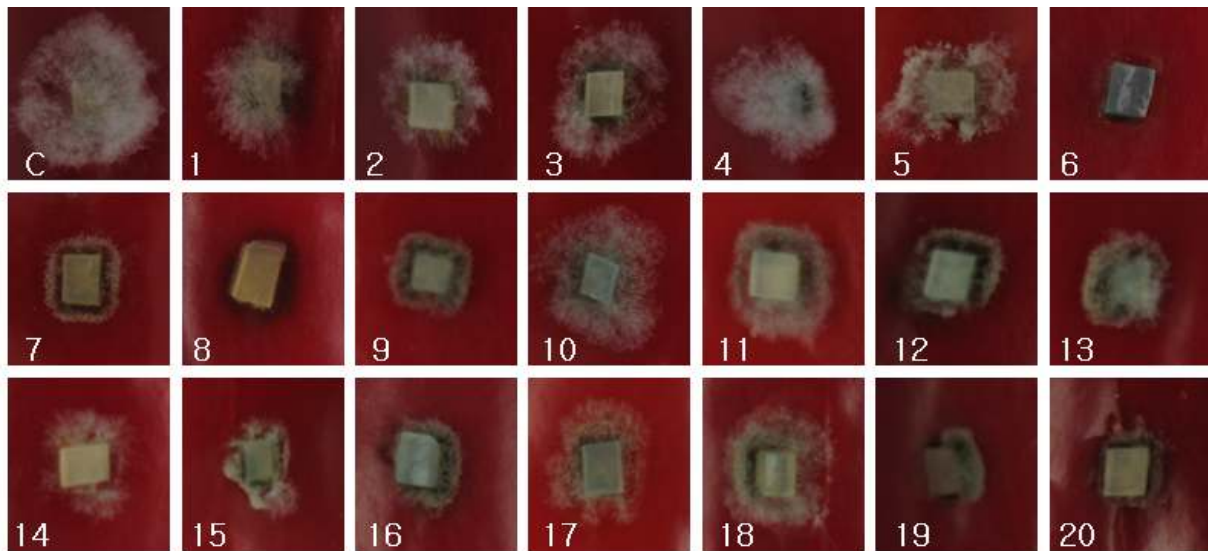


Fig 12-3. Assay of fungicidal effects on paprika fruits (Inoculated mycelia of *Botrytis cinerea*)

C: Control, 1: Iprodione +Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.

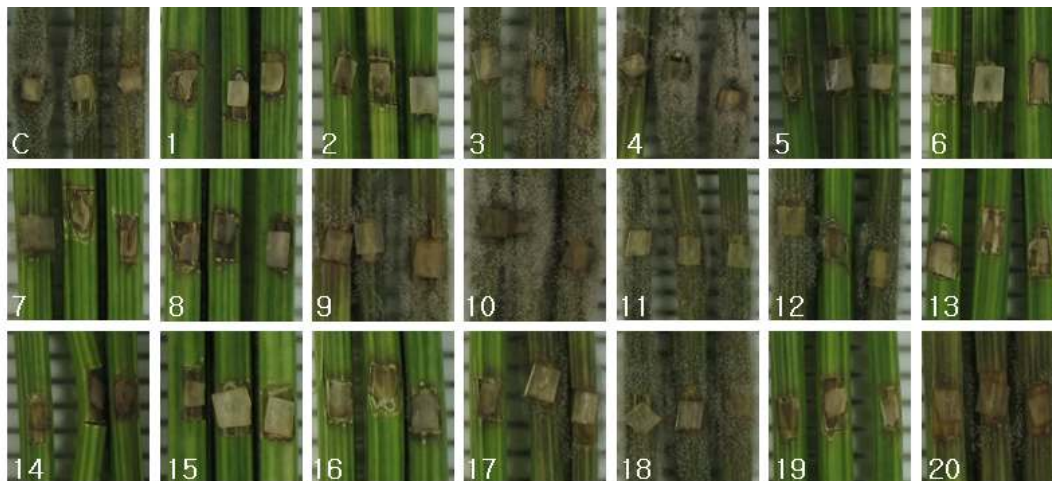


Fig 12-4. Assay of fungicidal effects on paprika stems (Inoculated mycelia of *B. cinerea*)

C: Control, 1: Iprodione+Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.



Fig 12-5. Assay of fungicidal effects on paprika leaves(Inoculated mycelia of *B. cinerea*)

C: Control, 1: Iprodione +Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.

Table 12-4. Assay of fungicidal effects on paprika stems (Inoculated mycelia of *B. cinerea*)

Sorts of fungicide	Inoculated parts of paprika					
	stems		fruits		leaves	
	3day	5day	3day	5day	3day	5day
1	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	8.8 <sup>ef</sup>	23.3 <sup>bcd</sup>	0 <sup>d</sup>	5.0 <sup>def</sup>
2	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	11.1 <sup>def</sup>	19.5 <sup>cdefg</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>f</sup>
3	9.3 <sup>bc</sup>	29.8 <sup>abc</sup>	13.7 <sup>bcd</sup>	27.1 <sup>b</sup>	3.0 <sup>cd</sup>	6.1 <sup>de</sup>
4	10.3 <sup>bc</sup>	30.1 <sup>abc</sup>	11.6 <sup>cde</sup>	20.0 <sup>cdef</sup>	5.5 <sup>bc</sup>	10.2 <sup>bcd</sup>
5	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	12.1 <sup>bcde</sup>	22.1 <sup>cde</sup>	0 <sup>d</sup>	1.0 <sup>ef</sup>
6	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>i</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>f</sup>
7	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	7.2 <sup>f</sup>	14.3 <sup>h</sup>	3.8 <sup>cd</sup>	6.2 <sup>de</sup>
8	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	14.9 <sup>gh</sup>	3.2 <sup>cd</sup>	8.8 <sup>bcd</sup>
9	9.8 <sup>bc</sup>	29.9 <sup>abc</sup>	7.4 <sup>f</sup>	16.0 <sup>fgh</sup>	1.5 <sup>cd</sup>	5.9 <sup>de</sup>
10	13.4 <sup>ab</sup>	33.1 <sup>ab</sup>	15.8 <sup>b</sup>	23.4 <sup>bcd</sup>	10.0 <sup>a</sup>	13.0 <sup>ab</sup>
11	13.7 <sup>ab</sup>	33.8 <sup>ab</sup>	9.9 <sup>def</sup>	17.3 <sup>efgh</sup>	12.5 <sup>a</sup>	17.1 <sup>a</sup>
12	7.3 <sup>c</sup>	20.7 <sup>c</sup>	9.8 <sup>def</sup>	19.1 <sup>defgh</sup>	10.6 <sup>a</sup>	13.1 <sup>ab</sup>
13	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	12.1 <sup>bcde</sup>	24.4 <sup>bc</sup>	0 <sup>d</sup>	5.4 <sup>de</sup>
14	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	11.5 <sup>cde</sup>	20.1 <sup>cdef</sup>	9.3 <sup>ab</sup>	12.7 <sup>abc</sup>
15	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	8.7 <sup>ef</sup>	17.9 <sup>efgh</sup>	0 <sup>d</sup>	5.2 <sup>def</sup>
16	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	10.0 <sup>def</sup>	17.5 <sup>efgh</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>f</sup>
17	6.6 <sup>c</sup>	20.8 <sup>c</sup>	11.0 <sup>def</sup>	22.1 <sup>cde</sup>	8.4 <sup>ab</sup>	9.8 <sup>bcd</sup>
18	14.0 <sup>ab</sup>	34.1 <sup>ab</sup>	15.3 <sup>bc</sup>	24.0 <sup>bcd</sup>	8.0 <sup>ab</sup>	10.4 <sup>bcd</sup>
19	0 <sup>d</sup>	0 <sup>d</sup>	10.4 <sup>def</sup>	14.1 <sup>h</sup>	2.6 <sup>cd</sup>	7.4 <sup>cd</sup>
20	7.8 <sup>c</sup>	26.3 <sup>bc</sup>	9.4 <sup>ef</sup>	14.2 <sup>h</sup>	0 <sup>d</sup>	6.0 <sup>de</sup>
Control	18.2 <sup>a</sup>	38.2 <sup>a</sup>	23.1 <sup>a</sup>	34.5 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	13.9 <sup>ab</sup>

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

1: Iprodione +Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.



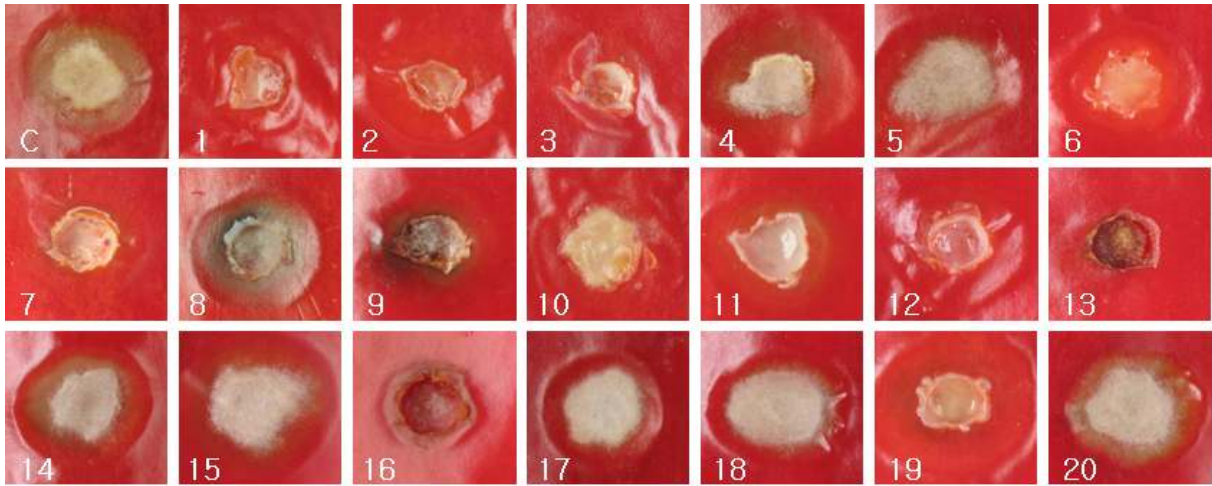


Fig 12-6. Assay of twenty fungicidal effects on paprika fruits(Inoculated spore of *B. cinerea*)

C: Control, 1: Iprodione+Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.

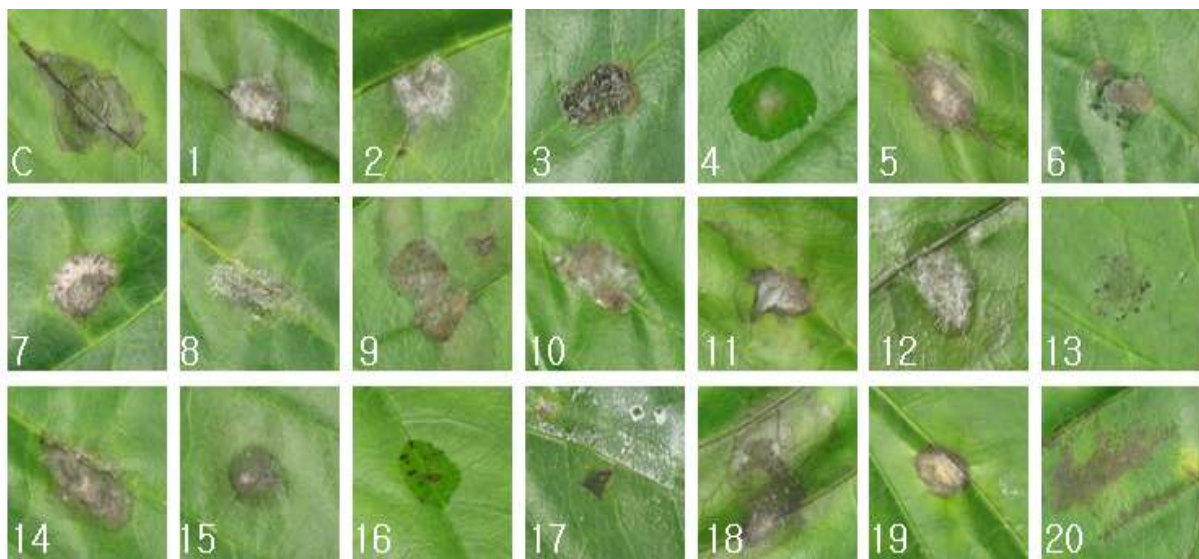


Fig 12-7. Assay of twenty fungicidal effects on paprika leaves(Inoculated spores of *B. cinerea*)

C: Control, 1: Iprodione+Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.

Table 12-5. Assay of fungicidal effects on paprika (Inoculated spores of *Botrytis cinerea*)

Sorts of fungicide	Inoculated parts of paprika							
	fruits				leaves			
	3day	5day	7day	9day	3day	5day	7day	9day
1	0 <sup>dz</sup>	0.7 <sup>fg</sup>	1.0 <sup>ef</sup>	1.7 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.7 <sup>bc</sup>	6.0 <sup>abc</sup>	9.0 <sup>abcde</sup>
2	0 <sup>d</sup>	0.7 <sup>fg</sup>	1.3 <sup>ef</sup>	2.0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	5.0 <sup>abcd</sup>	8.3 <sup>abcdef</sup>
3	0 <sup>d</sup>	0.7 <sup>fg</sup>	1.3 <sup>ef</sup>	2.3 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	2.7 <sup>bcde</sup>	4.3 <sup>cdefg</sup>
4	1.3 <sup>bc</sup>	4.0 <sup>cde</sup>	7.8 <sup>d</sup>	11.3 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>e</sup>	2.0 <sup>efg</sup>
5	3.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>bc</sup>	11.0 <sup>bc</sup>	15.5 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0.7 <sup>cd</sup>	2.3 <sup>cde</sup>	4.3 <sup>cdefg</sup>
6	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.7 <sup>cde</sup>	2.7 <sup>defg</sup>
7	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.3 <sup>de</sup>	3.5 <sup>cdefg</sup>
8	0 <sup>d</sup>	1.0 <sup>fg</sup>	10.0 <sup>cd</sup>	14.8 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.8 <sup>cde</sup>	4.7 <sup>bcdefg</sup>
9	0 <sup>d</sup>	1.3 <sup>fg</sup>	2.7 <sup>ef</sup>	4.0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	5.5 <sup>abcd</sup>	7.8 <sup>abcdef</sup>
10	0 <sup>d</sup>	2.7 <sup>def</sup>	7.3 <sup>d</sup>	11.2 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.7 <sup>cde</sup>	4.0 <sup>cdefg</sup>
11	0.7 <sup>cd</sup>	2.0 <sup>efg</sup>	3.3 <sup>e</sup>	4.7 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	5.0 <sup>abcd</sup>	9.8 <sup>abc</sup>
12	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	1.3 <sup>bcd</sup>	4.1 <sup>bcde</sup>	9.3 <sup>abcd</sup>
13	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.33 <sup>de</sup>	2.7 <sup>defg</sup>
14	2.0 <sup>b</sup>	4.7 <sup>bcd</sup>	11.5 <sup>bc</sup>	13.0 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	1.2 <sup>bcd</sup>	4.0 <sup>bcde</sup>	8.0 <sup>abcdef</sup>
15	3.7 <sup>a</sup>	4.7 <sup>bcd</sup>	12.3 <sup>bc</sup>	16.8 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	2.5 <sup>bcde</sup>	3.5 <sup>cdefg</sup>
16	0 <sup>d</sup>	0 <sup>g</sup>	0 <sup>f</sup>	0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>g</sup>
17	1.3 <sup>bc</sup>	2.7 <sup>def</sup>	13.2 <sup>ab</sup>	16.8 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.0 <sup>de</sup>	1.7 <sup>gf</sup>
18	3.7 <sup>a</sup>	5.0 <sup>bc</sup>	12.8 <sup>abc</sup>	15.3 <sup>ab</sup>	0 <sup>a</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	6.8 <sup>ab</sup>	11.3 <sup>ab</sup>
19	0 <sup>d</sup>	0.7 <sup>fg</sup>	2.7 <sup>ef</sup>	4.0 <sup>c</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>d</sup>	1.3 <sup>de</sup>	2.3 <sup>defg</sup>
20	4.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>ab</sup>	15.5 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	2.0 <sup>bc</sup>	5.2 <sup>abcd</sup>	7.5 <sup>abcdef</sup>
Control	4.3 <sup>a</sup>	8.3 <sup>a</sup>	13.6 <sup>ab</sup>	17.0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	9.26 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>

<sup>z</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

1: Iprodione+Thiophanate-methyl, 2: Iprodione, 3: Fenhexamid, 4: Dichlofluanid, 5: Fluazinam, 6: Diethofencarb+Carbendazim, 7: Boscalid, 8: BASF-630, 9: Fenhexamid(W.P), 10: Thiophanate-methyl+Sulfur, 11: Pyrimethanil, 12: Pyrimethanil+Chlorothalonil, 13: Fludioxonil, 14: Polyoxin-B, 15: Fluazinam(1), 16: Tebuconazole+Tolyfluanid, 17: Thiophanate-methyl+Friflumizole, 18: Thiophanate-methyl, 19: Procymidone, 20: Triflumizole.

#### 4. 요약

2006년 강원도에서의 잣빛곰팡이병 발병률은 평창군에서 15%, 정성군에서 81.4%, 강릉시에서 3.3%로 나타났다. 2007년도에는 잣빛곰팡이병 발병률은 평창군에서 18%, 정성군에서 8.0%, 강릉시에서 3.0%로 관찰되었다. 파프리카 재배시 잣빛곰팡이병 발병률인 높은 시기인 8월에서 11월사이에 강원도내 파프리카 유리온실 및 비닐하우스에서 466개체의 잣빛곰팡이병균 샘플을 채취하였다. 이 개체들은 benzimidazole, dicarboximide, *N*-phenylcarbamate 살균제의 순서에 따라 저항성일때를 (R) 민감성일때를 (S)로 표시되어서 SSR, SRR, RSS, RRS, RSR 의 5가지의 표현형으로 분리되었으며 각각의 표현형의 발병률은 51.3%, 2.4%, 35.6%, 8.1%, 2.6%로 나타났다. 이들 표현형 중에서 단순 저항성 SSR이 51.3%로 가장 흔한 개체로 나타났다. 20개의 잣빛곰팡이병 방제 살균제를 파프리카 과실에 처리한 후 잣빛곰팡이병 균주를 접종한후 3, 6일 동안 관찰한 결과 혼합제 살균제인 diethofencarb + carbendazim 처리시에 잣빛곰팡이의 방제가가 가장 좋았으며 그다음으로는 iprodione, boscalid, 혼합 살균제 iprodione+thiophanate-methyl, fludioxonil, polyoxin-B, fluazinam, 혼합 살균제 tebuconazole+tolyfluanid, procymidone로 나타났다. 반면에 잣빛곰팡이병 포자를 이용한 분석 방법에서도 혼합살균제인 tebuconazole +tolyfluanid에서 잣빛곰팡이병 방제가 가장 좋았으며 그다음으로 boscalid, fludioxonil, 혼합살균제 diethofencarb+carbendazim, 혼합살균제 pyrimethanil +chlorothalonil로 나타났다.

### 제 13 절 파프리카에서 발생하는 잣빛곰팡이병에 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과

#### 1. 서 언

일반적으로 *Botrytis cinerea*에 의해 야기되는 잣빛곰팡이병은 파프리카의 과실, 줄기, 화탁 등에 갈색병징을 유발하며 파프리카 생산에 치명적이다 (Guillem Segarra, 2007). 잣빛곰팡이병은 세계적으로 하우스내에서 식물체에 발생하는 심각한 병중 하나이며 (Elad et al. 1998) 종종 프로필라틱게 살균제의 사용으로 방제가 되고 있으며 일부 하우스 내에서는 어느 정도 제어가 되는 것으로 알려져 있다 (Raposo et al., 1996). 잣빛곰팡이병이 방제를 위하여 iprodione계, benzimidazoles계, dicarboximide계, diethofencarb와 carbendazim의 혼합 살균제도 종종 사용이 되고 있으나 잣빛곰팡이병에 대한 저항성은 세계적으로 확산되고 있는 상황이다 (Elad, Yunis and Katan 1992). 아울러 반복적인 살균제 적용으로 인한 환경적인 걱정과 관심이 증가하고 있는 실정이어서 잣빛곰팡이 방제를 위한 (생물학적 방제등을 포함한) 대체적인 방지책이 필요

한 상황이다 (Zang et al., 2005; Mikani, et al., 2008). 최근 잣빛곰팡이병의 방제방법 중 하나로 무기원소를 이용한 보고가 있다. 잣빛곰팡이병과 같은 병징이 식물체를 감염시켰을때 식물 세포벽과 세포질을 점차적으로 파괴하는데 이때 곰팡이 조직내에서 세포조직을 파괴하는 효소가 발생하는 것으로 알려져 있다 (Charlotte Cabanne, and Bernard Donèche, 2002). 식물체에서 칼슘은 chelating 펙틱 물질에 의한 세포벽을 강화 (Chardonnet, et al., 1999) 시키고 곰팡이병의 식물체 감염시 식물체내 칼슘량을 축적함으로써 병에대한 저항성을 가지고 있는 것으로 알려져있다 (Chardonnet & Donèche, 1995; Chardonnet, et al., 1999). 식물병에 대한 생물학적 방제 효과를 높이기 위해서는 종종 영양성분 혹은 염기류 등을 첨가하는 경우도 있다 (Chiou, et al., 2003). 칼슘은 곰팡이병을 포함한 몇가지 병에 대하여 식물체내의 조직침입방지에 중요한 역할을 하고있는 것으로 이미 밝혀졌다 (Volpin and Elad, 1991; T. Sugimoto, et., 2005). 현재까지 연구에서는 질산칼슘을 이용한 실험이 곰팡이병에 대한 병징저항성에 대하여 효과가 있는 것으로 나타났다. 질산칼슘은 아울러 토마토의 흰가루병에도 효과(D. L. Ehret, personal communication)가 있는 것으로 나타났으며 Stanghellini et al. (1996)에 의하면 식물체에 발생하는 병을 방지하기위한 방법으로 양액에 질산칼슘을 첨가하여 양액을 조제한 방법도 병을 어느정도 방제를 하고있다고 한다. 하지만 아직까지, 칼슘제제와 칼슘제제를 이용한 양액을 이용한 식물병방지에 대하여서는 그다지 많은 연구가 되어있지않은 현실이다. 그러므로 칼슘제제를 이용한 식물체의 생육과 식물병방지에 대하여 좀 더 많은 연구가 필요한 실정이다.

## 2. 재료 및 방법

가. 7가지 칼슘제제가 포함된 PDA 배지내에서의 잣빛곰팡이병 방제효과 (in vitro).

칼슘제제의 PDA배지내에서의 잣빛곰팡이병 방제를 알아보기 위해 다음과 같이 7가지의 칼슘제제가 사용되었다; calcium sulfate dihydrate( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), calcium chloride, calcium nitrate( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), calcium oxide( $\text{CaO}$ ), calcium hydroxide, calcium carbonate and calcium hydride( $\text{CaH}_2$ ). PDA 배지내에서의 각각의 칼슘제제농도 (concentration:  $1\text{g } 300\text{ml}^{-1}$ )를 사용하였으며 5가지의 잣빛곰팡이병 표현형; SSR, SRR, RSS, RRS, RSR의 균사(mycelial)를 병원균으로 사용하였다. 각 칼슘제제처리에 의한 샘플반복은 3반복으로 행하였으며, 접종 후 3일, 6일에 잣빛곰팡이병 균사의 생육을 관찰하였다.

나 선택된 칼슘제제를 이용한 파프리카의 육묘에서의 잣빛곰팡이병 방제효과 조사.

7가지 칼슘제제가 포함된 PDA에서의 기내배양을 통한 잣빛곰팡이병 억제 실험을 통하여 선택된 칼슘제제가 포함된 PDA에서의 기내배양을 통한 잣빛곰팡이병 억제 실험을 통하여 선택

된 4가지 칼슘제제 ; calcium nitrate, calcium oxide, calcium hydroxide, calcium carbonate에 대한 파프리카 육묘에 대한 실험은 6주 동안 온실에서 육묘된 두 품종의 파프리카, Cupra, Boogie 품종을 사용하였다. 잣빛곰팡이의 포자가 접종되기 하루 전에 각각의 칼슘제제 농도 (concentration: 1g 300ml<sup>-1</sup>)가 처리별 육묘전체에 살포되었으며 대조구의 식물체에는 칼슘제제 대신 증류수를 식물체 전체에 살포했다. 칼슘제제 살포 24시간 후에 액체 PDA 배지에서 미리 배양된 잣빛곰팡이병 표현형 SSR의 포자를 두겹의 거즈를 사용하여 포자를 얻었으며 hemocytomete를 이용하여 포자의 농도를 계산하였다. 각 처리별 식물체에 최종농도( $12.5 \times 10^{-6}$  conidia ml<sup>-1</sup>)로 50 ml 씩 분무기를 사용하여 접종을 하였으며 접종 후 습도유지를 위하여 식물체위에 비닐봉투를 하나씩 씌워 두었다. 모든 실험은 5반복 하였고 접종 후 잣빛곰팡이병 발병이 될 때까지 매일 병 발생을 관찰하였다.

