

발간등록번호

11-1543000-000341-01

인삼의 유기농 재배 시스템 개발

(Development of organic farming system in Korean ginseng)

충남대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “인삼의 유기농 재배 시스템 개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013 년 12 월 30일

주관연구기관명 : 충남대학교

주관연구책임자 : 최재율

세부연구책임자 : 최재율

연 구 원 : 김정선

연 구 원 : 한진수

연 구 원 : 이누리

연 구 원 : 조서리

연 구 원 : 탁현성

연 구 원 : 이강선

협동연구기관명 : (주) LG전자

협동연구책임자 : 박근우

연 구 원 : 곽우근

연 구 원 : 한성훈

연 구 원 : 심태진

요 약 문

I. 제 목

인삼의 유기농 재배 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 인삼의 초작지 부족으로 타 지역 출장재배로 인한 예정지 및 포장 관리가 불편하고 교통비, 인부의 활용, 도난 위험성 등 안정적인 생산에 어려움 직면.
- 인삼은 해가림시설내에서 5~6년간 재배되기 때문에 병해충의 발생이 많아 10여 차례의 화학농약 사용은 농약잔류의 위험성이 증가되어 유기농 인삼을 요구하는 소비자가 증가하고 있음.
- 인삼은 30℃ 이상에서는 광합성이 중단되고, 7일 이상 지속되면 고온장해를 받으므로 최고기온이 30℃ 전후인 6월 중·하순~8월 초·중순에는 생육이 지연 또는 정지되고, 최저기온이 10℃ 전후인 9월 중·하순이후에도 생육이 불량하여 인삼 생육에 알맞은 기간은 약 3개월 정에 불과하므로 인삼의 생육을 연장하는 재배방법이 필요함.
- 감온 및 가온으로 인삼생육에 알맞은 조건을 4월~11월까지 유지하면 8개월 간 생육이 증진되며, 야간에도 10,000 lux 정도의 광을 보광하면 8개월 생육연장 효과가 있음. 따라서 포장재배에 비하여 생육기간이 4-6배 연장될 수 있는 재배기술 개발이 필요함.
- 인삼은 최적광도가 자연광의 10~15%정도인 10,000~15,000 Lux, 생육최적 온도가 20~25℃ 이므로 차광에 의한 광량 및 온도 상승을 줄일 수 있으므로 식물공장 재배에 최적 작물임. 따라서 에너지 및 자원 절감 기술을 활용 할 수 있는 작물임.
- 인삼은 2개월 이상의 저온기간을 거쳐야 새로운 잎이 출아하므로 식물공장에서 재배 시에는 저온처리에 의한 최아처리가 필요하므로 가온 없이 겨울의 자연환경을 최대한 활용할 수 있으므로 태양광 이용형 시설재배에 적합한 작물임.
- 공장형 자동화 재배는 시설비와 운영비가 많이 소요되어 현재의 재배조건으로는 경제성이 낮아 농가에 보급하기 어렵고 하우스 재배에서 기술의 축적 후에 실시가 바람직함.
- 인삼 시설재배의 실용화를 위해서는 환경자동화 시스템 등에 전문 기술을 갖고 있는 대기업과 공동으로 에너지 및 자원 절감 기술 개발로 국가시책에 부응.
- 농촌진흥청에서 수경재배 청정 인삼 생산법을 개발하였으나 무기비료를 사용하여 인삼 산업법에 저촉되어 약용으로 사용할 수 없고, 주년 연속생산 기술에 필요한 청정 2년 근 묘삼 생산기술이 정립되지 않았으며, 대량생산의 경우 인공적으로 휴면 타파에는

무제점이 있으므로 유기농 인삼재배법의 신기술 개발이 필요함.

- 금후 시설재배의 재배시스템이 개발되면 고도의 생산기술로 건강식품, 의약품, 한약재 등을 제조할 수 있는 무농약 원료를 생산 할 수 있을 것임.
- 최근 중동, 동남아시아 지역에서 신선야채의 수요가 많아지고 수자원을 유용하게 활용하는 완전 인공형 식물공장의 필요성이 전 세계적 대두되고 있음. 따라서 본 연구가 성공하면 중동, 동남아시아 지역에 식물공장 시설 및 재배기술을 수출할 수 있는 국가로 발돋움 할 것으로 예상됨.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 유기농 묘삼 생산 기술 시스템 개발