#### 다. 칼슘제제를 통한 파프리카 하우스내 잣빛곰팡이병 방제를 위한 양액 이유식개념 실험

앞선 칼슘제제 실험들을 통하여 선발된 4개의 칼슘제제를 파프리카 재배시 잣빛곰팡이병 발생이 주로 일어나는 늦여름에서 가을에 양액재배시스템(파프리카 하우스내에서의 실용재배 응용기초단계로 사용)에 연결하고자 본 실험을 하였다. 두 품종의 파프리카 품종(Cupra and Boogie) 종자는 (주) 아름농업연구소에서 구입하여 사용하였다. 2008년 2월 200구 트레이에 파종되어서 3월 16일에 양액시스템 시설이 설치된 강릉대학교 온실에 정식하였다. 배양액 조성은 파프리카 표준양액 조성표에 준하였으며 육묘시기의 양액공급량은 100ml 로 6주 동안 양액공급을 하였다. EC는 2.4(ms/cm), pH는 5.7-6.3정도를 유지하였다. 그 후의 생육시기에는 원예연구소 파프리카 재배법에 준하여 실시하였다. 잣빛곰팡이병 발생이 많은 시기인 9월말에서 10월 한 달간 선발된 4개의 칼슘제제를 희석하여 양액공급시 각각의 칼슘제를 첨가해 주었다. 잣빛곰팡이 포자채취 및 방법은 이전의 실험과 동일한 방법을 사용하였으며, 잣빛곰팡이병 접종시 접종 포자농도는  $1.09 \times 10^{-6}$  conidia ml<sup>-1</sup> 이며 2008년 10월 20일, 두 품종의 파프리카에 각각 처리구에 30개체씩에 접종을 하였다. 잣빛곰팡이병 발생 관찰은 접종 후 매일 확인하였으며 잎, 줄기, 과실, 꽃부분 등 식물체 전체를 관찰하였으며 발병율은 각 샘플 30개체에 대한 발병 식물체에 백분율로 표시하였다.

### 3. 실험결과

가. 7가지 칼슘제제가 포함된 PDA 배지내에서의 잣빛곰팡이병 방제효과 (*in vitro*).

7가지 칼슘제제가 포함된 PDA 배지 내에서의 잣빛곰팡이병 방제효과 결과는 그림 9와 같이 나타났다. 5가지 표현형의 잣빛곰팡이병에 대한 칼슘제제 억제는 아래 그림에서 보듯이 T4,

T5, T6, T6; Calcium carbonate, Calcium oxide, Calcium hydride, Calcium hydroxide로 이들 칼슘제제는 다른 칼슘제제; Calcium sulfate dihydrate, Calcium nitrate, Calcium chloride 보다는 잿빛곰팡이병 억제에 월등한 효과를 보였으나, 그 외 조성에서는 Control 인 PDA배지에서 보단 균사의 생장이 느렸지만 잿빛곰팡이균의 억제에는 그다지 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

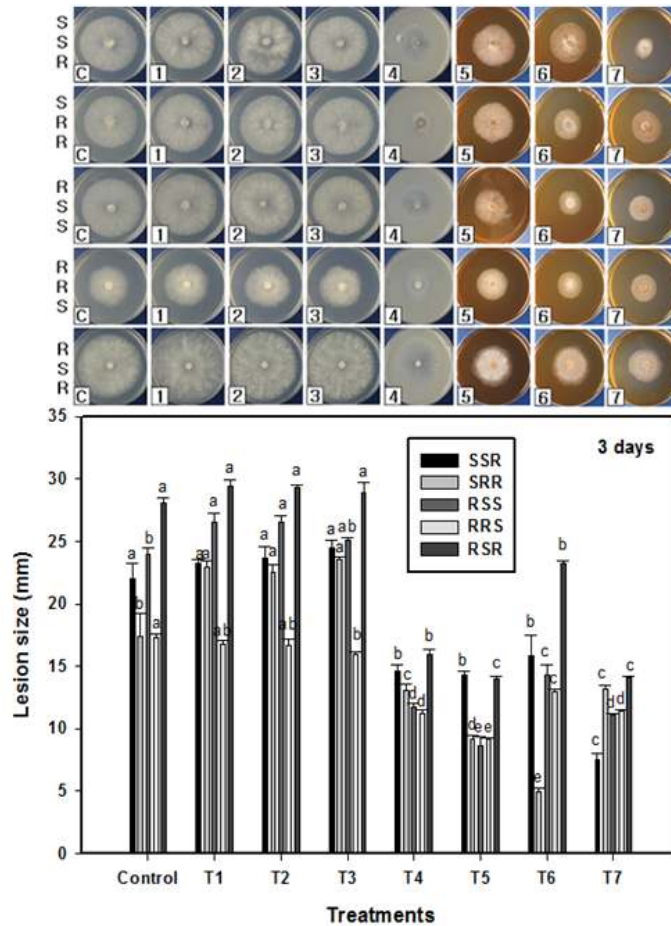


Fig. 13-1. Comparison of colony size (mm) treated with different calcium compounds to control *Botrytis cinerea* on PDA media (*in vitro*).  
(Inoculated in 3 days)

C: Control

1: Calcium sulfate dihydrate

2: Calcium nitrate      3: Calcium chloride

4: Calcium carbonate    5: Calcium oxide

6: Calcium hydride      7: Calcium hydroxide



나. 선택된 칼슘제제를 이용한 파프리카의 육묘에서의 잿빛곰팡이병 방제효과 조사.

선발된 4개의 칼슘제제를 이용한 파프리카 육묘에서의 잿빛곰팡이병 방제효과 결과는 그림 10과 같이 나타났다. 선택된 칼슘제제 처리에 대한 파프리카 육묘의 잿빛곰팡이병 발병율 (disease severity, %)은 잿빛곰팡이병 발병율이 전혀 없을때를 =0, 병발병율이 <10% =1, 병발병율이 10-30% =2, 병발병율이 30-60% =3, 병발병율이 <60% =4, 병발병율이 <80% =5로 표시를 하였다. 잿빛곰팡이병 포자접종 이틀 후 병발생의 결과를 보면 Cupra와 Boogie 품종 모두 calcium hydroxide와 calcium carbonate에서 다소 적었으며 시간이 갈수록 전체 식물체의 병발생의 진전은 더욱 빨랐다. 예상외로 병 발생이 이렇게 빨리 나타났던 이유는 아마도 잿빛곰팡이병 접종시 포자농도가 다소 높았고, 아울러 병발생 조건을 만들어 주기위해서 비닐주머니를 씌워 습도가 상당히 높아 식물체에서의 잿빛곰팡이병 발생을 더욱 촉진시켰기 때문일 것으로 생각된다.

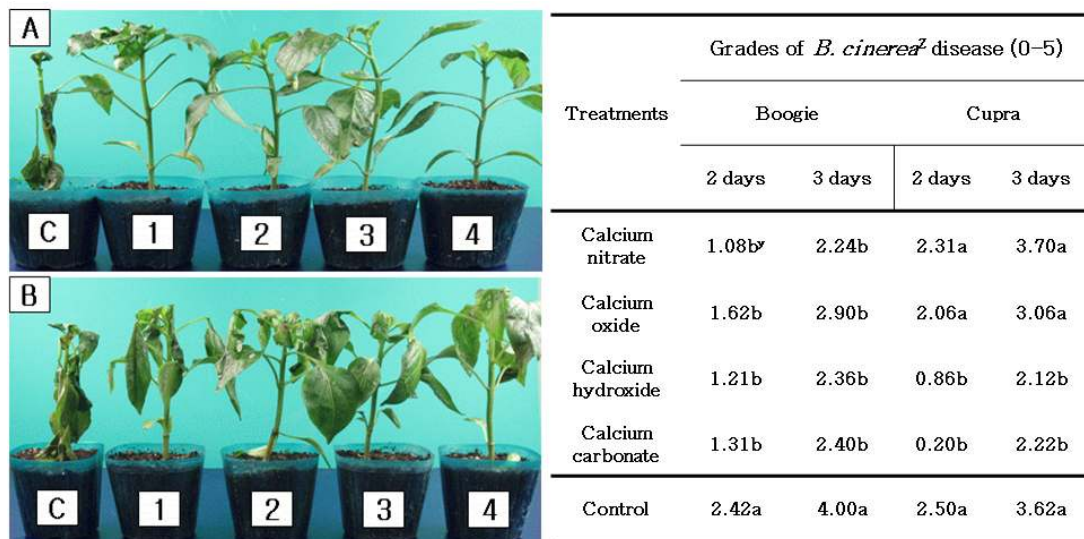


Fig. 13-2.. Effects of calcium compounds treatments on disease development of sweet pepper plantings. A: Boogie B: Cupra

C and Control: Applied with distilled water

1, T1: Calcium nitrate      2, T2: Calcium oxide

3, T3: Calcium hydroxide      4, T4: Calcium carbonate

<sup>2</sup>Disease severity: 0= no, 1=disease occurred <10%, 2=disease occurred 10-30%, 3=disease occurred 30-60%, 4=disease occurred <60%, 5=disease occurred <80%.

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

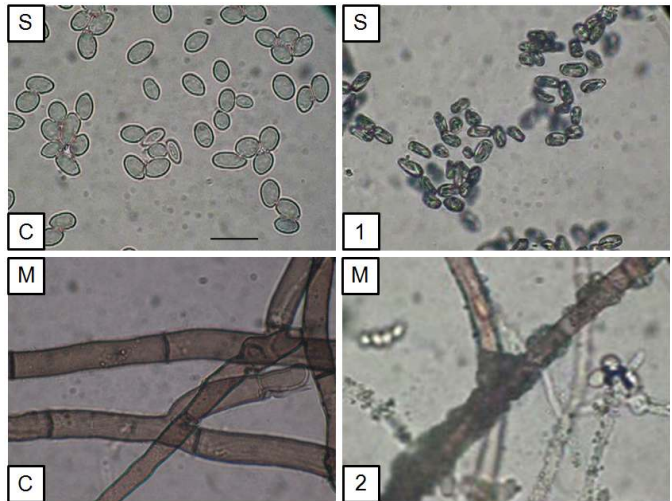


Fig. 13–3. Comparison of spores and mycelia of *B. cinerea* treated with calcium compounds. Bar size = 4µm.

- S: Spores of *B. cinerea* (phenotype of RSR)
- M: Mycelia of *B. cinerea* (phenotype of SSR)
- C: Control
- 1: Calcium carbonate. 2: Calcium hydroxide

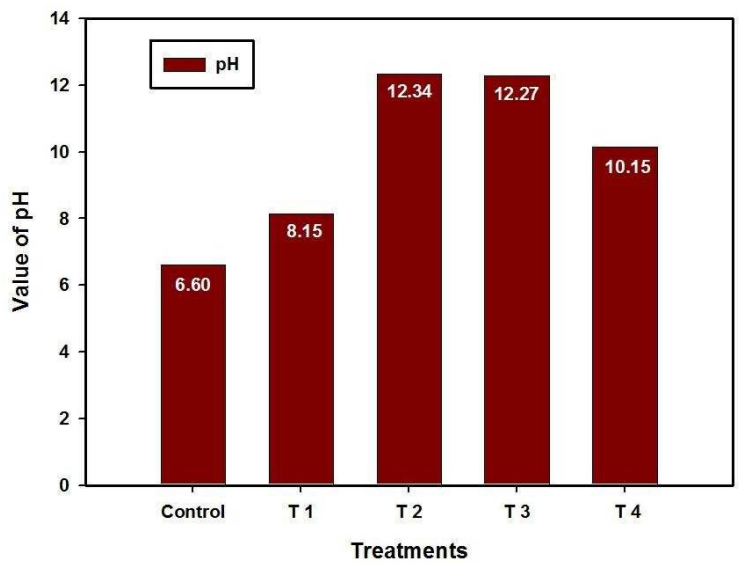


Fig. 13–4. Comparison of pHs of selected calcium compounds.

- Control: Distilled water
- T1: Calcium nitrate      T2: Calcium oxide
- T3: Calcium hydroxide    T4: Calcium carbonate



다. 칼슘제제를 통한 파프리카 하우스내 잣빛곰팡이병 방제를 위한 양액 이유식개념 실험

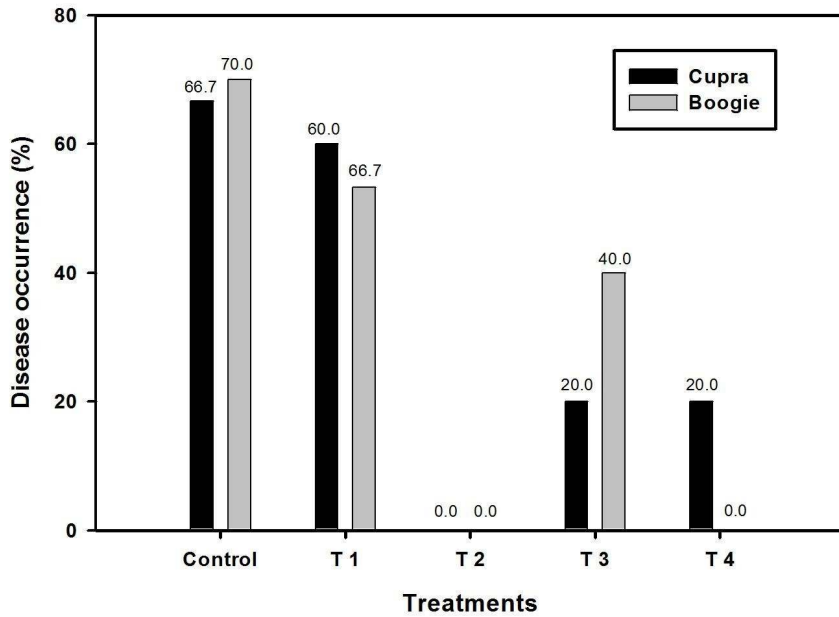


Fig. 13-5. Symptoms of *Botrytis cinerea* on paprika irrigated with calcium compounds for one month and then inoculated with spores.

Control : Standard nutrient solution

T1: Control + Calcium nitrate

T2: Control + Calcium oxide

T3: Control + Calcium hydroxide

T4: Control + Calcium carbonate

앞선 칼슘제제 실험들을 통하여 얻은 결과로 선발된 4가지의 칼슘제제 calcium nitrate(비교용), calcium oxide, calcium hydroxide, calcium carbonate를 파프리카 하우스 생육중 한달간 처리한 후 잣빛곰팡이병 포자의 접종 결과는 아래그림 24과 같다. 전체생육중 대조구(Control)와 비교용으로 사용한 Calcium nitrate 보다는 Calcium oxide, Calcium hydroxide, calcium carbonate 가 비교적 잣빛곰팡이 방제에 보다 좋게 나타났다. 그 중에서도 calcium oxide는 두 파프리카 품종 모두에서 잣빛곰팡이병 방제가 좋게 나왔으나 양액재배를 이용한 시스템에서 칼슘의 이유식 개념으로 공급을 할 경우 공급사용 농도에 대해서는 좀 더 면밀한 추가실험이 이루어 져야만 할 것이다. 왜냐하면 파프리카 재배 시 발생하는 잣빛곰팡이 방제도 중요하지만 그림25의 A경우처럼 비록 농도가 희석이 되었더라도 한 달 동안 꾸준히 공급하였을 경우에는 식물체의 damage를 가져 올 수가 있다. 이미 선택된 4개의 칼슘제제의 pH는 그림 23의 결과에서 보듯이 pH가 상당히 높은 알칼리이기에 삼투압에 의한 잣빛곰팡이 포자의 억제 (그림 13-3, S-1참조)를 가져오기도 하지만 아울러 식물체 자체 (과실, 잎 등)의 탈수를 초래 할 수

도 있다. 아울러 calcium oxide를 양액에 첨가하여 공급할 때, calcium oxide가 양액시스템의 슬라이드로부터 흘러나오면서 슬라이드 자체를 오염 시킬 수가 있다 (그림 13-6, B).



Fig. 13-6. Damages of paprika treated with high concentration of calcium oxide on growing paprika.

A: Fruits (cv. Boogie) B: Rockwool

calcium hydroxide 경우는 적색 품종인 Cupra에서는 잿빛곰팡이병 발병율이 20%로 주황색 품종인 Boogie의 잿빛곰팡이병 발병율 40%보다 발병율이 적었으며, calcium carbonate 경우는 적색 품종인 Cupra에서는 calcium hydroxide와 같이 잿빛곰팡이병 발병율이 20%이었으나 황색 품종인 Boogie에서는 잿빛곰팡이병이 발생되지 않았다. 선택된 칼슘제제를 이용한 일회성 살포 및 양액 이류식 개념의 공급은 좀 더 세밀하고 반복성 실험을 거쳐야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 요약

파프리카 재배 시 잿빛곰팡이병을 포함한 식물병 발생은 칼슘제제와 같은 대체제를 사용하였을 경우 종종 억제되기도 한다. 그러나 잿빛곰팡이병 방제에 대한 칼슘제제의 효과에 대해서는 아직 그다지 많은 정보가 있는 것은 아니다. 따라서 본 실험은 7가지의 칼슘제제; calcium sulfate dihydrate, calcium chloride, calcium nitrate, calcium oxide, calcium hydroxide, calcium carbonate, calcium hydride 포함된 PDA배지에서 잿빛곰팡이에 대한 방제 효과를 검정하고자 실시되었으며, 선발된 칼슘제제들은 6주 동안 생육된 파프리카 식물에 살포된 후 잿빛곰팡이병원균이 포자농도 ( $12.5 \times 10^6$  conidia/ml)로 각 식물체에 살포되었다. 또한 선발된 칼슘제제들은 파프리카 양액재배에 새로이 조성이 되어 3개월된 파프리카 식물체에 한달간 공급이 된 후 잿빛곰팡이병원균의 포자농도 ( $1.09 \times 10^6$  conidia/ml)로 각 식물체에 살포되었다. 각 칼슘제제의 pH는 pH 8.2-10으로 대조구인 pH 6.6보다는 높게 측정되었다. 7가지

칼슘제제가 포함된 PDA배지에서이 잿빛곰팡이병 방제 (colony size (mm)) 결과는 calcium carbonate, calcium oxide, calcium hydride, calcium hydroxide가 다른 칼슘제제들 보다 잿빛곰팡이병 억제에 효과가 좋았다. 선택된 4개의 칼슘제제를 식물체에 처리한 후 잿빛곰팡이병의 포자를 살포한 실험과 선택된 4개의 칼슘제제를 표준 양액재배에 첨부하여 한 달간 양액을 공급한 후 잿빛곰팡이병이 포자를 접종한 실험결과는 칼슘제제를 처리하지 않은 대조구보다는 칼슘제제를 처리한 실험구에서 잿빛곰팡이병의 발생률이 처리 대체적으로 낮았다. 칼슘제제를 이용한 잿빛곰팡이병 PDA배지를 이용한 기내(*In vitro*)에서의 실험은 몇 개의 칼슘제제는 잿빛곰팡이병 방제에 효과가 있는 것으로 나타났으며, 위 결과를 바탕으로 파프리카 육묘에서의 선발된 칼슘제제를 이용한 잿빛곰팡이병 방제 (*In vivo*)에서도 잿빛곰팡이병에 대한 효과는 있는 것으로 나타났다.

## 제 14 절 포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잿빛곰팡이병균 선택배지 개량

### 1. 서 언

온실 내의 포자 밀도는 포자채집기를 이용하여 조사할 수 있다. 공기전염균인 잿빛곰팡이병균의 포자를 채집하기 위해서는 온실내의 공기를 포자채집기로 흡입하여 agar 배지에 배양하면 된다. 그러나 공기 중에는 잿빛곰팡이병균의 포자만 존재하는 것이 아니다. 특히 *Mucor* spp.와 같은 균은 빠르게 자라기 때문에 잿빛곰팡이병균의 포자가 발아하여 균총을 형성하는 것을 확인할 수 없다. 따라서 잿빛곰팡이병균만 성장하고 다른 균들의 생육을 억제하는 선택배지가 필요하다(Kerssies, 1990). 맨 처음 만들어진 *Botrytis* sp.의 선택배지는 Kritzman and Netzer(1978)에 의하여 만들어 졌다. 기본 배지로 NaNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, KCl, Glucose, Agar, D.W.를 넣어 만들었고, 항균제와 항생제로는 PCNB(75% WP), Maneb, Chloramphenicol, CuSO<sub>4</sub>, Tannic acid를 사용하였다. 이 배지는 Chloramphenicol, PCNB, maneb, CuSO<sub>4</sub>와 같은 항균성 물질을 사용하여 *Botrytis* sp. 외의 다른 균의 성장을 억제 시킨다. 그리고 Tannic acid는 산화되면 Tannin이 되는데 이때 관여하는 효소는 PPO(Polyphenoloxidase)이다. 균이 PPO를 분비할 때는 배지의 색이 짙은 갈색으로 변하게 된다. 이러한 변화를 조사하여 *Botrytis* sp.의 여부를 알 수 있게 하는 것이다. 그 다음으로 만들어진 선택배지는 Kerssies(1990)에 의해 만들어진 배지로 Kritzman과 Netzer(1978)의 배지 조성과 거의 같으나 Rubigan(fenarimol)이 하나 더 첨가되어 있다. 이 성분의 쓰임은 Kritzman과 Netzer(1978)의 배지에서 억제하지 못했던 *Penicillium* spp.의 성장을 억제하기 위함이다. 그러

나 이 배지에서도 완전히 *Penicillium* spp.의 성장을 억제하지는 못한다. 최근에 *Phytophthora* 속 뿐만아니라 *Alternaria* spp., *Penicillium* spp. 등 다양한 균류의 성장을 크게 억제하지만 *B. cinerea*에 대한 활성은 약한 살균제로 strobilul린계 살균제들이 개발되었다(Tomlin, 2000). 본 연구는 Paprika 온실 내의 잣빛곰팡이병균의 밀도를 조사하기 위한 기구로 효과적인 *Botrytis* 선택배지를 개발하기 위하여 실험을 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 사용배지

기본배지는 Kerssies(1990) 조성( $\text{NaNO}_3$  1.0g,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  1.2g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.2g, KCl 0.15g, glucose 20.0g, agar 25.0g, D.W. 1l)을 사용하였다. 각 항생제 및 항균제의 *B. cinerea* 억제율을 조사하는 potato dextrose agar (Difco사)를 이용하였다.

### 나. 항균제 및 항생제

Kerssies (1990)가 *Penicillium* spp.를 억제하기 위해서 쓰였던 Rubigan 대신에 strobilul린계 살균제인 azoxystrobin(ICIA5504), kresoxim-methyl(BAS490F), SSF-126을 사용하였다. 새로운 살균제 3종을 비교하여 그 중에서 kresoxim-methyl를 선택하였다 (Fig 2). 그 밖의 성분은 Kritzman와 Netzer(1978)에 의하여 사용했던 PCNB (75% WP), mancozeb, chloramphenicol,  $\text{CuSO}_4$ , tannic acid를 이 사용하였다. 각 성분의 적정 농도를 조사하기 위하여 몇가지 농도로 조제된 potato dextrose agar (PDA)에 *B. cinerea*를 접종하여 각 농도별 억제 정도를 조사하였으며 선택배지에 적절한 농도를 선정하였다. 각 항생제의 농도는 *Botrytis* sp.의 생장의 영향을 고려하기 위해, 이전의 실험자들의 사용한 농도와 그 농도의 전후로 각각의 농도를 정해 *Botrytis* sp.를 접종하여 그 생장을 관찰하여 사용하였다. 그리고 tannic acid는 산화되어 tannin이 되는데, 이때 균이 PPO (Polyphenoloxidase) 라는 효소를 분비하여 배지의 색이 짙은 갈색으로 변하게 된다. 이러한 변화를 조사하여 *Botrytis* sp.의 여부를 알 수 있게 해준다. mancozeb는 살균력이 강하며 고온 다습시에는 약해의 위험성이 있고, 적용범위는 흰가루병이나 잣빛곰팡이병 등이다. Mancozeb의 농도는 5, 10, 50, 100ppm으로 하여 *Botrytis* sp.를 접종하고, 4일후에 그 성장정도를 관찰하였다. PCNB의 농도는 5, 15, 30, 60ppm으로 하여 *Botrytis* sp.를 접종하고, 4일후에 그 성장정도를 관찰하였다. Chloramphenicol의 농도는 10, 50, 100, 150ppm으로 하여 *Botrytis* sp.를 접종하고, 3일후에 그 성장정도를 관찰하였다.  $\text{CuSO}_4$  농도를 1100, 2200, 4400, 11000ppm으로 하여 *Botrytis* sp.를 접종하고, 3일후에 그 성장정도를

관찰하였는데, *Botrytis* sp.가 위의 농도에서 잘 자라지 않아서 농도를 낮추어 300, 600, 1200, 2400ppm으로 다시 한번 실험을 하였다. 그리고 새로운 배지의 pH를 정하기 위해 pH를 조정하는  $\text{CuSO}_4$ 를 대상으로 pH 4.5와 6.0에서 *Botrytis* sp.의 성장과 오염 정도를 관찰하였다. 이전 시험 결과 pH의 농도는 6.0이 좋다는 결과가 나와서, 새로운 선택배지에 이 농도를 사용 실험하였으나, *Penicillium* spp. 및 다른 균류에 오염이 되어 다시 pH 농도를 4.5로 바꾸어 실험하였다. 위의 실험을 토대로 개량 배지를 만들었다. 실험방법으로 우선 5개의 500ml의 삼각 플라스크에 각 250ml의 증류수와 PDA (potato dextrose agar) 10g씩을 넣은 후 121°C, 20분간 멸균을 하였다. 그 후에 무균상에서 60~70°C 정도로 식힌 후에 4개의 농도로 조정된 항생제 및 살균제를 각각 삼각 플라스크에 넣고, 각 농도당 3개의 페트리디쉬에 부었다. 그리고 약제를 첨가하지 않은 무처리의 배지를 제조하였다. 모든 페트리 디쉬에 미리 준비된 *Botrytis* sp. (*Botrytis* sp.의 병변 조각이나 균사를 PDA에 치상하여 25°C 항온기에서 배양한 것) 배지조각을 치상한 후에 조사한다.

#### 다. RS (Reformed Selective medium) 배지 실험

항균·항생 물질은 농도실험에서 얻은 결과(PCNB 0.015g, mancozeb 0.01g,  $\text{CuSO}_4$  2.2g, chloramphenicol 0.05g, tannic acid 5.0g)를 사용하였다. RS 배지에서는 fenarimol 0.1ml, kresoxim-methyl를 첨가하였다. Kritzman와 Netzer(1978) 배지와 Keressies(1990) 배지 그리고 이번에 개량한 RS배지를 비교하였다. 실험방법으로 500ml의 3개의 삼각 플라스크에 250ml의 증류수를 넣은 다음 기본 배지의 성분을 정량하여 넣은 후에 120°C에서 20분간 멸균 한후 이것을 60 - 70°C로 식힌 후에 각 배지에 맞게 항생제를 정량하여 넣는데, 이때 kresoxim-methyl은 에탄올에 녹여서 사용한다. 그 후에 NaOH의 5.0N 용액으로 pH를 Kritzman와 Netzer(1978) 배지는 6.0으로, Keressies(1990)배지는 4.5로 RS 배지는 4.5로 맞춘 후에 이것을 페트리 디쉬에 부은 후에 이것을 식힌다. 그 다음에 *Botrytis* sp.가 자란 PDA의 균사조각을 페트리 디쉬에 치상한 다음에 파라핀 필름으로 싼 다음에 25°C 항온기에 넣은 후에 3, 6, 9, 12, 15일 마다 관찰하였다. 배지를 조성할 때 pH측정시 클린벤치 (무균 상태) 에서 작업을 하지 않고, 일반적인 조건 (공기중에 균이 있는 상태) 에서 실험을 하여 선택배지의 균에 대한 선택성도 같이 조사하였다.

#### 라. RS 배지에서 균핵 및 포자 배양 실험

RS 배지에서 *Botrytis* sp.의 포자나 균핵의 생장을 알아보기 위해서 위와 같은 방법으로 RS 배지를 만든 후에 *B. cinerea*의 포자와 균핵을 배지에 치상하여 3일 후에 관찰하였다.

마. RS 배지를 이용한 파프리카 하우스내에서의 잣빛곰팡이병균 예찰

RS 배지에서의 *Botrytis* sp.의 포자와 균핵의 성장여부 및 *Penicillium* spp.에 대한 오염여부를 확인한 후 파프리카 하우스내에서 포자채집기에 RS 배지를 설치한 후 시간별, 위치별에 따른 *Botrytis* sp. 포자를 채집하고 25℃ 항온기에 넣어 생육상태를 관찰하였다.

### 3. 실험결과

가. 항균제 및 항생제의 *B. cinerea*에 대한 영향

PCNB는 토양병원균의 방제에 상용되는 살균제로 살균범위가 비교적 넓은 살균제이다. 특히 *Rhizoctonia*에 의한 식물병에 효과가 있으며 균류에 대한 활성은 정균적이며 세포벽합성의 저해를 일으킨다. PCNB의 농도를 5, 15, 30, 60ppm으로 조정하여 조사한 결과 선택배지 조제에 적정농도를 15ppm으로 정하였다(Fig. 26). 배지의 pH는 pH4.5와 6.0을 검토하여 최종적으로 Kerssies(1990)가 *Botrytis* sp 균총의 균사, 포자경, 포자형성에 영향이 적은 것으로 보고한 pH4.5를 사용하였다. Chloramphenicol은 방선균 (*Streptomyces venezuela*)의 배양액에서 분리된 항생물질로 그람 양성균, 그람 음성균 및 라케치아에 항균력이 있으며 세포의 단백질 합성의 저해를 일으키며 주로 정균작용을 한다. Chloramphenicol의 농도는 10, 50, 100, 150ppm으로 조정하여 *B. cinerea*를 접종하고, 3일 후에 그 성장 억제정도를 조사한 결과 조사된 농도간에 *Botrytis*의 생장이 큰 차이가 없었다. 따라서 기존에 사용되던 농도인 50ppm을 선택배지를 위한 농도로 이용하였다. CuSO<sub>4</sub>는 농도를 300, 600, 1200, 2400ppm으로 실험을 하였다. 실험결과 적정농도를 1200ppm으로 선택배지 조제를 위한 농도로 선정하였다. Macozeb의 농도는 5, 10, 50, 100ppm으로 조정하여 *B. cinerea*를 접종하고 성장정조를 조사하였다. 10ppm에서 무처리와 비슷한 정도의 생장을 나타내어 선택배지 조제를 위한 농도로 선정하였다(Fig. 14-1).

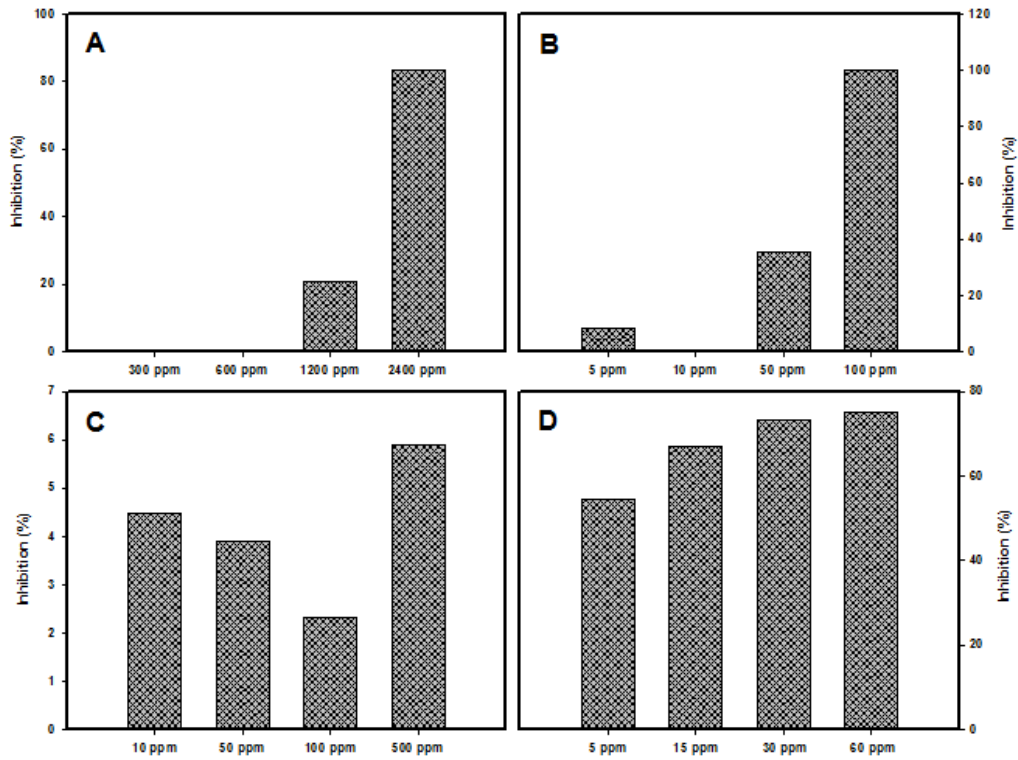
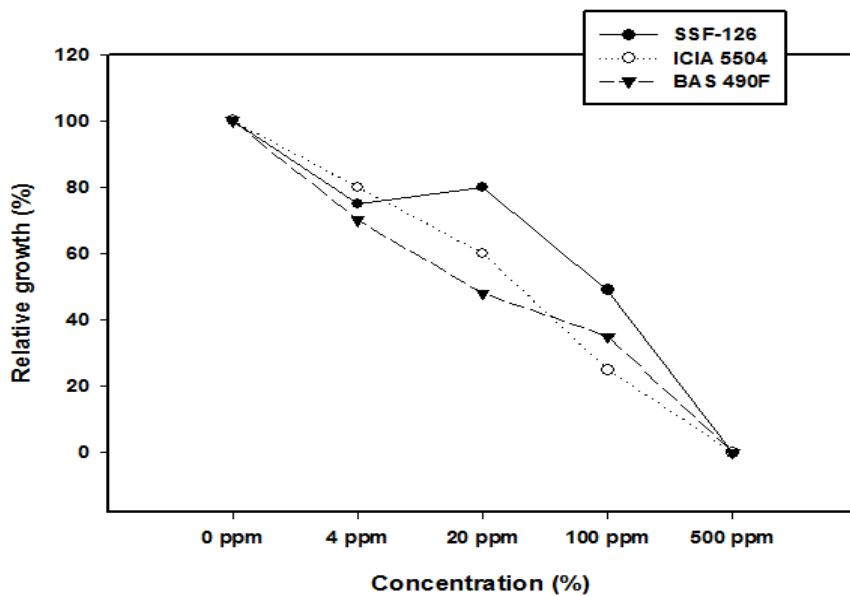


Fig. 14-1. The growth of *B. cinerea* on different concentrations of CuSO<sub>4</sub>, mancozeb, chloramphenicol and PCNB. A: CuSO<sub>4</sub>, B: Maneb, C: Chloramphenicol, D: PCNB.

Kerssies(1990)의 *Botrytis* 선택배지에 사용하였던 Rubigan을 대체하기 위하여 strobilurin계 살균제 3종의 약제는 고농도에서 *B. cinerea*의 성장을 억제하였으나 낮은 농도에서 억제정도는 비교적 낮게 나타났다 (Fig. 14-2).



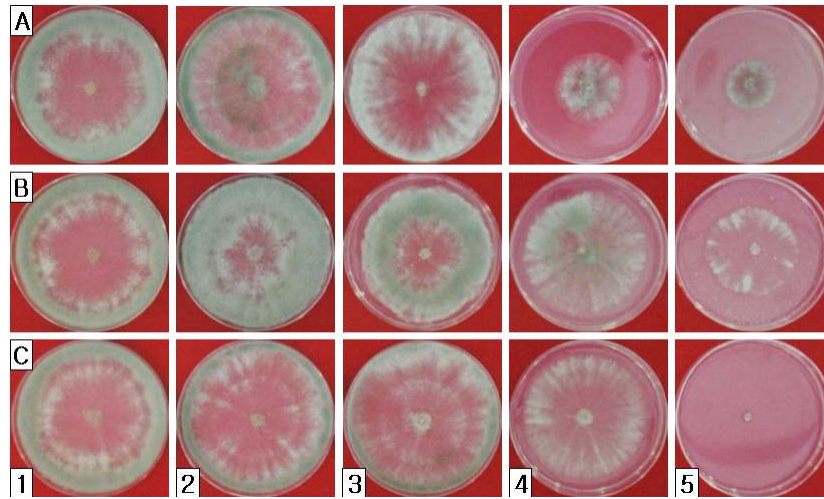


Fig. 14-2. The mycelial growth of *B. cinerea* according to different concentrations of three strobilurins.

A : Azoxystrobin (ICIA 5504), B: kresoxim-methyl (BAS 490F),

C: SSF-126. 1: 0 ppm, 2: 4 ppm, 3: 20 ppm, 4: 100 ppm, 5: 500 ppm.

#### 나. RS 배지 와 기존배지의 비교실험 결과

새롭게 조제된 선택배지의 효과는 Kritzmam와 Netzer(1978) 배지 및 Kerssie(1990) 배지와 비교하였다. 기존에 사용되던 선택 배지보다 *Botrytis sp.*의 생장이 초기에는 생장이 떨어지지만 3일 이후는 급속히 생장이 좋아지며, 9일째부터는 다른 배지보다 생장이 더 되었다 (Fig 14-3). 그리고 선택 배지에서 문제가 되는 다른 균에 의한 오염에 있어서도 Kerssie(1990) 배지는 9일째부터 배지에 오염이 시작되었으며, Kritzmam와 Netzer(1978)는 12일째부터 오염이 시작되었으나, 새로운 선택배지는 15일째부터 오염이 시작되었다. 15일째 배지 관찰시 Kritzmam와 Netzer(1978) 배지는 3개의 배지 중 1개의 배지가 심각한 오염으로 *Botrytis sp.*의 생장을 관찰할 수 없었고, Kerssise(1990) 배지는 3개의 배지 중 2개의 배지가 심각한 오염으로 *Botrytis sp.*의 생장을 관찰할 수 없었으나, 새로운 선택 배지는 오염의 정도가 약하였다 (Fig. 28). 새로운 선택배지는 기존의 선택배지보다 *Penicillium spp.*의 발생날짜를 최소 3일 최대 6일 이상 늦추어서 선택배지로서 적합했다. 새로운 선택배지를 이용하여 실험실에서 *Botrytis sp.*에 오염된 식물인지를 확인할 수 있으며, 병든 식물의 잔재나 토양에서 균핵 형태로 월동한 *Botrytis sp.*를 검출과 온실에서 *Botrytis sp.*의 방제에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.



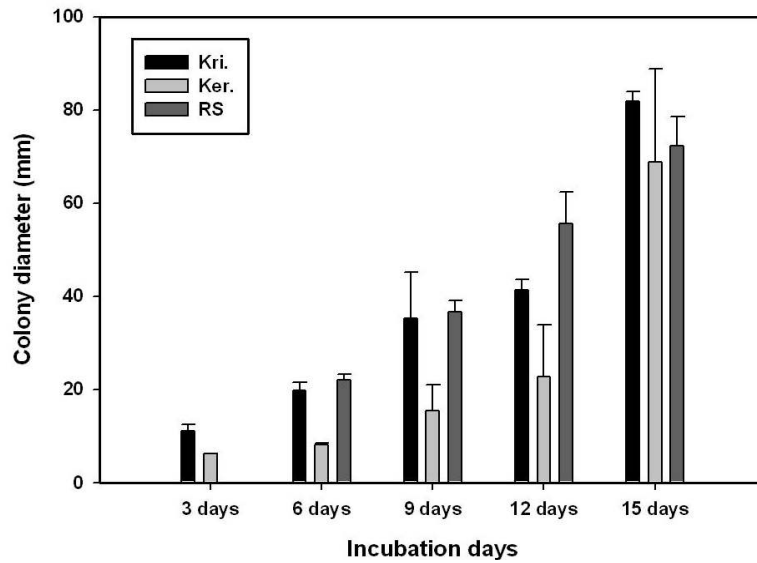


Fig. 14-3. Comparison of mycelia growth of *B. cinerea* in selected media. Kri = Kritzman and Netzer(1978), Ker = Kerssise (1990), and RS (Reformed selective) media.

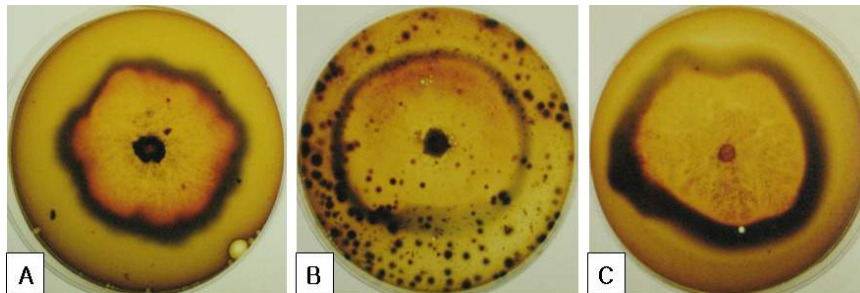


Fig. 14-5. Mycelial growth of RS media, Kritzman media, and Kerssies media. A: Kritzman and Netzer(1978), B: Kerssise (1990), and C: RS (Reformed selective) media.

다. RS 배지에서 *Botrytis* sp. 포자 및 균핵 발아 실험

항균제 및 항생제의 *Botrytis* sp.에 대한 영향조사를 근거로 다음과 같이 각성분의 각 농도 (PCNB 0.015g, Mancozeb 0.01g, Chloramphenicol 0.05g, CuSO<sub>4</sub> 1.2g, Tannic acid 5.0g, azoxystrobin 10ppm)를 선택배지 제조에 사용하였다. 먼저 *B. cinerea*의 생장에 미치는 영향을 조사하기 위하여 조제된 배지에 *B. cinerea*의 포자와 균핵을 접종한 결과 포자와 균핵이 발아하여 균총을 형성하였다 (Fig 14-6, 14-7).

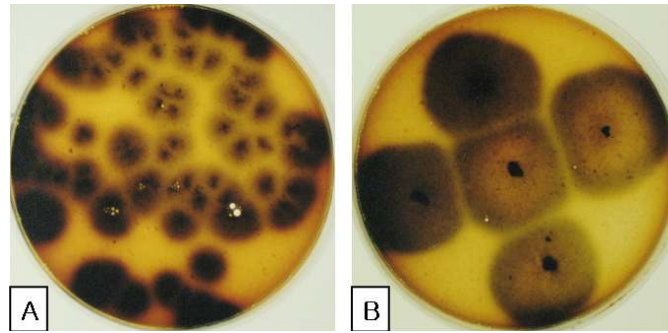


Fig. 14-6. Spore germination (A) and sclerotia (B) of *B. cinerea* on reformed selective (RS) media.

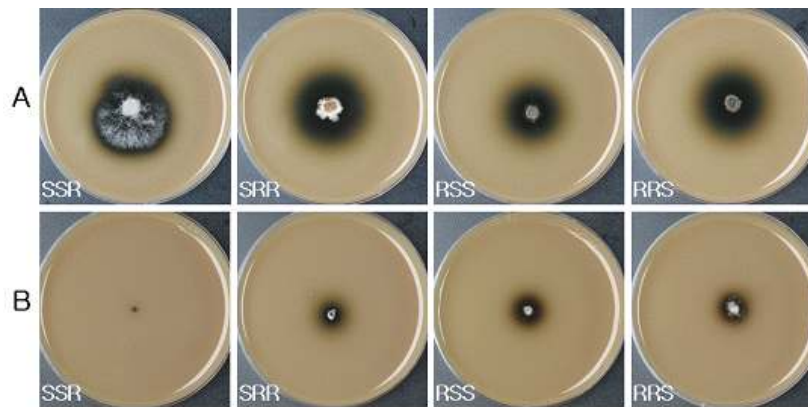


Fig. 14-7. Mycelial growth (A) and spore germination (B) of *B. cinerea* 4 phenotypes on reformed selective (RS) media adding Kresoxim-methyl.

라. RS 배지를 이용한 파프리카 비닐하우스내에서의 잣빛곰팡이병균 예찰

잣빛곰팡이병 발생을 예찰하기 위해서는 온실 내 *Botrytis* spp.의 밀도를 조사하는 것이 필요하다. 본 연구에서 개량된 *Botrytis* 선택배지를 이용하는 Burkard사의 포자채집기 (portable air sampler for agar plates)를 이용하여 파프리카 온실 내의 포자밀도를 조사하였다(Fig. 14-8). 기존배지를 개량한 RS 배지를 포자채집기 설치 후 파프리카 비닐하우스에서의 잣빛곰팡이병균을 관찰한 결과 포자채집기 가동시간이 길수록, 또한 병든 식물이 많은 장소에서 잣빛곰팡이병균이 많이 관찰되었다 (Fig. 14-9). 본 실험에서 제조한 *Botrytis* 선택배지는 포자채집기에 장착할 때 효과적으로 포자가 채집되었으므로 이후 각 계열의 살균제를 첨가하면 온실 내에 존재하는 잣빛곰팡이병균의 살균제 저항성 경향을 파악하는 기구로도 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

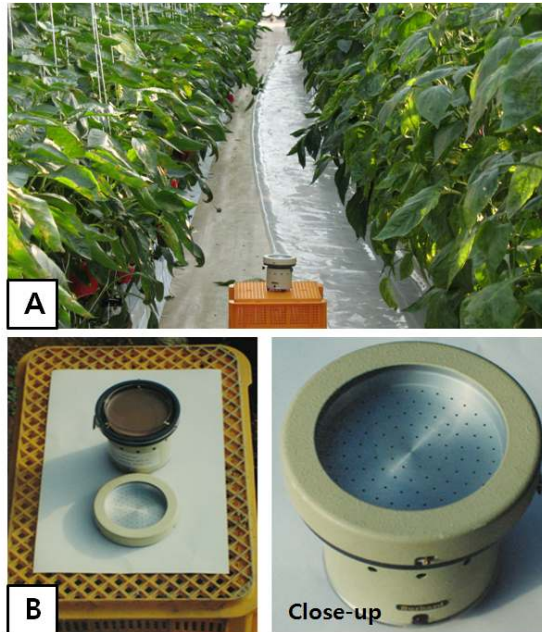


Fig. 14-8. Real-test with spore-trap device using RS media in greenhouse.

A and B: Spore-trap device (Bukard, Inc.) and installed in greenhouse.

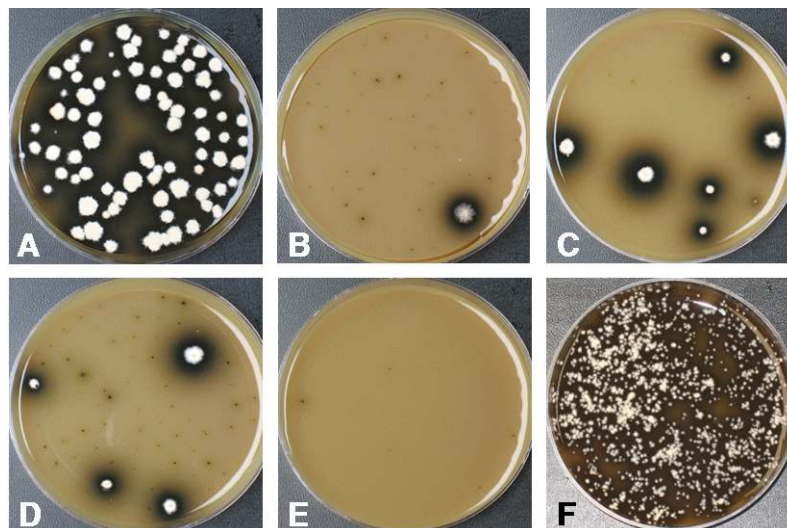


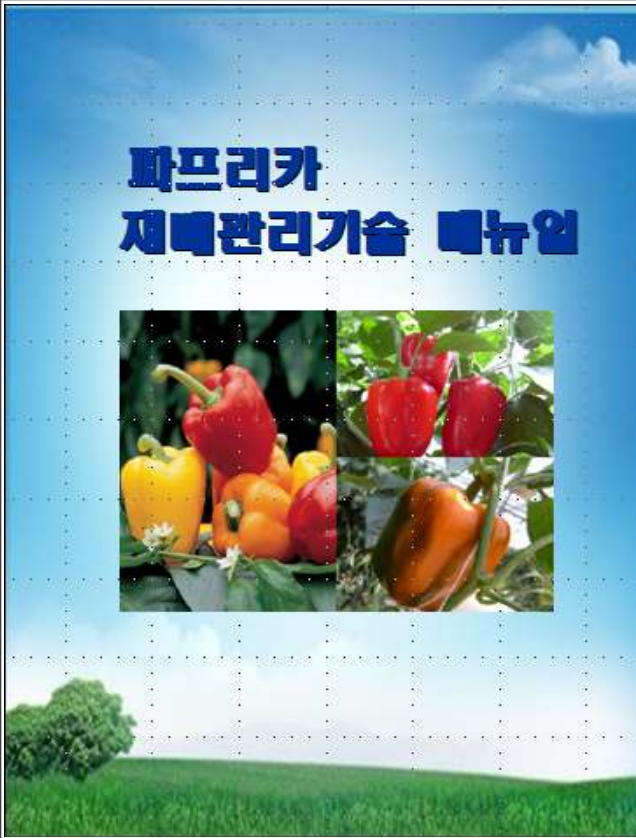
Fig. 14-9. Investigation of colonies of *Botrytis cinerea* with potable spore-trap in greenhouse.