- 유기 재배용 육묘 상토 개발 : 묘삼재배에 알맞은 토양성분을 기준으로 상토제조
- 유기농 재배용 묘삼 생산에 알맞은 재배조건 확립

2. 밀폐식 및 반밀폐식 하우스의 유기농 단기생산 시스템 개발

- 유기농 상토 소득법 개발
- 환경제어, 친환경 자재 및 경종적 방제에 의한 병충해 방제시스템 개발
- 주년 및 생육기간 연장을 위한 인삼의 휴면 타파 조건 구명
- 다단 및 밀식 재배에 의한 생산량 증대 기술개발
- 보온에 의한 생육기간(2~3월/년) 연장 기술 개발
- 보광에 의한 야간 광합성 시간(12시간/일) 연장
- 환경조절 자동화에 의한 연중 생산 시스템 개발(밀폐식)

3. 태양광을 활용한 생산비 절감형 반밀폐식 하우스 시설 구축

- 고온 및 저온 피해 경감을 위한 차광시설 구축
- 차광 및 환기 등에 의한 시설 내 온도 조절 기술 개발
- 관수 및 배수 자동 시스템 개발

4. 태양광을 활용한 생산비 절감형 밀폐식 하우스 시설 구축

- 계절별 및 주야별 최적온도 유지를 위한 온도 조절 시스템 개발(밀폐식)
- 밀폐식 인삼 하우스 재배의 실용화를 위한 에너지 및 자원 절감 기술 개발
- 다단 밀식 조건에 알맞은 보광 시설 구축

IV. 연구개발결과

1. 유기농 하우스 묘삼 생산시스템 개발

- 묘삼의 뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 4, 6 상토에서 길었고, 뿌리 생체중은 PPV-1, 2, 4, 5배지에서 무거웠다. 즉 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트의 혼합비율이 각각 5:4:1 및 7:2:1의 혼합한 배지에서 지상부 및 지하부의 생육이 가장 우수하였다.

- 피토모스와 펄라이트를 혼합한 기본 배지에 유기질 및 무기질 자재를 첨가한 경우 인삼의 생육이 약간 억제되었으며, 첨가량이 증가할수록 억제정도도 증가하였다.
- 지상부와 지하부의 생육관계를 보면 지상부의 생육이 좋은 PPV-1, 2, 4 배지에서 뿌리의 길이 및 생체중도 우수하였다.
- 묘삼의 성장량을 극대화시키기 위해서는 물리성중 토양통기성의 지표인 기상율을 13% 이상으로 조절하고, 상토에 존재하는 총 비료량을 나타내는 EC를 0.05dS/m 이하로 조절해야 한다.

2. 유기농 하우스 단기생산 시스템 개발

- 유기농 인삼재배용 배지는 피토모스 펄라이트 및 버미큘라이트를 혼합한 배지에 유기질 및 무기질 자재를 소량 첨가한 배지에서 가장 우량한 인삼을 생산할 수 있다.
- 몽골형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과 뿌리 개체당 생체중은 PPV-2와 PPVC 배지에서 각각 2.78, 2.66 g로 관행재배 2.58 g에 비해 생육이 좋다.
- 기본형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과 뿌리 개체당 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVR배지에서 관행재배 가버웠으나 유의성이 인정되지 않다.
- 상토 A에서 재배된 인삼의 동체는 짧고 굵었으며, 지근의 수가 가장 많았다. 칸 (1.8 m×0.9 m)당 수량을 비교한 결과 상토 A에서 2.4 kg/1.8 m×0.9 m로 수량이 월등하였다.
- 총 진세노사이드 함량은 상토 A, C, E에서 재배한 인삼과 관행 노지재배한 인삼의 동체 부위에서 각각 9.98, 8.39, 8.78, 11.2 mg/g이었으며, 지근 부위에서 각각 15.4, 18.0, 28.7, 34.0 mg/g이었다.
- 인삼 한 뿌리의 단위 g당으로 환산한 총 진세노사이드 함량은 A, C, E 상토와 관행 노지재배 간에 큰 차이를 나타내지 않았다.
- 혼합 상토의 pH와 EC는 6.15~6.93, 0.8~0.15dS/m범위이고, NO₃-N의 함량은 7.7~39.2ml/L 수준이었으며, 미량요소인 Ca과 K, Mg의 함량은 각각 3.24~4.22, 0.4~1.09, 0.13~0.79cmol/L의 범위에 속하였다.
- 1차 생육조사 결과 0:1(B)상토에서 지상부에 대하여 경장, 경직경, 엽장, 엽폭, 지상부 생체중, 및 지하부 생체중이 가장 높게 나타났다.
- 2차 생육조사 결과 5종의 상토 중 지하부중 생체중은 0:1(B)에서 3.3g으로 가장 높아 관행재배의 4.1g과 차이가 적었다.
- 이상의 결과로 0:1(B)의 상토의 개량을 위한 추가적인 연구가 실시된다면 일반관행재배의 수량과 비슷한 수준으로 유기농 인삼 재배가 가능할 것으로 사료된다.