A and F: Near location of infected plants,  
 C and D: Middle location of infected plants,  
 B and E: Far location of infected plants.

#### 4. 요약

*Botrytis* spp. 선택배지의 개량을 위하여  $\text{CuSO}_4$ 를 넣은 배지의 pH를 6.0으로 조정할 때 *Botrytis* spp.의 생장이 좋고, 타 균류의 오염도 적었으나, 완성된 선택배지에서는 pH 4.5에서 타균류의 오염이 적었다. 그러므로 선택배지의 기능을 최대화하기 위하여 pH 농도는 4.5로 하였다. 또한  $\text{CuSO}_4$ 의 농도면에서 1200ppm에서 *Botrytis* sp.의 생장이 2200ppm에 비해서 4배 이상 좋았으나 1200ppm을 선택배지에 첨가할 경우 타 균류의 생장이 *Botrytis* sp.의 생장보다 빨라져서 *Botrytis* sp.의 균사를 덮어 선택배지로서의 효용을 잃어 2200ppm을 사용하게 되었다. 새로 개량된 RS배지는 기존의 선택배지에 비해서 *B. cinerea* 균사의 생장이 고르고, 좋았으며, 또한 균핵과 포자의 생장을 억제하지 않았다. 한편 *Penicillium* spp.의 억제가 완전히 이루어지지 않는 않았으나,  $\text{CuSO}_4$  2200ppm pH4.5에서는 5일 이후 *Penicillium* spp.에 의해 오염되었으나, 기존 배지보다 *Penicillium* spp.의 발생날짜를 최소 3일 최대 6일 이상 늦추어서 선택배지 이용이 더욱 좋아졌다. 개량된 배지에다 Kresoxim-methyl (BAS490F)를 첨가한 배지에서는 *Penicillium* spp.에 의해 오염을 발견할 수 없었다. RS 배지를 이용하여 실험실에서 *Botrytis* sp.에 오염된 식물인지를 확인 할 수 있으며, 토양 속에서 균핵 형태로 월동한 *Botrytis* sp.를 검출해 낼 수 있으며, 또한 포자 채집기를 이용한 파프리카 비닐하우스에서의 실험을 통하여 공기중 비산포자를 효과적으로 채집할 수 있었으며, 앞으로 온실에서 *Botrytis* sp.의 포자밀도를 조사하여 방제에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 관측된다.

# 부 록 : 파프리카 재배관리기술 매뉴얼 (칼라판 A5 60매) 농가 배포



## 착색단고추 재배관리

1. 생리적 특성
2. 육묘 관리
3. 공급 양액 조성
4. 정식 및 관리
5. 정식 후 양액관리
6. 작물관리
7. 착과관리

### 1. 생리적 특성

#### 가. 생육단계별 온도 및 습도 적응성

- (1) 발아단계 : 23~25℃(최저 20℃ 이상)
- (2) 육묘단계 : 낮 25~27℃, 밤 23~24℃, 공중습도 80%
- (3) 정식~착과시 : 낮 24~25℃, 밤 18~20℃
- (4) 착과 후 : 낮 24~26℃, 밤 18~20℃, 근권온도 18~20℃, 습도 70~80%

#### 나. 햇빛 요구도

- (1) 광포화점 : 120W·m<sup>2</sup> PAR(30,000 lux)로 다른 작물보다 비교적 낮음(착색단고추는 고추보다 빛요구량 요구함)
- (2) 광합성량 : 오전 중 60~70%, 오후 중 30~40%

#### 다. 탄산가스 농도

- (1) 열악상장기 : 400~500 ppm
- (2) 착과기 : 600~800 ppm

#### 라. 근권의 EC 농도 및 pH

시기	육묘기	정식기	착과기	착과 후
EC(dS/m)	1.7~2.3	2.5~3.5	3.5~4.5	3.7~4.2
pH	5.5	5.5	5.2~5.7	5.2~5.7

#### 마. 물 요구도

- (1) 건조와 피습에 약함
- (2) 1일 용수량(양액재배) : 최대 3.5 cc/J/㎡, 8~9L/㎡ (10톤/10a)

### 2. 육묘관리

작물 호출 수	생육단계	온도(℃)		양액 EC (dS/m)		양액 pH		비고
		주간	야간	급액	배기	급액	배기	
0	발아	25	25	1.5~2.0	2.0~2.5	5.2~5.5	5.5	
5~7	발아기후	25	23	2.3	2.5	5.2~5.5	5.5~5.8	
14~17	가뭄내성 →착과	24	22	2.4~2.5	2.5~3.0	5.5~5.5	5.5~5.8	
25~30	감제일체기	23	21	2.4~2.5	2.5~3.0	5.5	5.5~5.8	
35~50	정식	23	21	3.0~3.5	3.0~3.5	5.5		배기 양액 EC는 3.5

\* 주간온도는 음영에 따라 2~3℃ 정도 높여줄 수 있음



### 3. 공급 양액 조성

비율	가수양액						비수양액						
	Ca	Mg	Na	K	EC	EC	Ca	Mg	Na	K	EC	EC	
조성비	0.7%	0.2%	4.7%	1.7%	16.5	1.7%	1.8%	20%	15%	10%	5%	0.7%	0.5%
용액비	1.8%	0.5%	4.5%	2.0%	16.5	1.7%	1.8%	20%	15%	10%	5%	1.8%	0.5%
용액비율	1.8%	0.5%	4.5%	2.0%	16.5	1.7%	1.8%	20%	15%	10%	5%	0.7%	0.5%
용액비율	1.8%	0.5%	4.5%	2.0%	16.5	1.7%	1.8%	20%	15%	10%	5%	0.7%	0.5%
용액비율	0.2%	0%	0%	0%	16.5	1.7%	1.8%	20%	15%	10%	5%	0.7%	0.5%

**<주의> 배양액 조성시 같은 양액통에 넣어서는 안되는 것**  
 ① 칼슘(Ca)과 황이온(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 및 인산이온(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)  
 ② 인산(P)과 킬레이트질(FeEDTA등)  
 ③ 폴리보텍산소다(Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>)와 비료농축액  
 ④ 인산(P)과 탄산수소칼륨(KHCO<sub>3</sub>) 등  
 \* 고농도에서는 침전물이 발생하여 양액이 정상적으로 공급되지 않음

### 4. 정식 및 관리

#### 가. 정식 전 준비

- 자재 및 도구 소독 : 차이염소산칼슘(Ca(ClO)<sub>2</sub>) 이나 차이염소산나트륨(NaClO) 500 배액에 60분 이상 소독
- 온실 내 소독 : 포르말린 100배액을 무인방제장치를 이용하여 분무
- 배지의 포수 : 3일 전부터 EC 3.0~3.5 dS/m, pH 5.5의 배양액으로 포수
- 배지의 포수량 : 가로(90cm) x 세로(15cm) x 높이(7.5cm) = 10.125L의 양액 필요

#### ▶ 작물의 재포 및 뿌리를 적고 강하게 하는 방법

- 육묘기간에 최소 난방 꼭 사용
- 보연이 3~4년 나오면 CO<sub>2</sub> 400ppm 공급
- 온실 내 안습 방지
- 공급 EC를 3dS/m 이상 유지
- 배지 내 수분함량(WC)을 65이하로 유지할 것
- 오후에 습도 유지를 위해 천장을 제어하는 것에 대해 재고할 것

#### 나. 정식시기 및 재식밀도

- 정식 시기 : 파종 후 약 30~35일, 보연 6~7매, 첫 파방이 생성될 때
- 재식 밀도 : 6.5~8.2 줄기/㎡ 정도

#### 다. 환경관리

- 온도 관리
  - 정식 후 ~ 화발창간 : 주간 24~25℃, 야간 21~22℃로 관리
  - 창간 후 : 주간 21~24℃, 야간 18~20℃
  - 근권부 온도 : 18~20℃가 적당
- 습도 : 70~80%
- 탄산시비 : 흐린 날 500ppm, 맑은 날 800ppm

### 5. 정식 후 양액관리

기간	시간	포수	EC	pH (배지)	1차 수급량	기타
<b>제 1단계 : 정식 후 4일간(뿌리가 나오기 전 4~5cm 내한 배양)</b>						
1.	8:15~10:00	1시간 간격	3.0(포수)~3.5(보연 비)	5.0~5.5	무양	보연 2시간 간격 비드림 3회 관수
2.	10:00~16:00	30분 간격			100~150cc (3회고, 1차) 무양	
3.	16:00~8:15	1시간 간격			90~130cc (4회고, 1차)	
4.	8:15	무지				
<b>제 2단계 : 정식 5일~보연 약 11일경(배지 내 온도 20~25도)에 관수</b>						
1.	10:00~		3.0(포수)~3.5(보연 비) <배지 40dS/m>	5.0~5.5 (5.5~6.0)	무양	보연 1시간 간격 1회 관수
2.	12:00~				100~150cc (3회고, 1차) 무양	
3.	16:00~				90~130cc (4회고, 1차)	
<b>제 3단계 : 정식 후 16일부터 관수가 끝난(배지 내 온도 20~25도)에 관수</b>						
1.	10:00~		3.0(포수)~3.5(보연 비) <배지 40dS/m>	5.0~5.5 (5.5~6.0)	무양 120cc (3회고, 1차)	1주의 관수양액 (0~1회)
2.	9:00~11:00				100~150cc (4회고, 1차)	
<b>제 4단계 : 정식 후 25일경(양액이 끝났을 때)에 관수</b>						
시간	8:15~10:30 ~10:30	~15:30	3.0(포수)~3.5(보연 비) <배지 40dS/m>	5.0~5.5 (5.5~6.0)	무양 180~190cc (3회고, 1차) 무양 90~130cc (4회고, 1차)	~8:00
max	3:00	3:00				5:00
Red sun	4:50	4:50				4:50~5:00
Vol.	1:50	1:50				5:50
Drain	1:50	40%~45%				50%

### 6. 작물 관리

#### 가. 정식

- 시작 : 보연 11~12매에서 제 1회방 형성 후 2분지에서 제 2차 분지가 될 때
- 1분지에서 측지가 많이 나올 경우 2~3분치만 남기고 제거
- 과의 크기를 크게 할 경우 : 2~3매의 잎을 남김
- 과의 크기를 작게 할 경우 : 잎을 남기지 않거나 하나만 남김
- 초세가 강한 품종일 경우 측지와 꽃을 남기고 적당하고 초세가 약하면 잎만 남김
- 상처부위에 균이 들어가지 않도록 10%탈지분유나 번코에 적셔가며 작업

#### 나. 관개 절의 결정

- 관개 시작 : 일반적으로 3~4분지 절의부터 시작
- 낮은 절위에 일찍 관개시킬 경우 : 경우부진 및 전체 생산량 감소
- 높은 절위에 늦게 관개시킬 경우 : 영양생장 과다 및 수확량 감소

#### 다. 유인

- 초기 적정 밀도 : 7.0 줄기/㎡, 주당 2줄기를 V자로 유인
- 3줄기 재배의 경우 : 1그룹 수확 후 생육이 고르지 못한 줄기 제거 2월부턴 한 개의 주지를 더 유인

#### ▶ 2월부턴 한 개의 주지를 더 유인 하는 방법

- 세력이 강한 주지에서 측지 하나를 제거하지 않고 남김
- 15cm 정도 자랐을 때, 기존의 주지를 가운데 유인줄로 기울여 유인하고 새로 받은 주지를 기존의 주지를 유인 했던 위쪽으로 유인
- 전체적으로 초장이 5cm 정도 짧아지는 효과가 있음

## 6. 작물 관리

라. **연면적지수(LAI)**: 적정연수 확보 및 식량체계 등

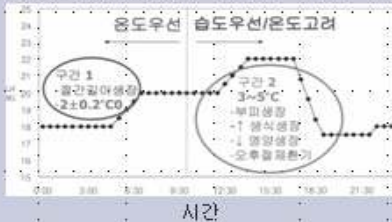
$$\text{연수} \times \text{연장} \times \text{연폭} \times \text{재식밀도 (종기수/ha)} \times 60\%$$

- (1) 적정 연면적지수 산출 방법
- (2) 최적연면적 지수 : 3.0~3.5
- (3) 연면적지수에 영향요인 : 연크기/연수, 재식밀도, 품종

마. **주야간 온도차(DIF)**

DIF의 편차	절간경의 길이	비고
+ DIF	길어진다	주간온도가 높음
- DIF	짧아진다	야간온도가 높음
= DIF	같아진다	주야간온도차 같음

- (1) DIF의 적용
- (2) 규칙적인 주간→야간, 야간→주간 온도변화는 규칙적인 성장과 생산
- (3) 안정된 DIF 편차  $2.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$



## 7. 작과 관리

가. 기본적인 작과 관리

- (1) 1그를 작과 : 3~5분지(2~4단) 내외에서 시작
- (2) **초고온** : 줄기상 2~3개 내외
- (3) 절지작업 : 첫 줄기부터 한 잎을 남기고 2그를 **초고온**은 줄기 1~2잎을 확보
- (4) 온도 : 24시간 절과온도를 낮춤, 최저온도를 **초고온**(18°C)보다 0.5~1°C 정도 낮춤
- (5) 습도 : 주간에는 80% 내외(HD 4~7), 야간에는 85% 이하(HD 3.0~3.0)
- (6) 탄산가스 농도 : **초고온**은 400~600ppm 정도(500kg/ha), **초고온** 600~800ppm 정도(1,000kg/ha)
- (7) EC : 3.5~4.5dS/m, **초고온** 20~40%

나. **절과 관리**

- (1) **초고온** : 너무 늦지 않고, 적게 **초고온**
  - (2) 규칙적 **초고온**/그를을 유지하고
  - (3) 지속적으로 높은 CO2 공급
  - (4) **초고온**은 2.5°C/h 온도상승
  - (5) 일반적으로 낮을 24시간 온도 평균 21.5°C 이상
  - (6) 지름스프링클러이름과 차등으로 주간온도 낮게
- 다. **스과 관리**
- (1) 제1그를 : 다소 늦게, 많이 **초고온**
  - (2) **초고온**은 CO2, 습도(500~600ppm) 높게, 최저온도 2.5°C/h 이상, 주야간온도차 크게 관리
  - (3) **초고온** : 높은 CO2, 습도(350~400ppm), 높은 온도 및 높은 24시간 온도 21.5°C보다 높게, 주야 온도차가 없음
  - (4) **초고온** 온도 **초고온** : 65% 전후
  - (5) **초고온** EC : 4.0dS/m

## 7. 작과 관리

라. **관상과초의 생육판단 기준**

구분	영양생장	생식생장
<b>생장점수</b>	-줄기 강하며, 절간이 길 -색이 밝고, <b>초고온</b> 없음 -장한 줄기가 많이 발생함	-가늘고, 약하며, 절간 짧음 -색이 진하고, <b>초고온</b> 있음 -줄기 발생 거의 없고, 약함
<b>꽃</b>	-남은 부위에 형성됨 -꽃대가 하늘을 향함 -꽃이 크고, 기형이 많음 -꽃장 기형이 많아 2~3개 - <b>초고온</b> 과 많이 형성됨 -꽃인수 : 7개	-머리 부분에 형성됨 -꽃대가 땅을 향함 -꽃이 작음(2cm이하) - <b>초고온</b> : 5개
<b>잎</b>	-잎 크고 넓며, 색이 밝음 -LAI 지수가 높음	-잎 작고 단단하며, 색 진함 -LAI 지수가 낮음
<b>뿌리</b>	강하고, 많은 생리 뿌리층이 배지 하부 및 내부에 균일하게 발달함	약하고, 빈약한 색의 빈약한 생리층이 배지 하부 및 내부에 발달함

## 7. 작과 관리

마. **관상과초의 생육상 진단**

구분	영양	결수					영양
		2	1	0	-1	-2	
관상	영양생장	2	1	0	-1	-2	생식생장
생장	강함	2	1	0	-1	-2	약함
개화부위 거리(%)	주야간	8	7	4.5~5.5	4	3	합중
<b>초고온</b> 구분 <b>초고온</b>	무드림과 이리 무드림과 합중						무드림과: 이리무드림
<b>초고온</b>	중						약함
측근개화	주야간 <b>초고온</b>	30	20	10~20	10	5	합중/합중중
<b>초고온</b>	가외과						약함
꽃 크기	크고						약함
꽃의 개화 일차	<b>초고온</b> 이후 24시간 이상						<b>초고온</b> 이후 24시간 이하
주야간 온도 차(°C)	진함			5~6			약함
<b>초고온</b> (%)	약함			15 20 25			합중
개화부위 수	합중	8	7	6	5	5>	약함
<b>초고온</b> 구분 <b>초고온</b>	합중						합중
꽃과두 개화	지짐						무덤
개화부위 거리(%)	진함	10	7> 9	4.5~7.0	4.5~5.5	2.5	약함

① 꽃이 24시간 이후(가외과), ② 꽃이 24시간 이후(부, 가외과), ③ 꽃이 24시간 이후(가외과)

## 7. 착과 관리

### 바. 작물 환경관리 방향

구분	평양생장		성숙생장	
	약광	강광	약광	강광
4차기간 평균온도	(1)D(-) N(-L)	(1)D(T) N(T) EV(L)	(1)EM(T) D(L) EV/N(T)	(-T)D(T) N(T) EV(-L)
DF	D(-)N(-)L	D L(-)E(-)E(-)E(-) N(-E)	D T(E)O N L(E-E)	D L (-)E(-)E(-)E(-) N(-E)
추경사파	눈개	발진	눈개	- 발진
하경사파	발진	눈개	발진	- 눈개
HD	-T(3.5~5.0)	-T(4.5~5.0)	-T(5.5~6.5)	-T(5.5~6.0)
R-band	-T	-T	-T	-T
CO <sub>2</sub>	-T	-T	-T	-T
차광	-	-	-	-
△PPC	5~6%	5~10%	4~5%	5~7%
공진시간	발진	눈개	발진	- 눈개
공진온도	눈개	발진	눈개	- 발진
공진EC/ 비교EC	-	-T	-T	-T
공진속	-	-T	-T	-T
공진연속	보통	0.50초	0.50초	-T(약) 1.5
계일	25cm/ 3week	10~15cm/ 3week	25~30cm/ 3week	20cm/ 2~3week
공진	2~3명	0~1명	2명이상	1~2명
과피	발진	눈개	발진	눈개
과피경도	T(4~5파)	L(2파)	T(4~5파)	-L(2~3파)
추진폭보	-L	-L	-T	-T
LA	-L	-L	-T	-T

## 주요 생리장해

- 배꼽썩음과
- 열 과
- 흑자색과
- 일소과
- 기형과
- 꼬리달린과
- 낙화, 낙과
- 석과, 단위결과
- 실버러과
- 칼슘반점
- 과경무름증상
- 결로
- 착색불량과
- 씨 없는 과일
- 기타장해

### 배꼽썩음과 (Blossom end rot)



- 시기 : 1그룹 비대관리 전환기(착과후 2주, 과경 3cm), 3월 이후, 4월 평균 온도 22℃
- 원인 :
  - 식물체의 증산량이 뿌리로부터 흡수된 수분량 보다 많아서, 과실 세포내로 수분이동이 부족하게 되어 과실내 칼슘이 낮아 발생
- 대책 및 예방 :
  - 증산방지(한낮 12~14시, 25% 차광),
  - 솔라브-EC 3.0~5.0dS<sub>cm</sub><sup>-1</sup>
  - K/Ca 당량비 0.7~0.9, 과실 착과 4주후 제거, 4월 평균 온도 21℃ 유지

### 열과 (Cracking fruit)



- 시기 : 4월부터, 과실비대 과정
- 원인 :
  - 충분한 증산 전 수분 공급, 세포 확장과 수축 불균형
  - 지나친 생장에 따른 급작스런 과실 비대
  - 주야 온도 편차 높, 습도 변화 심, 야간 습도 높, 성숙과 민감(과피 신축성 저하)
- 대책 및 예방 :
  - 첫 공급 늦춤, 마지막 공급 빨리 끝냄
  - 오전 환기시 급변한 환경 변화 주의
  - 낮에 완전 제습이 되도록 농약 살포시간을 조절
  - 일출전후 온도조절로 결로현상 방지



### 흑자색과



- 증상 : 과일 배꼽부분부터 검은 자주색의 줄이 생성되고 과일비대도 멈추게 됨
- 원인 :
  - 저온과 건조 (체내 탄수화물 다량 축적), 배지 온도 낮음 (질산, 인산 흡수 불량)
  - 생육 후기 차과기 근권 EC 상승
- 대책 및 예방 :
  - 적당한 배액으로 염도에 두고 양액 공급
  - 근권 EC와 pH 점검

### 일소과 (Sun scale)



- 시기 : 3월부터
- 원인 :
  - 강한 빛을 직접 과면에 받게 되면 그 부위의 온도가 올라가 수분증산이 많아져 과일표면이 타서 검거나 희게 되어 그 상처부위를 통하여 병원균의 2차 감염이 일어나 부패함
- 대책 및 예방 :
  - 1월말부터 측지 1엽 날김
  - 온실 온도 높게 관리하지 않음.
  - 차광스크린, 유리 코팅

### 기형과(Abnormal fruit)



- 시기 : 전생육기간
- 원인 :
  - 야간 저온과 주간 고온 → 화분발아 및 화분관 신장 불량 → 낙화 및 단위결과 → 기형과 발생
  - 일조와 탄산가스 공급 부족(동화양분 부족)
- 대책 및 예방 :
  - 광 부족 시기 적정 과수 확보
  - 주간 17℃ 이하, 주간 25℃ 이상 넘지 않도록 관리

### 꼬리달린 과(Sheep head, 선침과)



- 시기 : 겨울철
- 원인 :
  - 야간 저온(16℃ 이하), 일조 부족, 꽃의 결로, 과다 차과
  - 겨울철 2그룹 차과 생육중기 저온기
- 대책 및 예방 :
  - 광 부족 시기 적정 과수 확보
  - 주간 16℃ 이하 관리 삼가

### 낙화, 낙과



- 시기 : 전생육기간, 안광기
- 원인 :
  - 고온과 건조, 겨울철과 장마기 일조 부족, 세력 감소
- 대책 및 예방 :
  - 적정 온도와 습도 관리, 광 부족 시기 적정 과수 확보

### 석과, 단위결과



- 시기 : 전생육기간
- 원인 : 생육 왕성, 단화주화, 야간 저온과 주간 고온 (화분경력 저하)
- 대책 및 예방 :
  - 지나친 영양생장 조절

### 실버링과(Silvering fruit)



- 시기 : 봄, 가을(착과 후 3~4주차)
- 증상 : 과실 표면에 은색의 점이 넓게 형성되고 특히 어깨부분에 발생이 많음
- 원인 :
  - 일출 시간대 근압 높은 경우에 수분 흡수 강한 이동으로 인하여 과육세포가 파괴되어 일어남
  - 양액과 배양액내 질소 함량 높은 경우
- 예방 및 대책 :
  - 근압 낮춤(첫 공급 약간 늦게), 합수할 낮춤(공급량 줄임)
  - 양액내 질소 함량 낮춤

### 칼슘반점 (Calcium spot stin)



- 시기 : 3월 이후
- 증상 :
  - 색상 선명하지 못함, 반점 발생, 반점 부위 절개 (조직이 약해있음)
- 원인 :
  - 장마할 민생육이 강한 초고출 착과시
  - 칼슘 흡적 과잉
  - 근압 상승으로 발생
- 예방 및 대책 :
  - 오후와 야간 시설내 습도 낮추고, 충분한 증산 도모
  - K(1~1.5mM/L 높), Ca(1mM/L 낮)



### 과경무름증상 (Brown stem)



- 시기 : 3월 이후
- 증상 : 과경과 꽃기 접촉 부위 갈색 변색
- 원인 :
  - 수액 이동 불량  
(초저녁 과습 조건 과일 비대 후 새로운 과일)
  - EC 낮, 환수율 높 → 근압 증가
- 예방 및 대책 :
  - 과일 비대 끝날 무렵 초저녁 습도 낮
  - 새로운 잎이 만들어지거나 착과가 되게 환경 조절
  - 배지내 근압 낮춤  
(야간 온도 적절히 유지 → 서서히 온도 낮춤)
  - 양액 급액 종료 시간 앞당김, 근압 낮  
(착과 EC 높, 환수율 낮)
  - 착과 직후 공급 EC 낮, 일출전, 후 1시간까지 가온

### 결로 (Condensation)



- 시기 : 가을에서 봄사이
- 증상 :
  - 과피 부분에 미세 액혈
- 원인 :
  - 일교차가 심할 때  
(과일과 실내온도 3℃ 이상)
  - 실내 온도의 급격한 상승과 다습
- 예방 및 대책 :
  - 외기온도 16℃ 이하 경우  
실내온도가 18℃ 일 때 환기
  - 급격한 실내 온도 상승은 상대적으로 낮은 식물체온과  
과일 온도 결로
  - 과실 1℃ 상승하는데 40분~1시간 소요
  - 과일과 실내 온도 크기 양계(일출전, 후 1시간 가온)
  - 상대습도 80% 이상이 되지 않게  
(일출 1시간 전부터 10시까지 crop heating pipe  
40℃ 유지)
  - 과일 온도 낮아지는 것 방지(야간온도 충분히 유지)
  - 환기온도를 난방온도보다 1℃ 높게 유지  
(지나친 실내 온도 상승 및 상대습도 상승 억제)

### 착색불량과 (Coloring disorder)



- 시기 : 가을에서 봄사이
- 증상 :
  - 착과후 8~9주 지나 과일  
색상 발현 미흡 : 수확시기  
지연
- 원인 :
  - 배지내 K 결대 부족, 과일 부과광량 부족, 시설내 다습,  
증산부족
- 예방 및 대책 :
  - 일피 가온(일출전, 후 1시간 가온)
  - 양액내 K 첨가
  - 적실 질시(과일 음분량 증진)
  - 환기 질시(상대습도 줄임)
  - 과일 부과 광량 난방 수확시기 앞당림.

### 씨 없는 과일



- 시기 : 여름, 겨울(1~2월)
- 증상 :
  - 과일이 길어짐
- 원인 :
  - 여름 : 차광으로 광량이 낮고, 시설내 온도 높
  - 겨울 : 외부 기온 차고 광은 종이 환기되지 않고, 온실 온도  
상승되어 습도가 높아져(85%) 꽃가루가 젖은 상태
- 예방 및 대책 :
  - 벌 사용 수정

### 기타장해



### 주요 병충해

- 바이러스
- 흰가루병
- 역병
- 시들음병
- 총채벌레
- 진딧물
- 담배가루이
- 오식가루이
- 나방류
- 아메리카 인공파리
- 응애류

### 바이러스



- 시기 : 전생육기
- 증상 : 잎과 과일 변색, 생육 이상, 변형, 기주식물체의 괴사
- 감염 : 즙액(접촉), 질목, 종자, 흙매, 기타
- 종류 : TMV, CMV, PMV, PVY, PVX, CGMMV, BSWV
- 방제 : 작연시(순장연, 수확 등) 무유, 구제약품 등 이용
  - 진딧물 구제, 주변 잡초 제거, 인근 감자, 담배 등 재배유의
  - 발병종자, 식물체, 유체 소각, 격리재배, 저항성 품종 사용
  - 망실재배(매개충 차단), 장벽설치(매개충 보호), 오염원과 기주식물 제거
  - 작연시 손·기구 소독, 프리에 등 약 관주

### 흰가루병



- 시기 : 봄, 가을(밤낮 기온차 심)
- 증상 :
  - 발병이 진전되면 밀가루를 바른 것 같은 증상을 나타내고 잎자루의 기부에 이충이 생겨 탈락
- 발생 :
  - 바람에 날려 공기 전염되어 발병
  - 건조조건 → 발병조장 : 일예 발생
  - 밤낮의 기온차가 심할 때
- 방제 :
  - 포장 주변 청결, 발병주 초기 제거 및 소각 처리,
  - 질소 비료 과용 삼가, 인산 및 칼리 적당히 사용
  - 지나친 환기 주의, 주간 적습 유지



## 역 병(Phytophthora root rot)

- 시기 : 전생육기
- 증상 : 줄기 지제부와 짧은 뿌리 수침상으로 썩음.
  - 겹질을 벗겨 보면 줄기 내부 연한 갈색암갈색 썩어 있음
  - 감염부위 병원균의 포자덩이가 하얗게 보임.
- 병원균 : 다습한 곳과 약산성 토양에서 발육이 양호
- 발생 :
  - 5월 중하순부터 7월 장마 이후 만연
  - 식양토의 배수 불량, 포장에 다년간 연작
  - 이랑이 낮아 물바람이 나쁠때
  - 깊이 심어 아랫쪽기가 양속에 묻혀있는 경우
  - 석회나 퇴비 시용이 적은 경우
  - 병든 포기 방치한 경우
- 방제 : 병원균을 옮겨 주는 물의 이동 억제
  - 물 빠짐이 좋도록 고랑 깊게 함.
  - 지제부가 양에 묻히지 않도록 함
  - 발병초 제거 후 약제



## 시들음병 (Fusarium)

- 발병원인
  - 상대습도 95% 이상(환기 불량, 배수불량), 아침 일출과 함께 실내 온도 급격히 상승하면서 결로수가 생겨 발아. 최적 일.
  - 배지내 산소 결핍으로 뿌리 부근 캘러스 현상
  - 감염빈도 높아짐.
  - 과다 천과, 1~2월 저온 다습, 저일조 조건
- 목적 및 예방
  - <재배적 방법>
    - 규분 상부 마르지 않도록 관리
    - 드린퍼를 줄기에서 먼곳에 설치
    - 가급적 저농도의 양액을 관주
    - 작물을 작기가 끝난 후 제거하고 소독과 방역이 끝난 후 유모를 입식하는 것이 반드시 → 작기를 중복시키지 않음
    - 사용된 배지는 가능한 멀리 버리거나 매장
  - <환경제어>
    - 습도는 90% 이상 상승하지 않도록 제어
    - 환기와 배수가 잘 되게 하여 포자 발아 억제
    - 관건, 과습의 반복현상은 감염 원인 제공
  - <소독>
    - 온실 출입시 수선과 실발 소독을 철저히 함
    - 작업도구는 수시로 변온 등에 소독하여 사용
    - 감염된 작물이 있던 드리퍼는 교체하거나 소독하여 사용

## 시들음병 (Fusarium)

- 단계적 증상 :
  - 잎 : 열국열국한 반점, 마그네슘 결핍 증상과 유사
  - 부지적 : 줄기가 무르고 질은 갈색 됨



- 단계적 증상 :
  - 과일 : 꽃받침 주위가 검정색을 띠며 진무를 증상



## 시들음병 (Fusarium)

- 단계적 증상 :
  - 지제부 : 연류점적과 수분 스트레스로 elephant's foot가 발생하여 병원균 침입뿐리 굴파리 유충이 캘러스 부위 가해하여 균이 침입, 물관을 따라 갈변





### 총채벌레 (Frankliniella occidentalis)



#### □ 증상

- 연맹을 따라 갈색 피해문점, 모든 잎, 꽃, 과실, 노년
- 꽃받침 주위 상처, 갈변, 흑구출형성

#### □ 종류

- 오이총채벌레, 꽃노랑총채벌레

#### □ 방제

- 한뎀시을 설치하여 성충의 유입을 막음
- 점착유인리본 등을 설치하여 낮은 밀도에서의 성충 밀도증가를 억제
- 용화술 방지하기 위해 은색필름으로 멀칭
- 천적 : 애꽃노랑파, 포식성 이리움에 등

### 진딧물 (Green peach aphid)

- 증상 : 어린 싹, 잎의 뒷면에서 즙액 빨아 먹어 위축, 기형
- 진딧물이 배설한 감로가 그을음병균 유발, 100여종의 바이러스 매개

#### □ 종류

- 복숭아혹진딧물, 목화진딧물, 싸리 수염진딧물

#### □ 방제

- 천적에 의한 방제(클레마티지디벌, 벅커플래트, 지디호파리)
- 적용약제를 잎의 앞뒷면에 고루 묻도록 살포함



### 담배가루이(Lifecycle Bemisia)



- 증상 : 감로에 의한 그을음병 발생

- 생태 : 세대기간 25℃ 15.6일, 30℃ 14일

#### □ 방제 :

- 밀도 높을 때 : 3일 간격으로 3회 연속 방제
- 밀도 낮을 때 : 5~10일 간격으로 방제
- 끈끈이트랩(노랑색)

- 예화율 : 19.8~33㎡ (6~10필)에 1개

- 밀도가 낮을 때 : 9.9㎡ (3필)에 1개

- 밀도가 높을 때 : 3.3㎡ (1필)에 2개

### 담배가루이 피해





### 온실가루이(Lifecycle Trialeurodes)



- 증상 :**
- 퇴색, 위축현상이 나타남
  - 갈로에 의한 그을음병 발생으로 상품가치를 떨어뜨림
- 생태 :**
- 발육과정에 약 3~4주정도 소요
  - 15~26℃에서 성충까지 20~30일 걸림
  - 성충의 수명은 18~30일 정도임
- 방제 :**
- 약제 살포시 잎 뒷면에 잘 묻도록 살포
  - 천적 : 온실가루이좀벌(유충에 산란)
  - 수입국의 농약잔류허용기준을 준수해야하므로 방제 약제에 세심한 주의를 해야 함

### 나방류



- 증상 :**
- 입을 감아먹거나 열매 안으로 유충이 먹어 들어감.
  - 피해 열매 낙과함.
- 생태 :**
- 온실 내 8~9월 발생(최성기)
  - 3회/년 발생하며 번데기로 양속에서 월동함
- 방제 :**
- 유충 발생 초기에 방제 전용약제를 5~7일 간격으로 2~3회 살포
  - 노숙하면 약제 원액에도 견딜 만큼 저항성이 발달
  - 생물적 방제 : 기생천적(고치벌, 뽕서벌, 깡충좀벌) 이용
  - 미생물 방제 : 핵다각체바이러스(NVP), 세균(Bt) 곰팡이 선충 등을 이용

### 나방류 피해



- 방제**
- 천적에 의한 방제(온실가루이좀벌)
  - 약제 방제  
(델타린 액상수화제, 알파스린 유제, 에마멘틴벤조에이트 유제, 주론 수화제, 프로실 유제, 피리크로포스 수화제)

### 아메리카 인공파리 (American serpentine leaf-miner)

- 증상 :**
- 기주식물 잎에 작은 구멍을 내고 산란함.
  - 부화 유충은 기주식물의 잎에 뱀처럼 구불구불한 갱도를 뚫고 충충하여 피해를 줌.
  - 잎 표면에 흰색의 작은 반점들이 많이 생김



- 생태 :**
- 생육기간 : 알-2~3일, 유충-4~8일, 번데기-8~11일
  - 시설 내에서는 연중 발생하며, 년 15회 이상 발생 가능
- 방제**
- 출입문과 환기창에 한냉사 설치하여 성충 유입 차단함.
  - 유충 피해가 없는 천적묘 사용함.
  - 파프리카에 등록된 농약은 없음.

**차면지은애(*Polyrhagoletarsonemus latus*)**

**□ 증상 :**

- 잎 : 뒷면이 갈변하고 위축되며 양면은 윤기가 남
- 광 : 생육이 비정상적 → 피해가 진전되면 뿔사슴가 형성되며 줄기가 무성해짐
- 열매 : 어린열매 → 기형화, 큰 열매 → 피에 굵은 상처 발생



**□ 생태 :**

- 발생적온 : 15~20℃
- 발생되는 시기/조건 : 2~5월로 다습한 시설 내
- 고온거주시 말도감소(5월 말모 격감)

**□ 방제 :**

- 유입 방지가 최선책
- 포장 주변 기주식물(차나무, 잡초) 제거
- 묘상관리에 유의
- 생장점 부위 집중 관리
- 농약 7~8월 간격으로 2~3회 연속 살포

**적반이은애(*Tetranychus urticae*)**



- 증상 : 잎 표면에 작고 흰 반점이 무더기로 나타나고 심하면 잎이 말라 죽음

**□ 생태 :**

- 발생적온 : 20~28℃
- 최적습도 : 50~80%
- 25℃에서는 알이 성충까지 되는데 약 10일
- 시설 내에서는 휴면 없이 연중 활동함

**□ 방제 :**

- 발생 초기인 유묘기에 철저히 방제
- 시설내로 유입을막고 수확 후 잔재물이나 잡초 등을 철저히 제거
- 약제 살포 시에는 계통이 다른 여러가지 약제를 번갈아 사용하여 저항성 발달을 억제

**일본 수출용 농약사용 지침**

- 잔류허용기준 초과 농약
- 삭제된 농약 품목
- 농약안전 사용지침
- 사용금지 농약

최근 일본 수입통관 규정 중 잔류허용기준 초과검출로 문제가 된 농약

농약품목명	상표명	시기	대상작물	비고
Dichlorvos(DDVP) 디클로로포스 유제	디디브이브, 옥구순	2003	감성단고추	미등록
Ethionathion 에티오나티온 유제	모래 에스카	2003	감성단고추 피망	미등록
Methidathion 메티다티온 유제	스프린시이드, 스프린지온, 메티사이드, 메일 에스칼, 메지온	2001	감성단고추	미등록
Chlorpyrifos 클로르피리포스 유제	장바자, 진동탄	2005 2006	감성단고추 멜론	미등록 안전사용 기준위반



2007 일본 수출용 착색다과류 농약안전사용지침 중 삭제된 품목

적용 병목수	농약품목명	상도명	잔류허용기준 (ppm)		국내규격의부
			일본	한국	
꽃피리수용액	Tetramethrin 테트라메트린계 (수용액)	토마토, 사과, 배	5	5	미규격
	Imidacloprid 임다클로프린계 (수용액)	토마토, 사과, 배, 감, 오렌지, 복숭아, 딸기	10	5	고수
	Spinosad 스피노사이드계 (수용액)	사과, 배, 오렌지, 복숭아, 딸기	5	5	고수
향신료용	OBENC 오벤시계 (우계)	향신료	(5)	-	미규격
꽃피리수용액	Chloranil 클로란일계 (분제)	딸기, 사과, 배, 감, 오렌지, 복숭아, 딸기	0.1	0.5	고수
달걀나방 (진딧물)	Metomyl 메토미일계 (수용액)	감귤류 (성부, 성모, 성모, 성부)	(0.7)	1	고수
달걀나방	Metomyl 메토미일계 (분제)	감귤류 (성부, 성모, 성모, 성부)	(0.7)	1	고수
진딧물	Symonol 시몬올계 (분제)	채소	2	1	고수

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

적용 병목수	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		수출전 살포일	살포 횟수	일본	한국
꽃피리수용액	오렌지, 사과	3	3	(2.7)	2.7
	오렌지, 배	10	3	0.5	0.5
	복숭아, 사과	5	4	(0.3)	0.3
향신료용	가스칼	2	5	면제 (0.04)	면제
	코사이드, 임다클로프린, 클로르피리포스, 클로르피리포스	-	-	면제	면제
가금성 진딧물용	메가플	2	3	(0.04)	-
	향신료	2	3	(0.04) (3c)	- 5c
	포름산	3	4	면제 (2)	면제 0.5
표백	포름, 메이스, 염화, 염화, 염화	3	4	(2)	0.5
	프롤판	14	3	(2) (1d)	0.5 1d(Codex)
	글리콜	7	3	(2) (1d)	0.5 1d(Codex)
	캐스텔, 염화, 염화	7	3	(2) 0.3	0.5 0.5

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

적용 병목수	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		수출전 살포일	살포 횟수	일본	한국
표백	카나반	3	4	(0.2) (0.3)	0.1 0.3
	염화	2	4	1	2
	오렌지, 사과, 배, 복숭아	3	5	(2)	2
	오렌지, 배	3	3	(2)	2
	클로르피리포스	7	4	(5) (1d)	0.1 1d(Codex)
	포름산	3	4	면제 (2)	면제 0.5
	코사이드, 임다클로프린, 클로르피리포스, 클로르피리포스	-	-	면제	면제
	향신료, 염화	14	4	7 (5)	7 0.1
	농약	2	3	(4) (2)	1(고수) 1
	향신료	21	2	1	-
표백	복숭아, 사과	5	4	(0.3)	0.3
	포름산	7	4	(0.3)	0.3

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

적용 병목수	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		수출전 살포일	살포 횟수	일본	한국
표백	염화	7	5	15	2
	염화	3	3	15	2
	염화	2	2	10	3 (일안(에고))
	염화, 염화	2	3	10 0.3	3 0.5
	다스린	3	4	10 (3c)	5, 5c
	향신료	7	3	(3)5	5, 5
	염화	5	3	0.5 (2)	0.5, 2 (일안(에고))
	염화, 염화	3	4	(3c) 5	5c, 5
	염화	3	3	2	3 (일안(에고))
	염화	7	5	(0.05)	-
표백	염화, 염화, 염화 (염화, 염화) 염화, 염화, 염화	5	3	5	5
	염화	5	4	(0.3)	0.3
	염화, 염화, 염화	3	4	면제 (3c)	면제 5

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

과용 별특성	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		승용 질량도입	살포 횟수	일본	한국
탈지법	프룬만	14	3	(2) (1a)	0.5 1a(Codex)
	패스텔, 코코넛우유	7	3	(2) 0.3	0.5 0.5
	젤라	7 7	3 3	(0.3)	0.3
	젤라스플라즈	2	3	10 0.3	3 (일반예외)
	미스켓	2	3	(1) 7	1 7
	요니탄, 아로니아스플라즈	3	3	(2)	2
	코코넛	7	4	(3) (0.04)	5
	젤라	5	3	(3) 2	5 2
	가스랑	2	3	연계 (0.04)	연계 -
	젤라	7	3	2	2
	미스켓, 코비라, 코고루, 세나리, 코코넛, 코코넛	7	4	7	7
	아로, 코코넛	14	4	7 (5)	7 0.1

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

과용 별특성	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		승용 질량도입	살포 횟수	일본	한국
탈지법	젤라, 스페스, 코코넛	10	3	0.5	0.5
	젤라, 코코넛우유 (삼 등, 중등, 일반, 아리) 및 우유, 저지방유, 아보칼 코코넛, 코코넛	3	3	(3c)	5c
	코코넛, 코코넛	3	4	(3c) 5	5c 5
	스플라즈, 코코넛스플라즈 스플라즈	5	2	(1)	3
	아로니아스플라즈	5	2	(1a)	1a(Codex)
	코코넛, 코코넛 코코넛	5 7	4 4	(0.3)	0.3
	코코넛 코코넛우유	2	3	0.3	0.5
	아로니아, 바블리	3	4	연계 (3c)	연계 5c

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

과용 별특성	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		승용 질량도입	살포 횟수	일본	한국
젤라/젤라	미스켓	7	3	1	1
	젤라	-	-	연계	연계
	코코넛, 코코넛스플라즈	3	3	(2)	2
	젤라	10	3	0.5	0.5
	젤라	3	3	(1)	1
	스플라즈, 코코넛스플라즈, 코코넛	5	2	(1)	3
코코넛 우유/젤라	코코넛	-	-	연계	연계
	코코넛우유	3	2	(0.4) (3)	0.5 1
	코카미, 코코넛	2	3	2	0.5 (일반예외)
	코코넛우유	3	3	5	5
	미스켓	2	3	5	5
	젤라	2	2	5 (1)	5 1
	코코넛	5	2	1	0.5(사과)
	코코넛	3	3	(0.2)	0.05
	코코넛, 코코넛스플라즈	3	3	(1)	0.7
	젤라	3	3	(1) 3	0.7 2
	코코넛	3	3	(1) (1)	0.7 1

수출용 착색다과류 농약안전 사용지침

과용 별특성	상도명	안전사용기준		잔류허용기준 (ppm)	
		승용 질량도입	살포 횟수	일본	한국
탈지법	코코넛, 코코넛, 코코넛스플라즈, 젤라, 코코넛스플라즈	3	3	2	0.5
	코코넛	3	3	2	0.5
	젤라	3	3	(0.2)	0.05
	코코넛	3	3	0.5	0.5
	코코넛	7	3	0.5 0.5	0.5 0.5
	젤라	3	3	(1)	1
우유 우유/젤라	스플라즈, 코코넛, 스플라즈, 코코넛	5	2	(1)	1
	코코넛, 코코넛스플라즈	3	3	(1)	0.7
	젤라	3	3	2	0.5
	코코넛스플라즈, 코코넛, 젤라	10	2	0.5	0.5
	코코넛	3	3	(0.4) (1)	0.5 0.7
	코카미, 코코넛	2	3	2	0.5 (일반예외)
	코코넛, 코카미, 코코넛	2	3	2	0.5 (일반예외)
	젤라	3	3	(1)	0.7
	코코넛, 코코넛스플라즈	3	3	(1)	1

수출용 차세대고추 농약안전 사용지침

과용 병해충	상도명	안전사용기준		중독량기준 (ppm)	
		승용전 살포일	살포 횟수	일본	한국
온실 고추흰	프시노 베타알라진,아지메프,노다지	30 30(양재)	2 2	(3)	1
	진정된 죽염	3	3	(1)	1
야생고추 파리	프탈산 에치	3	3	1	0.5
	포스피란	10양재	3	5	5
	프시노 아지메프,프사인 아지메프,아지메프,프사인	3 3	4 3	(3) (1)	1 1
진딧물	오린	30 30(양재)	3 2	3	2 (일안제프)
	솔라	2	3	3	2 (일안제프)
	일정	5	2	3	2 (일안제프)
	죽염,아미모	5	3	1	1
	프탈산,프탈산,아지메프,프사인, 스프린트	2	3	1	1
	스프린트	5	3	1 (1)	1 1
	인도	5	2	1 1	1 1
	살마부질	3	2	(0.4) (3)	0.5 1
	리그놀	7	3	5	0.3
	인성	3	3	2 1	0.5 1

수출용 차세대고추 농약안전 사용지침

과용 병해충	상도명	안전사용기준		중독량기준 (ppm)	
		승용전 살포일	살포 횟수	일본	한국
진딧물	델타	2	2	5 (1)	5 1
	프사인,아미모, 아지메프,프사인,시클라, 진정된 죽염,프사인	3	3	2	0.5
	프사인	3	5	0.5	0.5
	프사인	7	5	0.5 0.5	0.5 0.5
	진정된 죽염	3	4	0.5 0.2	0.5 0.1
	프시노 아지메프,프사인	3	4	(3)	1
	프시노	5 30(양재)	3	(3)	1
	프시노 베타알라진,아지메프, 노다지,아미모	아지메프	1	(3)	1
	프사인	3	3	(1) (3)	0.3 (일안제프)
	프사인,아미모,프사인	3	3	3	2
	프사인	프사인	1	3	2
	아미모	프사인	1	(1)	1
아미모,아미모,프사인	3 30(양재)	3	(1)	1	

수출용 차세대고추 농약안전 사용지침

과용 병해충	상도명	안전사용기준		중독량기준 (ppm)	
		승용전 살포일	살포 횟수	일본	한국
진딧물	인성	3 30(양재)	3	(5)	1
	프사인,아미모,프사인, 프사인	10	2	0.5	0.5
	포스피란	3 30(양재)	5 2	5	5
	프사인	2	3	0.4	-
	프사인	3 3(양재)	4 2	2	1
야생고추 파리	솔라	5	2	1	0.5(사과)
	프사인,프사인,아미모, 프사인	3	3	(1)	0.7
	프사인	3	3	(0.5)	0.5
	프사인	5	4	(0.3)	0.3
	프시노,아미모,프사인,프사인, 프사인,프사인,프사인,프사인	7	3	(E)	0.3
살마부	3	3	3	3	

일본 수출 농산물에 대한 사용금지 농약

성분명	농약등록명	상도명	비고
Carbamate	아지메프,아미모,프사인	프사인,아미모,프사인, 프사인,아지메프,프사인	승용전
	프사인,프사인,아지메프, 프사인	비상구	승용전
Organophosphate	아미모,프사인,프사인,프사인	프사인,프사인,프사인, 프사인,프사인,프사인	승용전
	아미모,프사인,프사인, 프사인,프사인	완숙	승용전
Carbamate	프사인,아미모,프사인	프사인,프사인	승용전

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

### 제1절 연구개발의 내용 및 달성도

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
시설유형별 적정 고랭지 여름작형 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시설유형별뿐만 아니라 지역별 월간 수량, 소득, 경제성을 비교하여 지역별 시설유형별 적정 작형을 수립함</li> <li>- 파프리카의 재배지역 시기별 병해충 발생 양상 조사</li> </ul>	100%
고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발 (파프리카+토마토)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 파프리카 후작 토마토 재배에 적합한 품종선발</li> <li>- 단위면적당 재식주수가 토마토 수량에 미치는 영향</li> <li>- 배지(슬러브)사용 횟수가 파프리카 후작 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향</li> <li>- 파프리카 재배 후 슬러브 재사용을 통한 토마토 재배 작형의 경제성 분석</li> </ul>	100%
저온기 우량 유묘 생산 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 품종별 묘소질 비교</li> <li>- 이식방법 및 큐브 내 함수량 차이에 따른 묘 소질 변화</li> <li>- 육묘시 공급 EC가 묘소질에 미치는 영향</li> <li>- 저온기 야간온도환경 변화에 따른 묘소질 비교 연구</li> </ul>	100%
고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관행의 방법인 2분 유인과 3분 유인의 생육 및 과실통성 비교 연구</li> </ul>	100%
슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실품질에 미 치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관행의 방법과 슬러브 내 함수율 50%, 100% 처리에 따른 파프리카의 생육 및 과실품질 비교 연구</li> </ul>	100%
생육 후기 착색 증진 방법 모색	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에테폰 처리에 따른 파프리카의 착색 증진 구명</li> <li>- NaCl의 엽면처리에 따른 착색증진 및 경도 비교 연구</li> <li>- 근권부 50%, 100% 처리에 따른 반숙과 착색유도 조사</li> </ul>	100%
엽면적 조절에 따른 착 과증진 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 측지엽 유도에 따른 착과증진 효과 구명</li> <li>- 엽면적 조절에 따른 착과증진 효과 구명</li> </ul>	100%