3. 온도제어시스템 하우스 유기농 인삼재배 시스템

- 2월 21일 부터 하우스를 가온시킨 폐쇄형 하우스의 출아율 및 출아시기를 조사한 결과 3월 8일 출아율이 35%, 3월 17일 79%, 3월 21일 93%, 3월 29일 100%로 일반포장의 인삼

출아시기인 4월 하순 보다 약 20일 이상 빨랐다.

- 뿌리의 길이는 PVR, PPVC 배지, 뿌리 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC 배지에서 가장 양호하였다. 즉 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트의 혼합배지에서 지상부 및 지하부의 생육이 가장 좋았다.
- 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트를 5:4:1로 혼합한 기본 배지에 유기질 및 무기질 자재를 소량 첨가한 경우 인삼의 생육이 촉진되었으며, 왕겨와 코코피트 첨가량이 증가 할수록 인삼 생육의 생육은 불량하였다.

4. 인삼 자연 휴면타파 조건 구명

- 인삼종자를 11월 초에 파종하여 자연상태에서 휴면타파를 시키면서 온실에서 발아시킨 결과 1월 20일 이후 가온시킨 결과 발아율은 75%로 1월 중순 까지 자연 저온처리만으로 휴면타파가 완료되었다.
- 묘삼을 11월 초에 파종하여 자연상태에서 휴면타파를 시키면서 온실에서 발아시킨 결과 1월 2일 ~ 2월 30일까지 일주일 간격으로 가온처리를 실시한 결과 출아율은 90% 이상으로 12월 말까지 자연 저온처리만으로 휴면타파가 완료되었다.

5. 하우스에서 파종시기에 따른 발아 및 출아율 변화

- 가을파종 종자의 발아율은 4월 18일 48.71%이고 봄파종은 28.33%로 가을파종 종자가 봄파종 종자보다 발아율이 20%이상 증가하였고, 4월 25일에는 각각 83.50%, 63.11%로 가을파종이 봄파종에 비하여 발아율이 20%이상 증가하였다.
- 가을이식 묘삼의 발아율은 4월 18일 95.13%이고 봄이식은 95.58%로 가을이식 종묘보다 봄이식 묘삼이 증가하였고, 4월 25일에는 파종시기와 관계없이 100%출아하였다.

6. 하우스 환경 제어기술 개발

- 냉난방 시스템의 제어 및 모니터링 시스템을 개발하여 인삼 재배를 위한 최적의 온습도 환경 조절이 가능하게 되었다.
- 냉난방 운전 성향 및 오류의 내용, 빈도를 파악하여 문제점 분석 가능하다.
- 연결된 기기들의 동작 상태를 모니터링, 제어가 가능하며 냉난방기의 전력 소비량을 표시하여 재배에 소요되는 투입 비용을 사전에 파악 가능하게 되었다. 이를 통해 인삼 재배 농가의 전기료 절감 및 수익성 확대 가능할 것으로 사료된다.
- 일간, 주간, 연간 또는 특정 기간의 스케줄 운전 설정이 가능토록 개발하여 작물재배의 일정한 온습도 환경 조성이 가능하게 되었다.
- 하우스 내의 기기 운영 현황을 원격으로 모니터링, 제어 가능하여 화재 및 고장 등 사고발생 시 즉각 대응 가능하여 인삼 등 농작물 변질 예방할 수 있게 되었다.

7. 유기농 인삼재배용 하우스 시설 구축

- 몽골형 2중 하우스에 윗쪽에는 85% 차광망을 아랫쪽에는 비닐을 씌웠다. 남쪽 측면과 출입문의 앞과 뒷면의 바깥에는 차광망을 안쪽에는 비닐을 설치하고 북쪽에는 비닐만을 설치하였다.
- 하우스내의 고온을 방지하기 위하여 측면과 앞과 뒷면의 차광망과 비닐은 월별로 온도를 설정하여 자동 개폐하도록 하였다. 빗물이 하우스내로 들어오는 것을 방지하기 위하여 우적 센서에 의하여 자동 개폐하도록 하였다.
- 몽골형 하우스의 평균 온도는 3월부터 7월 중순경까지는 $-5.3\sim 25.7^{\circ}\text{C}$, 이후 9월말까지는 $19.2\sim 26.2^{\circ}\text{C}$ 이다.
- 몽골형 하우스의 3월부터 9월까지 평균 하우스 내부 유입광량은 $1.637\sim 44.77\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 범위였다.
- 하우스내의 온도를 낮추기 위하여 포그를 설치하였으나 온도는 3°C 정도 낮출 수 있었으나 내부의 습도 증가로 인삼병의 발생이 증가하였다.
- 하우스 내부의 온도를 낮추기 위하여 전후면의 비닐을 제거하고 차광을 설치하고 내부로 광이 들어오지 않을 때는 차광망을 올리도록 하였다.
- 전후면의 비닐을 제거하고 차광을 설치한 하우스 내부 평균온도는 $-5.3\sim 26.2^{\circ}\text{C}$ 수준이었으며, 기온이 상승하는 7, 8월 중에는 외부평균온도보다 낮게 유지되었다.
- 전후면의 비닐을 제거하고 차광을 설치한 하우스 내부 유입 광량은 3월 중 $67.69\mu\text{mol/s/m}^2$ 까지 상승하였지만, 2중 차광망을 설치 후 $40\mu\text{mol/s/m}^2$ 를 넘지 않았다.
- 전후면의 비닐을 제거하고 차광을 설치한 하우스 내부의 각 위치에 대한 광량을 측정하고 결과 하우스의 남(S)방향의 유입광량이 최대 $95.75\mu\text{mol/s/m}^2$ 까지 상승함에 따라 측면 유입 광량 제어 대책이 필요하다고 생각된다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