목 표	연구개발 수행내용	달성도(%)
초기 착과 조절을 통해 품종별, 과실크기 조절방법 구명	- 품종별 1그룹 착과수 조절이 과실크기에 미치는 영향	100%
고온기 차광에 의한 착과증진 효과 구명	- 고온기 시설 내부 온도를 낮추기 위한 외부 차광망 시설의 효과 검토 - 차광에 의한 파프리카 생육 및 수량 특성 구명 - 외부 차광망 시설의 경제성 분석	100%
4-CPA를 이용한 착과 증진 효과 구명	- 파프리카의 생장과 수확에 있어 4-CPA를 처리 했을 때의 효과 실험 - 4-CPA를 처리하였을 때 절위별 생체중의 변화 실험 - 4-CPA를 처리하였을 때 절위별 착과율의 변화 실험	100%
질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과	- 양액조성에 따른 파프리카 생육 및 생리 조사 - 처리별 양액조성(칼슘과 질소농도)에 따른 파프리카 병리 조사	100%
파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향	- 파프리카에서 분리한 잿빛곰팡이병의 살균제 저항성 - 잿빛곰팡이병 방제 살균제의 약효 및 저항성 연구를 위한 검정방법	100%
파프리카에서 발생하는 잿빛곰팡이병에 대한 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과	- 7가지 칼슘제제가 포함된 PDA 배지내에서의 잿빛곰팡이병 방제효과 - 선택된 칼슘제제를 이용한 파프리카의 육묘에서의 잿빛곰팡이병 방제효과 조사. - 칼슘제제를 통한 파프리카 하우스내 잿빛곰팡이병 방제를 위한 양액 이유식개념 실험	100%
포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잿빛곰팡이균 선택배지 개량	- 잿빛곰팡이병 균주 샘플 채취 - 항진균 및 항생물질 선발 - <i>Botrytis spp.</i> 선택배지간의 선택성 및 성장비교 - RS배지에서 균핵 및 포자배양 실험	100%

## 제 2절 연구개발의 착안점 및 기술발전에 대한 기여도

목표	착안점	기술발전에 대한 기여도
시설유형별 적정 고랭지 여름작형 개발	- 정식시기별 경제성 분석 정확도	- 시설유형별 뿐만 아니라 지역별 분석을 통해 강원도 고랭지 파프리카의 지역별 적정 작형을 제시함
고랭지 파프리카 단기 후작 작형 개발(파프리카+토마토)	- 후작 작형 개발에 따른 경제성 분석의 실효성	- 파프리카 재배 종료 후 슬러브 재사용을 통한 토마토 재배시 단위면적당 수확량이 1a당 1,300kg으로 평당 42kg의 생산이 가능한 점을 고려하여 충분히 경제성이 있는 작형으로 판단되어 영농활용자료로 제공
저온기 우량 육묘 생산기술 개발	- 저온기 육묘기술 향상 여부	- 우량육묘 생산을 위해 이식시기별 그리고 근권생육 향상 처리와 야간온도 환경 변화에 따른 묘소질 비교 연구의 시험결과 자료를 바탕으로 저온기 육묘기술 개발 가능함
고랭지 작형에 적합한 유인 방법 개발	- 관행 작형과 비교 실험 결과 명확성	- 비상품과 수량이 주당 3본 유인이 관행보다 4.78개 많았지만, 상품과 수량이 평당 5.2kg 많이 생산이 가능한 점을 고려하여 충분히 경제성이 있다고 판단되며, 영농활용자료로 제공
슬러브내 함수율 차이가 생육 및 과실 품질에 미치는 영향	- 적정 배지 내 함수율 구명 여부	- 생육시기에 따라 초기에 강한 스트레스와 후기의 개선되는 환경에서는 근권 안정을 취하는 것이 수량을 증가시킬 수 있는 재배 기술 구명
생육 후기 착색 증진 방법 모색	- 실효성 있는 착색증진 방법 개발여부	- 근권부 제한과 높은 농도의 NaCl 처리는 착색 유도에 효과적이나, 과실품질 저하를 초래하였고, 수확 전후 에테폰 처리가 착색을 증진하였으나, 처리 온도가 더욱 효과적으로 구명

목표	착안점	기술발전에 대한 기여도
엽면적 조절에 따른 착과증진 효과	- 착과율을 근거로 적정 엽면적 지수를 구명	- 여름재배에서 생육 초기에 측지엽을 유도하여 적정 엽면적지수에 빨리 도달시키는 것은 생식생장과 영양생장의 균형 유도
착과절위 및 착과수 조절에 따른 착과특성	- 초기 착과량 조절을 통한 품종별 과실크기 조절 가능 여부	- 적정 수준의 착과를 유지하고, 안정적인 과실생산을 통한 소득제고 효과가 있어, 여름재배시 필요한 재배기술 자료 제공
고온기 차광에 의한 착과증진 효과 구명	- 착과율을 향상시킬 수 있는 가장 효과적인 방법으로 구명	- 고온기 여름재배시 일사제어에 의한 차광이 식물체의 온도를 하강시켜 작물의 활력 유지시켜 주어 착과에 향상
4-CPA를 이용한 착과 증진 효과구명	- 4-CPA를 개화한 화기에 살포하여 고온기에 착과 증진 효과 여부	- 수확과수가 스페셜은 100배액 처리가 무처리 대비 1.2개 많고, 피에스타는 200배액 처리가 무처리 대비 총수량 2.7% 높음.
질소와 칼슘증가에 따른 파프리카의 생육 및 잿빛곰팡이병 방제에 대한 효과	- 잿빛곰팡이병 종합적 약제방제방법 개발여부	- 파프리카 육묘시 질소와 칼슘 농도조절을 통한 파프리카의 잿빛곰팡이병 방제에 중요한 기초 자료 및 배꼽썩음병의 발생 억제 기술 응용 가능
파프리카 재배시 발생하는 잿빛곰팡이에 대한 살균제 방제 및 저항성 영향	- 잿빛곰팡이 방제 약제 저항성 및 반응형 조사	- 혼합살균제인 tebuconazole +tolylfluanid가 잿빛곰팡이병 포자를 이용한 분석 방법에서 방제가 우수하여 영농활용자료로 제공 가능
파프리카에서 발생하는 잿빛곰팡이병에 대한 대체적인 방법인 칼슘제제에 대한 효과	- 칼슘제제 살포가 잿빛곰팡이에 대한 방제 효과 검증 여부	- calcium carbonate, calcium oxide, calcium hydride, calcium hydroxide 칼슘제제가 파프리카 육묘에서 잿빛곰팡이병 억제 효과 구명
포자채집기의 사용을 위한 파프리카 잿빛곰팡이병균 선택배지 개량	- 잿빛곰팡이병균의 밀도를 조사하기 위한 기구로 효과적인 <i>Botrytis</i> 선택배지를 개발하기 위하여 실험 분석	- 포자채집기를 이용하여 공기 중 비산포자를 효과적 채집을 가능 - 온실에서 <i>Botrytis</i> sp.의 포자 밀도를 조사하여 방제에 효과적

# 제 5장 연구개발 성과 및 성과 활용계획

## 제 1 절 연구개발 성과

### 1. 연구논문 성과

- The suppressive effects of calcium compounds as alternative methods against *Botrytis cinerea* in paprika plants(2009, 식물병리학회, 김병섭, 용영록),
- Survey of fungicide Resistance for Chemical Control of *Botrytis cinerea* on Paprika(2008, 식물병리학회, 김병섭, 용영록),
- A reformed selective medium for Gray Mold(*Botrytis cinerea*) of Paprika for using a spore-trap(2008, 환경연구논문집, 김병섭, 용영록),
- Effects of calcium and nitrogen different concentrations on the seedling growth and on control of *Botrytis cinerea* of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.)(2008, 아시아 원예학회, 김일섭, 김병섭, 용영록)
- Effect of Cultural Regions or Methods on Postharvest Physiological Characteristics and Qualities of Paprika Fruits(2008, 생물환경조절학회, 김일섭, 강호민)
- The Effects of the Position and the Number of Fruits During the Early Growth Stage on the Fruit Set during the Late Growth Stage of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.) of Alpine Area in Hydroponics(2008, 한국원예학회, 원재희, 전신재)
- The Effect of Outside Shading of Greenhouse on the Improvement of Fruit Set of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.) of the Alpine Area in Summer Hydroponics(2008, 한국원예학회, 원재희, 전신재, 김일섭, 강호민)
- Effect of transplanting methods and water contents in cube on quality of paprika seedlings(2008, 아시아 원예학회 김일섭, 용영록, 강호민, 김용섭)
- The effect of use frequency of rock wool compost media on the growth and yield of tomato fruit(2008, 생물환경조절학회, 김일섭, 강호민, 김용섭)
- Developing Short-Term Succeeding Cropping System of Paprika(2008, 생물환경조절학회, 김일섭, 강호민, 김용섭)
- Comparison of Productivity of Paprika Grown in Different Style of Greenhouses and Planting Dates(2007, 한국원예학회, 김일섭 강호민)
- Comparison of Quality and Postharvest Physiological Characteristics of Paprikaes Grown



in Different Cultural Conditions(2007, 한국원예학회 김일섭, 강호민)

- Selection of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.) Varieties Suitable Cultivation of Alpine Area in Hydroponics(2007, 한국원예학회, 원재희, 전신재)
- Effect of the Leaf pruning on the Growth and Yield of Sweet Pepper(*Capsicum annuum* L.) in Summer Hydroponics(2007, 한국생물환경조절학회, 원재희, 전신재)

## 2. 산업기술인력 양성 성과

프로그램명	프로그램 내용	교육기관	교육 개최회수	총 교육시간	총 교육인원
강릉대 농수산인교육원	파프리카 생산기술	강릉대	4	10	50
강원대 지역농업특성화 사업단	파프리카 생산기술	강원대	2	4	30
강위도 파프리카 컨설팅사업	파프리카 생산기술	강릉대	10	20	40

- 박사 1명, 석사 2명, 학사 3명이고, 모두 남자로 지원 총인원은 6명으로 인력지원 성과

## 3. 경제사회 파급효과

대상농가수	현장교육 및 기술지도		세미나		홍보		
			건	참여인원	TV	신문	기타
90호	현장교육	114건	12	376명	1	6	1
	기술지도	16회					

- 화학 기초지식과 관비 및 양액관리 기술 교육(평창군 진부면사무소, 김일섭, 강호민)
- 가을철 저온기 효과적인 열관리 및 시설관리 요령 세미나(강원도 농업기술원, 원재희, 전신재, 김일섭)
- 저온 다습에 의한 잿빛곰팡이병 경감 기술교육(강원도 농업기술원, 용영록, 원재희)
- 정식후 양액 및 pH관리 요령 세미나(강원대 원예학과 김일섭, 강호민, 원재희, 용영록)
- 고온기 생리장해 경감을 위한 환경 및 양액 관리 요령 지도(평창군 진부면, 김일섭,)
- 병해충 예방대책 및 관리기술(강릉시 옥계면, 용영록, 김병섭)
- 배지내 EC 조절을 통한 고온기 생육조절 및 착과 촉진 기술 지도(춘천시 신북읍, 김일섭, 원재희, 전신재)
- 병해충(잿빛곰팡이병, 담배나방) 및 생리장해(배꼽썩음과) 조기 예찰 지도(인제군 서화리

김병섭, 용영록)

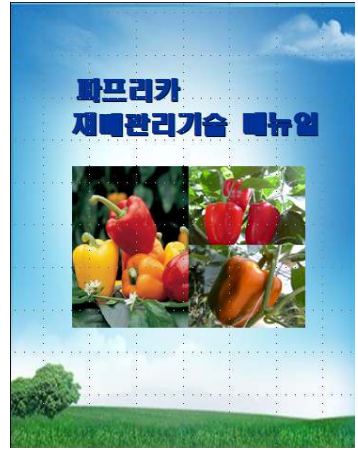
- 고온기 과실 비대축진을 위한 비배관리 자문(철원군 와수리, 김일섭, 강호민)
- 생산량 증대를 위한 환경 및 비배관리 자문(화천군 상서면, 원재희,전신재)



현장지도 및 세미나 사진

- 홍보 성과

홍보	매체	기사내용
신문	강원일보	파프리카 농가 대상 위기대응 컨설팅
	강원일보	파프리카로 FTA이겨낸다
	동아일보	평창, 파프리카 400만달러 수출
	강원도민일보	‘미니파프리카’블루오션 찾는다
	강원일보	[강릉]강원-제주 농가간 파프리카 재배교류
	농업인신문	강원도 ‘수출효자’ 파프리카의 거듭된 진화
T V	연합뉴스(YTN)	철원군 파프리카 수출 활기
기타	책자	착색단고추 재배관리기술 메뉴얼



파프리카 홍보 관련 신문스크랩(좌), 농가보급용 메뉴얼 작성(우)

※ 강원도내 착색단고추 재배면적 및 수출액 증가 추세

- 2008년도 강원도 신선채소류 총수출액 76.7%차지
- 일본 여름 유통물량 중 한국산 점유율 20%, 그 중 강원도산이 70%차지
- 강원도의 수출액 점유율은 연평균 18%이나 3/4분기와 4/4분기는 각각 50.4%와 24.8%

4. 기대 성과

가. 기술적 측면

- 고랭지 파프리카 고온기 재배시 작과불량의 문제를 해소할 수 있는 종합적 재배기술 개발 및 환경관리기술 확립
- 우량묘 생산으로 파프리카 생육에 가장 적합한 양액 조건 구명
- 여름철에 생육이 우수한 고랭지 파프리카의 재배가 가능하여 증수는 물론 고품질의 고랭지 파프리카 생산 가능.
- 고랭지 여름재배에 있어서 시설 내로 유입되는 광 에너지를 충분히 사용할 수 있는 엽면적 조절기술은 파프리카 이외에 토마토, 고추 등 타 작목에도 적용 및 응용이 가능하여 생산성 향상 및 고품질 생산에 기여
- 우량묘 생산으로 파프리카 생육에 가장 적합한 양액 조건 구명
- 여름철에 생육이 우수한 고랭지 파프리카의 재배가 가능하여 증수는 물론 고품질의 고랭지 파프리카 생산 가능.
- 고랭지 여름재배에 있어서 시설 내로 유입되는 광 에너지를 충분히 사용할 수 있는 엽면적 조절기술은 파프리카 이외에 토마토, 고추 등 타 작목에도 적용 및 응용이 가능하여 생산성 향상 및 고품질 생산에 기여
- 잣빛곰팡이병 발생 예찰을 위한 기구 개발로 효율적 방제가 가능

- 살균제의 저항성 문제를 조절하는 수단으로 이용
- 방제가 어려운 잣빛곰팡이병균에 대한 유전 연구를 통하여 신규 작용점 연구에 이용될 것으로 생각해 신규 농약을 개발하는 연구팀에 정보 제공
- 잣빛곰팡이병뿐만 아니라 저항성 문제가 심각한 다른 병에 대하여도 적용이 가능

#### 나. 경제·산업적 측면

- 조기가온을 피하고, 불량환경의 피해를 최소화하여 생산 경영에 안정화 유도
- 초기 대과, 고온기 소과로 인한 소득 감소 완화
- 가을철 남부지방과의 동시 출하를 줄여, 가격 안정을 꾀할 수 있음.
- 파프리카 고랭지 여름재배시 착과증진 및 수량증대를 위한 엽면적 조절 기술을 통하여 수량이 623kg/10a이 증수 되어 1,780천원/10a의 소득증대에 기여
- 초기(2~8절) 착과시에 관행(주당 4.0~5.5개) 대비 착과수를 주당 2.5~3.0개로 적과하면, 하위절위의 착과에 의한 부하가 적게 작용하여 초세가 안정되어 원활한 착과가 유도되어 수출 규격수량이 무처리의 7,026kg/10a의 107.7%인 7,563kg/10a로 537kg이 증수되어 1,479천원/10a의 농가 소득증대에 기여
- 여름철 고온기 착색단고추 재배시 시설외부에 차광망(30%)을 설치하여 시설 내 온도가 높아질 때 차광망을 이용하면 식물체의 온도를 5℃ 떨어뜨려, 작물의 활력을 유지하는데 도움을 주어 스페셜과 피에스타 품종에서 각각 무처리 대비 36%, 11%가 증수되어 1,470천원/10a의 농가 소득 증대에 기여
- 파프리카의 절위별 착과율을 일정하게 유지시키는 기술은 일본으로의 수출량이 부족한 9월~10월에도 일정하게 생산됨으로써 일본시장에서 한국산의 점유율을 높이는 등 대일 수출증대에 일조
- 병해충 발생방지로 클레임을 사전에 예방함으로써 경제적 손실을 줄이고 병해충 발생 처리 기술의 실용화에 따른 내수 및 수출 유통에 파급효과가 클 것으로 예측.
- 수출 농산물에 대한 병해충 예방 기술 개발로 농산물 수출량 증대에 기여.
- 저항성균에 대한 효율적 방제로 막대한 방제비를 절감할 수 있음
- 이러한 정보를 이용한 환경 조화형의 효율적인 방제 수단 확립
- 청정 재배가 가능하므로 고부가가치 농산물 생산
- 저농약 살포로 우리 국민의 먹거리에 대한 심리적 불안감 해소

## 제 2 절 연구개발 성과 활용계획

### 1. 실용화·산업화 활용계획

- 생육시기에 따라 초기에 강한 스트레스와 후기의 개선되는 환경에서는 근권 안정을 취하는 것이 수량을 증가시킬 수 있는 재배 기술 구명 제공
- 고온기 착과촉진 및 과실 비대를 위한 재배기술로 재배 기술 현장 접목에 기여
- 신규 작형 개발 (착색단고추+토마토 등)을 통한 농가소득 증대로 인한 수출확대 및 농가소득 향상 유도
- 고랭지 여름작형과 남부 축성작형을 연계하여 국내 착색단고추 해외수출 시장의 안정적인 점유 기여
- 착과증진 기술을 활용한 파프리카 수량증대로 농가의 소득 제고에 기여
- 파프리카의 안정적인 연중 출하물량 확보로 수출단가의 상승 기여
- 고랭지 여름작형의 재배기술 확립에 따른 남부지방의 수출단가 상승에 간접적 기여
- 연중 안정적인 수출로 한국산 파프리카의 일본시장 점유율을 높이는데 기여
- 병해충 발생방지로 클레임을 사전에 예방함으로써 경제적 손실을 줄이고 병해충 발생 처리기술의 실용화에 따른 내수 및 수출 유통에 파급효과에 기여
- 수출 농산물에 대한 병해충 예방 기술 개발로 농산물 수출량 증대에 기여
- 수집한 고랭지 착색단고추 농가의 현장애로기술과제와 새로 개발되는 기술을 중심으로 연구 및 기술 보급, 전국으로 확대 기여

### 2. 교육지도 및 홍보 활용계획

- 적당한 수준의 착과를 유지함으로써, 안정적인 과실생산을 통한 소득효과가 있어, 여름재배시기에 필요한 재배기술 자료 제공
- 우량유묘 생산을 위해 이식시기별 그리고 근권생육 향상 처리와 야간온도 환경 변화에 따른 묘소질 비교 연구의 시험결과 자료를 바탕으로 저온기 육묘기술 개발 가능할 수 있는 기초자료로 활용

### 3. 추가연구 활용계획

- 파프리카 고랭지 여름재배시 엽면적지수 조절이 착과 및 수량에 미치는 영향(한국원예과학기술지, 2009),
- 파프리카 착과절위 및 착과수 조절이 상위절위의 착과에 미치는 영향(한국원예과학기술지,

2009),

- 시설외부 차광에 의한 파프리카 착과증진 효과(생물환경조절학회지, 2009)의 논문 게재 계획
- 농진청 발행 표준영농교본(2009) 작성 시 연구자료의 이용과 착색단고추 특화 겸임연구 사업단 활동의 기술 확산 계획
- 고랭지 여름 풋고추 비가림 재배기술 개발(농진청 아젠다 과제, 2009~2011)의 추가 연구 활용 계획

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

1. Aloni, B., E. Pressman, and L. Karni. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Annals of Botany* 83:529-534.

단고추 과실의 모양은 꽃 발달의 매우 초기단계에 결정되는 것으로 알려져 있다. 작고 flattened 한 과실은 주로 저온(16°C 이하) 조건에서 단위결과성으로 ovaries가 확장해 나가는 꽃에서 시작된다. 이러한 꽃들은 암술머리(stigma)와 수술웅예(stamens)가 멀리 떨어져 있기 때문에 자가수정이 잘 이루어지지 않는다. 꽃의 이러한 기형(deformation)은 주로 겨울에 나타난다. 이번 연구에서 꽃의 기형은 야간온도 18°C에서 재배하는 상태에서 과실을 모두 제거한 지 15일 만에 나타나는 것으로 나타났다. source 일인 식물체 하위엽을 제거하면 과실제거의 효과를 감소시켜 기형을 약간 감소시켰다. 과실의 제거는 flower bud에서 starch의 함량을 증가시키고, sucrose를 제외한 sugar의 함량을 감소시켰다. 마찬가지로 식물체의 flower buds는 12°C에서 자란 경우 18°C에서 자란 것 보다 더욱 많은 carbohydrate의 함량을 나타냈다. 이러한 결과는 고추 꽃의 형태는 적어도 부분적으로 source와 sink의 관계조절에 있음을 제안한다. 정상적으로 동화산물이 정상적으로 크고 있는 과실로 가야 하는데, 과실의 제거로 그쪽으로 가지 못하면 이것이 꽃으로 가서 꽃을 크게 만든다. 낮은 온도조건에서 과도한 동화산물의 flower buds로의 이동이 기형과의 원인으로 이어진다.

2. Aloni, B., L. Karni, Z. Zaidman, and A.A. Schaffer. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Annals of Botany* 78:163-168.

고추 꽃의 낙화는 낮은 광도와 고온에서 많이 나타난다. 낮은 광도와 적엽은 꽃의 sugar 축적을 감소시켜, 낙화의 원인이 된다. Sink 앞에서 매일의 sugar 축적을 위한 광도의 시작은 꽃보다 훨씬 낮아 결과적으로, 어떤 광도에서든지 인접한 flower buds 보다 sink 앞이 낮 동안에 높은 sugar를 축적 한다. 이것은 기관 간에 축적에 있어서 경쟁한다는 것을 의미한다. 단고추 'Maor'과 '899'(낙화에 민감)품종의 꽃은 차광조건하에서 'Mazurka'와 'Lehava'(둔감)보다 낮은 soluble sugar와 starch를 축적한다. 이러한 결과는 낮 동안에 sugar와 starch를 축적하기 위한 꽃의 용량은 꽃의 유지와 착과를 결정짓는 중요한 요소라고 생각된다.



3. Gary, C., P. Baldet, N. Bertin, C. Devaux, M. Tchamitchian, and P. Raymond. 2003. Time-course of tomato whole-plant respiration and fruit and stem growth during prolonged darkness in relation to carbohydrate reserves. *Annals of Botany* 91:429-438.

Source가 제한된 조건에서 simple carbon balance model(1994)이 적합한 모델인지를 알아보기 위하여 암상태의 조건을 부여하면서 토마토 식물체의 동적인 생육, 호흡 그리고 탄수화물의 흐름을 관찰하였다. 시험을 시작하기 전 4일 동안 식물체는 높고 낮은 수준의 광과 CO<sub>2</sub>에 노출시켰다. 영양기관에서 탄수화물의 농도는 광과 CO<sub>2</sub>가 낮은 조건에서 성장한 것이 높은 조건에서 성장한 것에 비하여 30~50%정도 낮았다. 암상태가 지속되는 동안 탄수화물 저장량이 작은 식물체는 호흡량이 적었으며, 24시간이후에는 거의 0에 가까웠으며, 잎, 뿌리, 꽃의 탄수화물은 거의 다 소진되었다. 그러나 탄수화물 저장량이 많은 식물체는 오랫동안 호흡량이 일정하게 유지되었으며, 잎과 꽃의 탄수화물 함량은 적어도 48시간까지는 유지되었다. 반면에 과실의 경우에는 탄수화물의 함량이 일정하였고, 과실의 비대율도 처리에 의한 탄수화물의 동화에 관계없었다. 시간의 경과에 따른 asparagine과 glutamine의 농도는 잎과 꽃에서 탄소 스트레스가 관찰되었다. 낮은 탄소 동화물에서 source와 sink의 활성은 영양기관이 가지고 있는 탄수화물을 자신의 성장을 정지 시키면서도 과실을 유지하는 것으로 판단되었다. 그래서 우리는 simple carbon balance model(1994)이 식물생육모델로 적합한 것으로 생각된다.

4. Heuvelink, E. and O. Korner. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom-end rot in sweet pepper. *Annals of Botany* 88:69-74.

이 시험의 목적은 단고추에서 단위결과성 과실이 수확의 불균일 패턴을 회피할 수 있는지를 알아보는데 있다. 단고추를 6월부터 8월까지 온실에서 재배하였다. 반은 착과에 관한 처리를 하지 않았고(control), 나머지 반은 자가수정을 방지하고, 암술머리에 오옥신을 처리하였다. node의 위치는 3~17이었고, node당 착과의 변이는 대조구의 경우 21~55% 이었고, CV 값은 11% 이었다. 반면에 오옥신을 처리한 식물에서는 착과에 있어서 낮은 변이를 보였고, 평균 착과수도 높았다. 또한 오옥신 처리구에서 수량이 균일 하였다. 수량의 변이는 대조구의 경우 0.2~1.0 kg m<sup>-2</sup>으로 CV는 20%이었으나, 오옥신 처리구의 경우 0.4~0.8 kg m<sup>-2</sup> 이었고, CV는 9%였다. 단고추 과실에서 종자의 발달은 낙화와 불규칙한 착과 및 수량의 주요한 원인이다. 단위결과성 과실의 성장은 과실 성장률의 감소로 인하여 30% 작은 과실이 생산되고, 과실의 생육기간도 대조구에 비하여 1주일 정도 길어졌다. 단위결과성 과실은 배꼽썩음과에 큰 영향을 끼쳐서 대조구에서 31%가 발생했을 때, 오직 1%만이 발생하였다. 총 건물(total dry mass) 생산은 처리구와 대조구가 같았다. 하지만 오옥신 처리구에서는 건물물의 50%가 과실이었고, 대조구에서는 58% 이었다.



5. Dodd, I.C., J. He, C.G.N. Turnbull, S.K. Lee, and C. Critchley. 2000. The influence of supra-optimal root-zone temperatures on growth and stomatal conductance in *Capsicum annuum* L. *Journal of Experimental Botany* 51:239-248.

Pepper식물체를 싱가포르의 온실에서 실내온도는 자연상태로 변화하는 상태로 분부경재배하고, 근권온도는 두 가지 처리를 두어 시험하였다. 두 가지 처리는 근권온도를 일정하게  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 처리와 자연상태(A-RZT,  $25\sim 40^{\circ}\text{C}$ )로 한 처리이다. 식물체의 생육은 20-RZT가 A-RZT로 재배한 것에 비하여 엽수가 많았고, 엽면적이 넓었으며, 건물중도 높았다. 근권온도 처리 간에 식물체의 생육, stomatal conductance(g<sub>s</sub>), 수분관련 동향을 연구하기 위하여 상호작용을 조사하였다. A-RZT에서 20-RZT로 갈수록 식물체의 건물중과 엽면적, 엽수, 줄기의 water potential 그리고 stomatal conductance(g<sub>s</sub>)가 증가하였고 반대의 경우에는 반대의 결과를 보였다. Root hydraulic conductivity는 20-RZT에서 A-RZT에서 23일이 지난 후에 80% 감소하였다. 20-RZT에서 A-RZT로 바꾸고 난후에 xylem의 ABA함량과 xylem의 Nitrite의 함량은 영향을 받지 않았으나, xylem sap의 pH는 0.2정도 낮아졌다. 양쪽 처리에서 모두 어린 충분히 전개된 잎에서 g<sub>s</sub>는 발육함에 따라 높게 나타났다.

6. Marcelis, L.F.M. and L.C. Ho. 1999. Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Experimental Botany* 50:357-363.

배꼽썩음과 발생에 있어서 착색단고추의 성장량과 칼슘함량의 상대적인 중요성을 ① 한가지 품종에 4가지 수정처리, ② 4품종에 같은 수의 과실 착과, ③ 4품종에 3가지 수준의 과실착과를 조사하였다. 과실에서 같은 수정처리에 있어서는 초기에 과실의 성장률이 높았던 것에서 배꼽썩음과의 발생이 많았다. 같은 실험 내에서 작은 과실의 성장률과 배꼽썩음과는 종자의 수가 늘어나면서 증가하였다. 성숙된 과실 과육의 칼슘 함량과 과실의 크기는 배꼽썩음과의 발생과 부의 상관이었다. 다른 수정처리에 있어서 배꼽썩음과의 발생률 차이는 과실의 성장률로만 설명하기는 어려웠지만, 성숙된 과실의 칼슘 함량과의 차이는 있었다. 봄에(여름이 아님) BER에 민감한 품종들은 저항성이 있는 품종과 비교하여 최종과실이 컸지만, 어린과실의 칼슘 함량이 적었다. 여름철에 착과수를 낮추면 과실의 크기와 BER의 발생은 증가하였지만, 모든 품종의 어린과실의 과육의 먼 곳과 가까운 곳 모두 칼슘의 함량에는 영향을 주지 않았다. 성장률과 과실에서 낮은 칼슘함량과의 상관에도 불구하고, BER의 발생은 과실생장과 과실 내 칼슘의 함량과 독립적인 영향을 주는 것으로 예측되었다. 이러한 데이터는 BER을 방지하기 위해서는 성장률이 높을수록 더 많은 칼슘의 농도가 요구되는 것을 의미한다.

7. Marcelis, L.F.M. and L.R.B. Hofman-Eijer. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany* 79:687-693.

sweet pepper 꽃의 주두에 다양한 수정처리에 의한 과실 종자수, 과실의 발육과 성장, 후기 발육과실의 방해에 대한 영향을 연구하였다. 많은 변이에도 불구하고, 각각 과중이 직선적으로 증가됨에 따라 종자의 수가 늘어나는 것이 관찰되었다. 종자의 수는 생장률 보다 과실의 커가는 기간에 영향을 받는다. 종자수가 적었을 때 착과될 가능성은 종자수와 정의 관계가 있다. 하지만 상대적으로 적은 종자 수(50~100개/fruit, 정상의20~30%)는 최고로 착과되는데 충분하다. 종자수의 증가는 착과와 이후에 발육하는 과실의 생육에 억제하는 영향을 미친다. 결과적으로 식물체의 모든 꽃에 수정처리를 적용 했을 때와 일부 꽃에만 제한적으로 적용할 경우 결과는 다르게 나타난다. 두 번째 과실의 착과는 첫 번째 꽃에서의 강한 수정에 영향을 받아, 심지어 첫 번째 과실이 충분히 크기 전에 낙과 했더라도 착과율은 낮아진다. 이러한 결과는 첫 번째 과실의 종자수에 의한 두 번째 과실의 생육억제는 제한된 동화산물의 경쟁과 과실 발육에 의한 식물생장조정제의 생산에 기인한 우성의해 조절되는 것으로 판단한다.

8. Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R.B. Hofman-Eijer, J.D. Bakker, and L.B. Xue. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55:2261-2268.

Source strength는 광도, 재식밀도와 적엽에 의해 달라진다. Sink strength는 온도와 초기에 형성된 과실의 위치와 숫자에 의해 달라진다. 단기간의 heating 뿐만 아니라 차광도 수정 후 첫 번째 주 동안 낙화 및 낙과에 민감함을 나타낸다. 또한 Source strength가 낮아질수록(차광, 높은 재식밀도, 적엽) 낙화 및 낙과는 직선적으로 증가하였다. 이러한 낙화 혹은 낙과는 Source strength 뿐만 아니라 초기에 형성된 과실의 수와 위치에 따른 경쟁관계 등의 Sink strength의 차이에도 의존한다. 똑같은 Source strength에서도 abortion의 비율은 이전에 착과된 경쟁관계인 과실의 생장률과 밀접한 관계를 보이는 것은 Sink strength에 기인한 것이다. 대부분 낙화 및 낙과의 차이는 영양생장율의 차이와 상관이 있는데, 이것은 Sink와 Source의 비율로 나타난다. 하지만 같은 영양생장에서 abortion의 비율은 과실이 착과된 처리보다 경쟁관계인 과실이 없는 적엽처리에서 낮았다.

9. Blom-Zandstra, M., Sake A. Vogelzang and Bob W. Veen. 1998. Sodium fluxes in sweet pepper exposed to varying sodium concentrations. *Journal of Experimental Botany* 49:1863-1868

단고추에서 염류조건에 따른 sodium의 이동과 분배를 식물체를 sodium-free 배양액으로 이

동시킨 다음 조사하였다. sodium stress를 60mM 까지 올렸는데, 식물생육에는 영향을 미치지 않았지만, sodium은 긍정적이지 않은 생리적인 영향을 미쳤다. Sodium은 대부분 잎과 과실로 가지 않고, 줄기의 기부의 고갱이 세포(basal pith cell)와 뿌리에 많이 축적 되었다. 고갱이 세포와 xylem sap에서의 sodium의 농도는 shoot tip으로 갈수록 감소하였다. 배양액에서 sodium을 제거한 후의 결과는 1주일 후에 고갱이 세포의 농도에 영향을 주지 않고 50%의 sodium이 방출되었다. 반면에 xylem sap의 변화는 완전히 변화하여, xylem sap의 sodium의 함량은 줄기의 아랫부분이 윗부분과 비슷해 졌다. 체관부(phloem)의 수송에 대하여 split root 실험으로 조사하였는데, 뿌리의 양쪽 부분에 15 mM의 NaCl에 노출 시켰고, 다른 한 부분에는 22mM NaCl을 더해서 공급하였다. 15mM의 NaCl에 지속적으로 노출되는 동안 unlabeled 뿌리 부분에서는 label 된 것은 검출되지 않았다. 하지만 sodium을 제거한 배양액으로 옮긴 다음에는 unlabeled 된 뿌리로부터  $^{22}\text{Na}$ 가 빠르게 용출되었다. 즉, 아랫방향으로의 체관부(phloem) 이동을 나타낸다. 결론적으로 물관과 체관의 중간물질로서 고갱이 세포가 식물체로부터 sodium 재순환에 결정적인 역할을 한다는 것이다. 식물체로부터 용출된 sodium은 sodium이 함유되지 않은 양액으로 용출되는 것은 세포로부터 수동적인 sodium 유출을 위한 확산저항의 변화에 의한 것으로 설명될 것이다.

10. Gent, M.P.N. 1986. Carbohydrate level and growth of tomato plants. The effect of irradiance and temperature. *Plant Physiology* 81:1075-1079.

온도와 광에 의한 토마토 생육반응은 탄수화물의 농도와 관련이 있다. 식물체가 영양생장상태에서 급격히 커가는 시기에 온도범위 9~36°C 그리고 약광(110) 과 강광(370 microeinsteins per square meter per second)을 12시간 주기로 광합성 광을 주고 재배하였다. 상대생장률, NAR, 엽면적률과 전체 식물체의 탄수화물 수준을 조사하였다. 강광조건에서 상대생장률은 43%, 총 nonstructural 탄수화물의 농도는 41%가 약광조건 보다 높았다. 탄수화물의 변화는 광을 통하여 생육반응 설명이 가능하였다. 식물의 생육은 25°C에서 가장 좋았으며, 그 보다 높거나 낮은 온도(13~36°C)에서는 포물선 모양으로 낮아졌다. 총 nonstructural 탄수화물의 농도는 13~23°C에서 감소하였고, 고온에서는 일정하게 유지되었다. 수용성당의 함량은 sucrose를 제외하고는 13°C이상의 온도에서는 큰 차이가 없었다. 온도에 따른 탄수화물의 변화는 생육반응을 해석할 수 없었다. 23°C이상의 온도에서 토마토는 nonstructural 탄수화물의 농도를 상대적으로 일정하여 유지하기 위하여, 생장률이 조절되는 것으로 보였다.

11. Bertin, N., S. Guichard, C. Leonardi, J.J. Longuenesse, D. Langlois, and B. Navez. 2000. Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under mediterranean

conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. *Annals of Botany* 85:741–750.

지중해 지방의 여름조건에서 VPD와 착과에 의한 토마토 수량과 품질의 변화를 연구하였다. 1화방의 토마토를 3개와 6개씩 남기고, VPD를 1.5kPa 이하로 관리하는 처리와 무처리로 나누어 식물을 재배하였다. 토마토 수량과 품질의 경시적 변화를 알아보기 위하여 4월부터 9월까지 매주 수확한 과실의 수, 과중, 건물중을 조사하였고, 배꼽썩음과와 cracking과의 발생을 조사하였다. 7월과 9월에는 세 가지 숙기로 나누어 당도와 산도를 조사하였다. 특히, 과실착과수가 적은 경우에 각각의 과실무게가 무거웠고, 수량은 낮은 VPD에서 낮아졌다. 낮은 VPD는 적은 착과수와 마찬가지로 배꼽썩음과의 발생을 감소시키지만 열과의 발생율은 높였다. 과실의 건물중은 낮은 VPD에서 낮았지만 착과수의 영향은 없었다. 당 함량과 당산비는 높은 VPD와 낮은 착과수에서 높았지만 계절적, 숙기 간에 상호작용이 있었다. VPD에 의한 산 함량은 착과수에 따라 그리고 계절과 숙기에 따라 차이가 있었다. 결론적으로 대기중의 수분은 7월에 과실의 생육에 주요한 제한인자로 이시기에 적은 착과수는 과실의 크기를 늘려주고 배꼽썩음과와 열과의 발생을 조장한다. VPD의 감소는 배꼽썩음과의 발생을 감소시키지만 부정적인 영향으로 열과의 발생을 많게 하고, 건물중과 당의 함량을 감소시킨다.

12. S. M. P. Carvalho. E. Heuvelink. R. Cascais and O. Van Kooten. 2002. Effect of Day Night Temperature on Internode and Stem Length in Chrysanthemum: Is Everything Explained by DIF? *Annals of Botany* 90:111–118

국화를 포함한 많은 식물종에서, 절간장과 DIF(주간온도차)의 정의 관계가 관찰되었다. 하지만 Langton 과 Cockshull는 이러한 관계는 없으며, DIF 보다는 절대적인 주간온도와 야간온도가 절간장을 설명한다고 하였다. 이러한 상반된 결론을 조사하고 DIF의 정의를 명확히 하고자, 국화를 잘라 12시간씩 4개의 주간처리와 야간처리(16, 20, 24 and 28°C)를 16조합하여 성장상에서 재배하였다. 10절까지의 마디사이 길이, internode의 숫자 그리고 줄기의 길이를 온도처리 5, 10, 17, 22, 27일후에 각각 조사하였다. 10일에서의 internode길이는 DIF와 정의상관을 보였다( $R^2=0.64$ ). 뿐만 아니라 모든 처리에서 internode가 최종 크기까지 자랐을 때는(27일후) 더욱 더 정의 상관을 보였다( $R^2=0.81$ ). 최종 internode의 길이를 예측할 수 있는 이 모델은 절대 주간과 야간온도 반응에 의한 것이다. 두 가지 반응들은 주간온도와 야간온도간의 상호작용은 유의성이 없었으며, 적절한 곡선으로 나타났다. 오직 온도 범위 내에서 DIF는 최종 internode의 길이를 예측 할 수 있으며, 거기에서 주간과 야간온도는 같은 중요성을 가지며 서로 상반되는 신호를 보인다(18~24°C). 실험 중에 줄기 길이의 형성보다 internode의 출현율이 주간온도에 최적의 반응을 보였다.

13. Sato, S., M.M. Peet, and J.F. Thomas. 2002. Determining critical pre- and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. exposed to moderately elevated temperatures. *Journal of Experimental Botany* 53:1187-1195.

토마토 꽃이 온도에 감응하는 기간과 생리적인 작용을 알아보기 위하여, 토마토를 28/22°C (주/야), 32/26°C (주/야)의 조건에서 생육하다가, 수정 0~15일 전 혹은 후 0~24시간 반대의 조건으로 옮겼다. 초기에 28/22°C (주/야)로 자란 식물체는 수정 전 적당한 온도 스트레스에서는 식물체 당 착과율이 감소하였으나, 온도감응 기간이 명확치 않았다. 같은 수준의 스트레스에서는 수정 직후에 적용했을 때에는 착과가 유의성 있게 감소하지 않았다. 초기에 32/26°C (주/야)의 조건에서 자란 식물체는 수정 전 완화하는 기간을 5일간 주었어도 착과가 현저히 억제되었다. 같은 수준의 스트레스에서 수정 후 3~24시간정도 완화하는 기간을 주었을 경우 착과가 또한 증가하였다. 식물체는 수정 전 7~15일 전에 32/26°C (주/야)의 온도에서 매우 민감하다. 지속적으로 고온에서 생육한 식물체의 anthers를 현미경으로 조사한 결과 pollen, endothecium, epidermis와 stomium이 발달과정에서 붕괴되었다. 이러한 붕괴는 감소하였지만, 고온에서 anthesis 10일전에 고온에서 완화된 식물체에서도 여전히 발견되었다.

14. Nielsen, T.H. and B. Veierskov. 1988. Distribution of dry matter in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) during the juvenile and generative growth phases. *Scientia Horticulturae* 35:179-187.

성장하고 있는 단고추의 잎의 각각의 부위별로 엽면적 확장율, 광합성으로 고정된 탄소의 분배, fructose 2,6-bisphosphate의 수준을 조사하였다. 잎의 기부는 빠르게 확장되었으며, 잎의 정단부와 비교하여 적은 탄소가 sucrose 합성에 사용되었는데, 거기에서는 잎의 확장이 거의 종료되었다. 잎의 확장율과 탄소의 분배는 점차적으로 변해갔다. 낮에는 fructose 2,6-bisphosphate가 잎의 정단부 보다 기부에서 높게 유지되었다. 잎의 확장율과 탄소의 분배는 주간과 fructose 2,6-bisphosphate 양과 밀접한 관련이 있다. 따라서 fructose 2,6-bisphosphate는 엽 조직에서 sink에서 source로 변해가는 메카니즘의 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다. fructose 2,6-bisphosphate는 낮에서 밤으로 되면 잎의 기부에서는 급격하게 변하는데 잎의 선단에서는 그렇지 않은데, 이것은 fructose 2,6-bisphosphate에 의한 조절은 sink 와 source의 엽 조직이 다름을 보여준다. 암상태에서 광상태가 되었을 때는 fructose 2,6-bisphosphate 양의 변화는 탄소분배와 대사작용이 안정화되기 전까지는 밀접한 관련을 보이지 않았다.

15. Hand, D.W., G. Clark, M.A. Hannah, J.H.M. Thornley, and J. W. Wilson. 1992. Measuring the canopy net photosynthesis of glasshouse crops. *Journal of Experimental Botany* 43:375-381.

9×18m의 single span 형의 유리온실에서 10분 동안 오이와 다른 시설작물의 net 광합성을 측정하여 null balance method로 설명하였다. 시설내부의 CO<sub>2</sub>의 농도는 대기중의 350vpm의 ±10%로 조절하였다. canopy net 광합성에서 전체 CO<sub>2</sub>의 사용을 linear mass flow meters를 이용하여 측정한 결과 ±0.80g 이내였다. 대기조건의 CO<sub>2</sub> 조건에서 canopy net의 총 오차범위는 광합성 밝은 광(350W m<sup>-2</sup>, PAR)에서는 ±1.2% 이었고, 날씨가 흐린 날(100w m<sup>-2</sup>, PAR)에서는 ±3.6% 이었다.

16. Johannes Scholberg. 2000. Growth and Caonpy Characteristics of Field-Grown Tomato. *Agron.* 92:152-159

농작물에 있어서 생육과 수량분석은 일반적으로 널리 이루어져 있지만 원예작물에서는 미미한 실정이다. field에서 자라는 토마토의 생육을 플로리다 지역의 4군데에서 두 가지 관수방법을 이용하여 정밀하게 측정하였다. 일일생장속도는 최대 약 0.5 node 이었으며, LAI는 main-stem node의 숫자에 맞추어 늘어났다. 최대 LAI는 정식 후 11주에 도달하였는데, drip-irrigated에서는 1.5에서 3.0사이 이었고, subirrigated에서는 3.2에서 6.0으로 각각 나타났다. drip-irrigated에서 LAI가 적은 것은 넓은 열 간격이 부분적으로 관계가 있었다. 최종적인 biomass는 6~12 Mg/ha 이었으며 수확과실 건물지수(과실 biomass/총 지상부 biomass)는 0.53~0.71로 조사되었다. 뿌리, 줄기 그리고 잎의 최종 biomass에서의 평균 누적 건물중은 각각 3, 23 그리고 17%로 조사되었다. radiation use efficiency를 추정해 보면 LAI 값 4에서 5사이에서 50~60%의 광을 사용하여 토마토는 평균 MJ/m<sup>2</sup> 당 1.05g의 건물을 생산하였다. 1ha에 11,000주를 재식했을 때 1m<sup>2</sup> 당 하루에 평균 17.8g의 건물을 생산했으며, 동시에 과실은 평균 0.70 이었다. 시간의 경과와 적산광 그리고 과실의 수량은 플로리다의 다른 계절과 지역에서 계산하였다.

17. Nederhoff, E.M. and J.G. Vegter. 1994. Canopy photosynthesis of tomato, cucumber and sweet pepper in greenhouses: Measurements compared to models. *Annals of Botany* 73:421-427.

canopy 광합성의 두 가지 모델(1978, 1976)을 오이, 단고추 그리고 토마토에 있어서 실험적인 광합성 자료와 비교하는 연구를 수행하였다. 자료는 3가지 작목 그리고, 장기재배와 중간정도의 상업적인 재배조건에서 얻었다. 환경조건과 측정된 LAI를 모델에 대입시켜 보았다. Acock의 모델은 상수가 광합성률을 낮게 추정하였다. 이 모델은 우리 시험 중 한 시험과는 잘 맞지 않았

다. 기대한 대로 모델을 데이터에 맞도록 약간 조정한 경우에는 대부분 상관이 높았지만 부분적인 차이점은 있었다.

## 제 7 장 참고문헌

1. Abbasi, P. A, Al-Dahmani, J., Sahin, F., Hoitink, H. A. J., & Miller, S. A. 2002. Effect of compost amendments on disease severity and yield of tomato in conventional and organic production systems. *Plant Disease*, 86: 156–161.
2. Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or solution chloride in the yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J Hort. Sci.* 66:210–207
3. Aloni, B, L, Karni, Z. Zaidman and A. A. Schaffer. 1996. changes of carbohydrates in pepper(*Capsicum annum L*) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Annals of Bontany*78:163–168
4. Ali A.M. Kelly W.C. 1993. Effect of pre-anthesis temperature on the size and shape of sweet pepper(*Capsicum annum L.*) fruit. *Scientia Horticulturac* 54:97–105.
5. An C.G. Y.B. Kim and B.R. Jeong. 2000. Effect of shoot training method on quality and yield of 'Sinsakigake-2' and 'Shishito' peppers. *Kor. J. Hort. Sci. and Tech.* 18:503–507.
6. Ali, A.M. and W.C. Kelly. 1992. The effects of inter fruit competition on the size of sweet pepper (*Capsicum annum L.*) fruits. *Scientia Horticulturae* 52:69–76.
7. Bar-Tal, A and E. Pressman. 1996. Root restriction and potassium and calcium uptake and blossom end rot in greenhouse tomato. *J. Amer. Soc. Sci.* 121:649–55
8. Bunt, A.C. 1984. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Hort.* 150:143.
9. Batal, K.M. and D.a. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106:259–262
10. Baden, S. A. and J. G. Latimer. 1992. An effective system for brushing vegetable transplants for height control. *HortTechnology* .2:412–414.
11. Brown, D.R., D., J. Eakes, B.K. Behe and C.H. Gilliam. 1992. Moisture stress: An alternative method of height control to B-nine (daminozide). *J. of Environment Hort.*10 :232–235
12. Breda, N. J. J. Nathalie J. J 2003 ground-based measurements of leaf area index, a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of experimental botany* 54:2403–2417.



13. Batal K. and D.A. Smittle. 1981. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3):259–262.
14. Bae, J .H, S.O. Yoo, and G. J. Kim. 2003. Effect of K/Ca ratio on the yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in hydroponics. *Journal of Life Science & Natural Resources* 25:32–44.
15. Blackman, G. E.. 1961. The limit of plant productivity. Annual Report. East Malling Research Station, pp.39–50.
16. Bukovac, M. J. and S. H. Wittwer. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant Physiology* 32:428–435.
17. Bañuls, J., F. Legaz, and E. Primo–Millo. 1991. Salinity–calcium interactions on growth and ionic concentration of citrus plants. *Plant Soil* 133, 39–46.
18. Bar, Y., U. Kafkafi, and E. Lahav. 1987. Nitrate Nutrition as a Tool to Reduce Chloride Toxicity in Avocado. Yearbook. South African Avocado Growers Association 10, pp. 47–48.
19. Bateman, D. F. and R. D.Lumsden. 1965. Relation of calcium content and nature of the pectic substances in bean hypocotyls of different ages to susceptibility to an isolate of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 55: 734–738.
20. Braun, P. G. and J. C. Sutton. 1984. Effectiveness of fungicides in reducing inoculum production by *Botrytis cinerea* in dead strawberry leaves. In: Proceedings of the British Crop Protection Conference. Pests and Dis. 3:971–974.
21. Baranski, R., Krämer, R. and Klocke, E. 2006. A laboratory leaf assay of carrot susceptibility to *Botrytis cinerea*. *J. Phytopathol.* 154: 637–640.
22. Brent, K. J. and D. W. Hollomon. 1998. Fungicide resistance: The assessment of risk. FRAC Monograph No. 2. 48pp. GCPF Brussels. Available from FRAC.
23. Chae, S. C., K. C Son, and J. G. Yun. 1998. Effect of DIF (different day and night temperature) on growth and flag leaf occurrence in *Dendrobium nobil* Lindl. *J .Kor. Soc. Hort. Sci.* 116:955–960
24. Chong, B. M, N. D. KANG, C. W. RHO, H. K. Kim, and S. M. KUM. 2000. Effect of plant density and tree shape on productivity of Japanese apricot. Report of Gyonnam Agricultural Research Experiment Station. p. 282–288.
25. Chun, H, Y. S. NAM, T. Y. KIM, L. W. K. W. Park. and Y. B lee. 1994. Effect of training form on mass production of cucumber plant. *J. Bio. Bac. Env.* 3:20–27.

26. Chalabi, Z. S., A. Biro, B. J. Bailey, D. P. Aikman and K. E. Cockshull. 2002. Optimal control strategies for carbon dioxide enrichment in greenhouse tomato crops. *Biosystems Engineering* 81:421–431.
27. Cho, I. H., E. H. Lee, T. Y. Kim, Y .H. Woo, and Y. S. Kwon. 1998. Effect of high humidity on occurrence of tomato blossom–end rot. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 39:247–249.
28. Choi, K. Y., M. J. Kang, Y. B. Lee, S. O. Yoo, and J. H. Bae. 2001. Development of optimum nutrient solution for sweet pepper substrate culture in closed system. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 42:513–518.
29. Cockshull, K. E.. 1988. The intergration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate. *Acta Horticulturae* 229:113–123
30. Charlotte C. and B. Donèche. 2002. Purification and characterization of two isozymes of polygalacturonase from *Botrytis cinerea*. Effect of calcium ions on polygalacturonase activity. *Microbiol. Res.* 157: 183–189.
31. Chiou, A. L. and W. S. Wu. 2003. Formulation of *Bacillus amyloliquefaciens* B190 for control of lily grey mould (*Botrytis elliptica*). *J. Phytopathology* 151, 13–18.
32. Chardonnet, C. O., C. E. Sams, and W. S. Conway. 1999. Calcium effect on the mycelial cell walls of *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry* 52, 967–973.
33. Dorji, J. and M .H Behboudian, 2003, Water relations growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partical rootzone drying. *Sci. Hort* 104:140–144.
34. Daood, H. G., M. Vinkler, F. Markus, E. A. Hebshi, and P. A. Biacs. 1996. Antioxident vitamin content of spice red pepper(paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chemistry* 55:365–372.
35. De Koning, A.N.M.. 1989. Development and growth of a commercially grown tomato crop. *Acta Horticulturae* 260: 267–273.
36. Dorji, K, M. H. Behboudian, and J. A. Z. Dominguez. 2005. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae* 104:137–149.
- 37 .de Visser C. L. M. 1996. Field evaluation of a supervised control system for *Botrytis* leaf blight in spring sown onions in the Netherlands. *Eur. J. Plant Pathol.* 102:795–805.

38. Delp, C.J. 1988. Fungicide resistance in North America. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., 133pp.
39. Dik, A. J., & Elad, Y. 1999. Comparison of antagonist of *Botrytis cinerea* in green house-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. *Eur. J. Pathol.* 105: 123–137.
40. Erwin, J. E, R. D Hein, R, D. S, and R. Moe, 1991. Temperature and photo period effects on fuchsiay brida morphology, *J,Amer.Soc.Hort.sci*116:955–960
41. Edlich, W. and Lyr, H., 1992. Target sites of fungicides with primary effects on lipid peroxidation. In: *Target Sites of Fungicide Action* ed. by W. Köller, pp. 53–63. CRC press, Boca Raton, FL, USA.
42. Elad, Y., Yunis, H., & Katan, T. 1992. Multiple fungicide resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathology*, 41: 41–46.
43. Elad, Y., Yunis, H., & Volpin, H. 1993. Effect of nutrition on susceptibility of cucumber ,eggplant, and pepper crops to *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Botany–Revue Canadienne de Botanique*; 71–602–608.
44. Elad, Y., Shabi, E. and Katan, T. 1988. Negative cross resistance between benzimidazole and N-phenylcarbamate fungicides and control of *Botrytis cinerea* on grapes. *Plant Pathol.* 37: 141–147.
45. Eckert, J. W. and Taso, P. H., 1962. A selective antibiotic medium for isolation of *Phytophthora* and *Pythium* from plant roots. *Phytopathology* 52 : 771–777.
46. Fujime, Y., N. Okuda, and J.R. Aspuria. 1992. Effects of solution temperature on root growth in cool season vegetables. *Environ. Control in Biol.* 30:177–183.
47. Fenandez–Escobar, R., M. Benlloch, E. Herrera, and J. M. Garcia–Novelo. 2004. Effect of traditional and slow–release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. *Scientia Horticulturae* 101: 39–49.
48. Fujimura, M. 1993. A new fungicide diethofencarb to cope with benzimidazole resistance. *Jpn Plant Prot.* 47: 26–29.
49. Giacomelli ,G. A. 1998. Monitoring plant water requirements within integrated crop production systems. *Acta Hortic.* 458:21–27
50. Gosselin, A., X. Hui, and D. Mohammed. 1996. Effects of supple–mental lighting and fruit thinging on fruit yield and source–sink relations of greenhouse tomato plants.

1996. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:595–601
51. Guo, F. C., Y. Fujime, and T. Kato. 1989. Effect of shoot number on yield of sweet pepper. Kagawa Unive. Rpt. 41:119–130
52. Guo, F. C., Y. Fujime, and T. Kato. 1991. Effect of the number of training shoots, raising period of seedling and planting density on growth, fruiting and yield of sweet pepper. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59:763–770.
53. Gericke, W. F. 1940. The complete guide to soilless gardening. Prentice-Hall. New York
54. Guo Fu-Chang, Yukihiro Fujime, Tadahiko Hirose and Toru Kato. 1991. Effects of the number of training shoots, raising period of seedling and planting density on growth, fruiting and yield of sweet pepper. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 59(4):763–770.
55. Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1983. The effect of root temperature and  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  ratio on strawberry plants. Growth, flowering, and root development. Agronomy J. 75:941–947.
56. Gary, C., P. Baldet, N. Bertin, C. Devaux, M. Tchamitchian, and P. Raymond. 2003. Time-course of tomato whole-plant respiration and fruit and stem growth during prolonged darkness in relation to carbohydrate reserves. Annals of Botany 91:429–438.
57. Gent, M.P.N. 1986. Carbohydrate level and growth of tomato plants. The effect of irradiance and temperature. Plant Physiology 81:1075–1079.
58. Gonzalez-Dugo, V., F. Orgaz, E. Fereres. 2007. Response of pepper to deficit irrigation for paprika production. Scientia Horticulturae 114:77–82
59. Gosselin, A. and J. J. Trudel. 1984a. Interactions between root-zone temperature and light levels on growth, development and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* Mill cv. Vendor. Scientia Hort. 23:313–321.
60. Grange, R.I. 1987. Carbon partitioning in mature leaves of pepper: Effects of transfer to high or low irradiance. Journal of Experimental Botany 38:77–83.
61. Guillem S., C. Eva, B. Celia, A. Manuel, and T. Isabel. 2007. The suppressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants. J. Eur Plant Pathol. 117: 393–402.
62. Guzman, M. and A. Sanchez. 2003. Influence of Nitrate and Calcium Increments on Development, Growth and Early Yield in Sweet Pepper Plants. Acta Hort 609, ISHS 2003.
63. Georgopoulos, S. G. 1977. Development of fungal resistance to fungicides. pp. 439–495.

- In : Antifungal Compounds. ed. by M. R. Siegel and H. D. Sisler, 11. pp.674. Dekker. New York.
64. Hayata, Y., T. Tabe, S Kondo, and K, Jnoue.1998. The effects of water stress on the growth, sugar and nitrogen content of cherry tomato fruit. J. Japan. Soc .Hort. 65:759–766
  65. Hickman,G,W,E,J,Perry,R,J,Mullen,and R, Smith,1989Growth regulator controls tomato transplant height, California agri:43:19–20
  66. Hao, X. and A. P. Papadopoulos. 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. Hortscience 39:512–515.
  67. Haper, L.A., J. J. Pallas, R. R. Bruce, and J .J. Jones. 1979. Greenhouse microclimate for tomatoes in the southeast. Journal of American Society Horticultural Science 104: 659–663.
  68. Heuvelink, E. 1989. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. Scientia Horticulturae 38:11–22.
  69. Heuvelink, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato : Validation of a dynamic simulation model. Annals of Botany 77:71–80.
  70. Heuvelink, E. 1997. Effects of fruit load on dry matter partitioning in tomato. Scientia Horticulturae 69:51–59.
  71. Heuvelink, E. 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Scientia Horticulturae 64:193–201.
  72. Heuvelink, E. and O. Korner. 2001. Parthenocarpic fruit growth reduces yield fluctuation and blossom–end rot in sweet pepper. Annals of Botany 88:69–74.
  73. Hartz, T. K., M. LeStrange, and D. M. May. 1993. Nitrogen requirement of drip irrigated peppers. HortScience 28: 1097–1099.
  74. Huber D. M. 1981. The use of fertilizers and organic amendments in the control of plant disease. In: Pimentel D (ed.), CRC Handbook of Pest Management of Agriculture, Vol. 1. Boca Raton, FL, CRC Press, pp. 357–394.
  75. Ito, H. and S. Kawai. 1994. Effects of watering control on the fruit qualities of tomatoes. and cherry tomato. Res. Bull. Aichi Agric. Res. Center 26:191–199.
  76. Ishii, H. 1992. Target sites of tubulin–binding fungicides. In : Target sites of fungicide action, ed. by W. Köller, pp. 43–52. CRC Press.

77. Jaafar, H., C.R. Black, and J.G. Antherton. 1994. Water relations dry matter distribution and reproductive development of sweet pepper. *Aspect of Applied Biology* 38:299–306.
78. Jang, B .C., J. N. Im, and J. C. Chun. 1992. Effect of rootzone temperature on Ca-45 uptake and translocation in hydroponically grown melon (*Cucumis melo* L.). *J. Korean Soc. Soil. Fert.* 25:364–369.
79. Jang, H.G. and S.J. Chung. 1998. Cultivar differences in dry matter production and potentially-grown fruits of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) in rockwool culture. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*39:676–679.
80. Jeong, C. H., W. H. Ko, J. R. Cho, C. G. Ahn, and K. H. Shim. 2006. Chemical components of Korean paprika according to cultivars. *Korean Journal of Food Preservation* 13:43–49.
81. Josepovits, Gyula., Gasztonyi., and Maya 1992. Negative cross-resistance to N-phenylanilines in benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Venturianashicola* and *Venturia inaequalis*. *Pestic. Sci.* 35: 237–242.
82. Khah, E. M. and H. C Passam. 1992. Flowering, fruit set and development of the fruit and seed of sweet pepper(*capsicum annum* L.)cultivated under conditions of high ambient temp-erature. *J. Hort. Sci.* 67:251–258
83. Kemble, J, M. J. M. Davis ,R ,G, Gardner, and D. C, Sanders. 1994. Root cell volume affects growth of compact-growth-habit tomato transplants. *Hortscience* 29:261–262
84. Kim, Y. B., C. G An, and Y. H .Lee 2000. Effect of soil moisture on qaillities and yield in tomatoes. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41:139–141
85. Kwon, J. S., J. U. Lee, and E. H Lee. 1997. Studies on the determination of supply amount of nutient solution. *Nat'l. Hort. Res. Ins. Annu. Rpt.*(1996). p.753–761.
86. Kahn Brian A, James R. Cooksey, and James E. Motes. 1997. Within-row spacing effects on traits of importance to mechanical harvest in paprika-type peppers. *Scientia Horticulturae* 69:31–39.
87. Kim, H. S, D. H Pae, D. J. Choi, K. S. Jang, J. L. Cho and T. Kim. 1999. Growth elationh, yield and quality of tunnel-cultured red pepper(*Capsicum annum* L.). as affected by plant spatial arrangement. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(6):657–661.
88. Kang, S, L .Zhang ,X, Hu, Z, L I,and P.Jerri2001.an improved water use efficiency of hot pepper grown under contaolled alternate drip irrigation on patial roots. *Sci .Hort* :89–257–267

89. Kim, G. J., I. S. Woo, J. H. Kim, K. S. Jeon, S. O. Yu, and J. H. Bae. 2002. Investigation of optimum substrate volume for bag culture of sweet pepper (*Capsicum annuum*) in hydroponics. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science* 43: 677–680.
90. Kim, H. J. and D. Y. Jhon. 2001. Characteristics of kimchi containing paprika instead of hot pepper. *Food Science and Biotechnology* 10:241–245.
91. Kim, Y. B., D. Y. Hyun, S. S. Nam, and S. J. Chung. 2003. Effect of supplemental lighting on marketable yield and quality of hydroponically grown sweet pepper in winter. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology* 21:49.
92. Kaile, A., D. Pitt, and P. J. Khun. 1991. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 38, 275.
93. Knight M. R., A. K. Cambel, S. M. Smith, and A. J. Trewavas. 1991. Transgenic plant aequorin reports the effects of touch and cold shock and elicitors on cytoplasmic calcium. *Nature* 352: 524–526.
94. Kyutaro K., M. Kenji, O. Rika, and T. Junji. 2006. Analysis of defensive responses activated by volatile allo-ocimene treatment in *Arabidopsis thaliana*. *Phytochemistry* 67: 1520–1529.
95. Kim. B. S., Choi, G. J. and Cho, K. Y. 1993. Response to several fungicides of *Botrytis cinerea* isolates resistant to benzimidazole and dicarboximide fungicides. *Korean J. Plant Pathol.* 9: 98–103 (in Korean).
96. Kim, C.H. and Kwon, S.I. 1993. Parasitic fitness of procymidone-resistant isolates of *Botrytis cinerea* on strawberry. *Korean J. Plant Pathol* 9:26–30.
97. Kiso, A. 1988. Epidemiology and fungicide control of gray mold, *Botrytis cinerea*, of vegetables in Japan. *Japan Pestic. Inform.* 52: 16–21.
98. Katan, R. 1982. Resistance to 3, 5-dichlorophenyl-N-cyclicimide (dicarboximide) fungicide in the grey mould pathogen *Botrytis cinerea* in protected crops. *Plant Pathol.* 31: 133–141.
99. Keressies, A., 1990. A selective medium for *Botrytis cinerea* to be used in a spore-trap. *Neth. J. Plant Pathol.* 96 : 247–250.
100. Kritzman, G. & Netzer, D., 1978. A selective medium for isolation and identification of *Botrytis* spp. from soil and onion seed. *Phytoparasitica* 6: 3–7.
101. Latimer, J, G and P. A Thomas, 1991. Application of brushing for growth control of tomato transplants in a commercial setting. *Horttechnology* 1:109–110

102. Lee, J. K., Kim, Y., Kim, Y. M., and Yu, M. 2001. Effect of nutrient solution strength, age, and container size on seedling quality and yield of purple colored bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(3):300–304
103. Lim, K. B., Son, K. C., and Chung, J. D. 1998. Effect of photosynthesis by different day and light intensity regimes on the growth of salvia plug seedlings. *J. Kor. Hort. Sci.* 39:610–614
104. Lee, J. H., Kwon, J. K., Kwon, O. K., Choi, Y. H., and Park, D. K. 2002. Cooling efficiency and growth of tomato as affected by root zone cooling methods in summer season. *Journal of Bio-Environment Control* 11:81–87.
105. Loomis, R. S., Williams, W. A., and Duncan, W. G. 1967. Community architecture and the productivity of terrestrial plant communities. *Harvesting the sun. Photosynthesis in plant life.* Academic Press. New York. pp. 291–306.
106. Leskovar, D. I. and Cantliffe, D. J. 1993. Comparison of plant establishment method, transplant or direct-seeding, on growth and yield of bell pepper. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118:17–22.
107. Lo, C. T., Nelson, E. B., and Harman, G. E. 1997. Improved biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295–22 for foliar phases of turf diseases by use of spray applications. *Plant Dis.* 81, 1132–1138.
108. Leroux, P. 1995. Progress and problems in the control of *Botrytis cinerea*. *Pesticide Outlook* 13–19.
109. Leroux, P. and Clerjeau, M. 1985. Resistance of *Botrytis cinerea* Pers. and *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. and De Toni to fungicides in French. *Crop Prot.* 4: 137–160.
110. Leroux, P., Chapeland, F., Desbrosses, D. and Gredt, M. 1999. Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botrytis fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) from French vineyards. *Crop Prot.* 18: 687–697.
111. Lyr, H., Triphenyl-tin-derivatives. 1995. In: *Modern selective fungicides— properties applications mechanisms of action*, ed. by Lyr, H., pp. 400–414. Gustav Fischer Verlag, New York.
112. Marcelis, L. F. M. E., Heuvelink, L. R., Bann Hofman-eijer, J., den Bakker and I. B. Xue. 2004. Flower and fruit-abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of experimental botany* 55:2261:2268
113. Martin, P. E., Lingle, J. C., Hagan, R. M., and Flocker, W. J. 1970. Irrigation of tomatoes in



- a single harvest program. *Calif. Agr.* 6:13–14
114. Ministry of Agriculture and Forestry. 2001. Annual vegetable production in Korea.
115. Matsuda K, Toyoda, H, N. Shida, T, Nishio, H Doge, M Kakutani, K, Komark, K, and Ouchi, S  
1994. Antibacterial activity of indole and its related compounds against *Pseudomonas solanaceum* (v) identification of a major metabolite of antibacterial 3-indolepropionic acid in tomato leaves, *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 60:233–255
116. Maoka, T., K. Mochida, M. Kozuka, Y. Ito, Y. Fujiwara, K. Hashimoto, F. Enjo, M. Ogata, Y. Nobukuni, H. Tokuda, and H. Nishino. 2001. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annuum* L.. *Cancer Letter* 172:103–109.
117. Marcelis, L.F.M. and L.C. Ho. 1999. Blossom–end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Experimental Botany* 50:357–363.
118. Marcelis, L.F.M. and L.R.B. Hofman–Eijer. 1997. Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany* 79:687–693.
119. Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, L.R.B. Hofman–Eijer, J.D. Bakker, and L.B. Xue. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55:2261–2268.
120. Marcelis, L.F.M., E. Heuvelink, and J. Goudriaan. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae* 74:83–111.
121. McAvoy, R.J., H.W. Janes, B.L. Godfriaux, M. Secks, D. Duchai, and W.K. Wittman. 1989. The effect of total available photosynthetic photon flux on single truss tomato growth and production. *J. Hortic. Sci.* 64:331–338.
122. Mikani, A., H.R. Etebarian, P.L. Sholberg, D.T.O Gorman, S. Stokes, and A. Alizadeh. 2008. Biological control of apple gray mold caused by *Botrytis mali* with *Pseudomonas fluorescens* strains. *Postharvest Biology and Technology* 48:107–112.
123. Moorman, G. W. and Lease, R. T. 1992. Benzimidazole and dicarboximide–resistant *Botrytis cinerea* from Pennsylvania greenhouse. *Plant Dis.* 76:477–480.
124. Moyano, C., Raposo, R., Gómez, V. and Melgarejo, P. 2003. Integrated *Botrytis* management in southeastern Spanish greenhouse. *J. Phytopathol.* 151: 80–85.
125. Moyano, C., Gómez, V. and Melgarejo, P. 2004. Resistance to pyrimethanil and other fungicides in *Botrytis cinerea* populations collected on vegetable crops in Spain. *J.*

- Phytopathol. 152: 484–490.
126. Miller, S. A., Sahin, F., Krause, M. S., Al-Dahmani, J., Stone, A., & Hoitink, H. A. J. 1997. Control of bacterial leaf
  127. Massgo, H., Yoshikawa, M. Fukada, M., and Nakanishi, H. 1977. Selective inhibition of *Pythium* spp. on a medium for direct isolation of *Phytophthora* spp. from soils and plants. *Phytopathology* 67 : 425–428.
  128. Nederhoff, E.M. and J.G. Vegter. 1994. Canopy photosynthesis of tomato, cucumber and sweet pepper in greenhouses: Measurements compared to models. *Annals of Botany* 73:421–427.
  129. Nielsen, T.H. and B. Veierskov. 1990. Regulation of carbon partitioning in source and sink leaf parts in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Plant Physiology* 93:637–641.
  130. Nielsen, T.H. and B. Veierskov. 1988. Distribution of dry matter in sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) during the juvenile and generative growth phases. *Scientia Horticulturae* 35:179–187.
  131. Noh, M.Y. 1997. Management of root–zone temperature in substrate culture of tomato. *Kor. Res. Soc. Protected Hort.* 10:97–105.
  132. Oberza, T.A D.J pitts,r.j,mcgovern,and t.h.spreen.1996.deficit irrigation of micro–irrigated tomato affects yield,fruit quality,and disease severity.j.prod.Agric9:270–275
  133. Ootake, Y., Y. Ban, Y. Tanaka, and G Hayashi. 1984. changes of chemical constituents in tomato fruit in relation to soil moisture. *Res. Bull. Aichi Agric.Center* 26:209–212
  134. Peter J. Stoffella and Herbert H. Bryan. 1998. Plant population influences growth and yields of bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(6):835–839.
  - 135.. Ryu. S.Y. J.T. Seo, W.B. Kim. K.S. Choi. D.L. Yoo. C.W. Nam. and S.B. Kim. 1992. Effect of training of methods on growth and yield fo sweet pepper in alpine area. *Annual report of Nat. Alpine Agr. Exp. Station.* P. 162–163. Pyeongchang. Korea.
  136. Roberts, A.N. and A.L. Kenworthy. 1956. Growth and composition of the strawberry plant in relation to root temperature and intensity of nutrition. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68:157–168.
  137. Raposo, R., J. Delcan, V. Gomez, and P. Melgarejo. 1996. Distribution and fitness of isolates of *Botrytis cinerea* with multiple fungicides resistance in Spanish greenhouses. *Plant Pathol.* 45: 497–505.

138. Raposo, R., J. Delcan, V. Gomez, and P. Melgarejo. 1996. Distribution and fitness of isolates of *Botrytis cinerea* with multiple fungicides resistance in Spanish greenhouses. *Plant Pathol.* 45: 497–505.
139. Shin, W.K. 1999. High quality and productivity sweet pepper technique. Autumn Korea Hydroponic Society Symposium. P.13–49.
140. Son, K. C. and M. I. lee. 1998. Effect of DIF and temperature drop/rise on the stem elongation of plug seedling of *salvia splendens*. *J Kor. Soc. Hort. Sci.* 39:615–620
141. Stanghellini, M. E., Rasmussen, S. L., Kim, D. H., and Rorabaugh, P. A. 1996. Efficacy of nonionic surfactant in the control of zoospore spread of *Pythium aphanidermatum* in a recirculating hydroponic system. *Plant Dis.* 80: 422–428.
142. Sugimoto, T., M. Anio, M. Sugimoto and K. Watanabe. 2005. Reduction of *Phytophthora* stem rot disease soybeans by the application of  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . *J. Phytopathology*, 153: 536–543
143. Tadesse, T., and M.A. Nichols. 2003. The effect of conductivity on the yield quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) *Acta Hort.* 609:197–199
144. Thornley, J.H.M. 2002. Instantaneous canopy photosynthesis: analytical expressions for sun and shade leaves based on exponential light decay down the canopy and an acclimated non-rectangular hyperbola for leaf photosynthesis. *Annals of Botany* 89:451–458.
145. Tobias, R. B., Conway, W. S., Sams, C. E., Gross, K. C., and Whitaker, B. D. 1993. *Phytochemistry*, 32, 35.
146. Trillas, M. I., Cotxarrera, L., Casanova, E., & Cortadellas, N. 2000. Ultrastructural changes and localization of chitin and callose in compatible and incompatible interactions between carnation callus and *Fusarium oxysporum*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 56: 107–116.
147. Um, Y.C, Y.A. Shin, J.S. Lee, H.O. Boo, and Y.G. Kang. 2003. Effect of training methods of main stems on yield and labor requirement for forced cultural of 'Jikuyou' eggplant. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21:171–177.
148. Victor M. Sanchez, F.J. Sundstrom, and Suzanne Lang. 1993. Plant size influences bell pepper seed quality and yield. *Hortscience* 28(8):809–811.
149. Verheij, E.W.M. and F.L. Verwer. 1971. Light interception and yield of peppers grown under glass in relation to plant spacing. *Acta Horticulturae* 32:149–158.