- 유기농 재배용 무병 묘삼(상품화) 생산
- 유기농 인삼 생산을 위한 밀폐식 자동화 하우스 재배법으로 활용
- 유기농 건강 기능식품의 재료로 활용
- 경엽 및 꽃을 활용한 건강 및 화장품 원료로 활용(사포닌은 뿌리의 5~10배)
- 인삼의 주년 및 단기재배 생산에 의한 연중 수삼공급 사업
- 식물공장의 실용화를 위한 에너지 및 자원 절감 기술로 활용
- 도시근교의 채소 등의 식물공장화 모델로 활용
- 식물공장 외국 수출 기술로 활용

SUMMARY

1. This research was conducted to investigate the influence of various organic substrates on growth and yield of organically grown ginseng seedlings in a shaded plastic house. In the investigation of optimal substrate, the eight substrate were formulated by adjusting blending rate of peatmoss, perlite, coir dust(coco peat), and vermiculite. Then, the changes in physico-chemical properties of root substrates as well as their influences on the growth characteristics and yield were determined at six months after sowing. The elevation of the blending rate of peatmoss from 50% to 70% with decrease in the rate of inorganic component (mixture of perlite and vermiculite) from 50 to 30% resulted in the increase in container capacities and decrease in total porosities and air-filled capacities. The concentrations of $\text{NH}_4\text{-N}$, P_2O_5 and K increased as the incorporation rate of castor seed meal, phosphate ore, and langbenite, respectively, were elevated during the root medium formulations. The PPV-1 and PPV-4 substrates produced high stem length, stem diameter, shoot fresh weight, leaf area and root length among eight substrate. Root fresh weight was heaviest in PPV-4 compound nursery media. The results of this experiment will be utilized in the new substrate application for ginseng organic culture in shaded vinyl house.

2. This research was conducted to investigate the influence of organic bed soil substrates on growth and yield of organically grown ginseng transplantation in a shaded plastic houses. The pH and EC of the substrates used for this study were 5.93-6.78 and 0.03-0.15 dS/m, respectively. The concentrations of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ were 14.01-68.63 mg/L, 5.60-58.83 mg/L respectively. and the average quantum in the shaded plastic houses was 11-15% of natural light. The maximum temperature in the shaded plastic houses is higher (3-7°C) than that of outside open field from the last part of April to early in August. Emergence date of ginseng was on March 21 in the mongolian type shaded plastic house, and was on March 29 in normal type shaded plastic house. Both roots and shoot growth of ginseng were excellent in the bed soils with PPV-2, compared with other compounds used. We concluded that the PPV-2 could be promising a good bed soil substrate for organic ginseng cultivation in shaded plastic house.

3. This research was conducted to investigate the influence of various organic substrates on growth and yield of ginseng seedling grown organically in the closed plastic house. The pH and EC of substrates used for organically ginseng cultivation ranged 5.93-6.78 and 0.03-0.15 dS/m respectively. The concentrations $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ respectively was 14.01-68.63 ml/L,

5.60–58.83 mg/L. The average quantum of the closed plastic house was range from 10 to 16% of natural light. In July and August, the maximum temperature of the closed plastic house did not exceed 30 and the average temperature was maintained within 25 lower than the field because air conditioning ran. The PPV-1 and PPV-2 bed soil substrates produced higher stem length, stem diameter, shoot fresh weight and leaf area than those of conventional culture. In PPV-2 bed soil substrates, root fresh weight and root diameter was the highest. The root fresh weight of PPV-2 bed soil substrates in closed plastic house was maximum 25% heavier than the conventional cultivation. The results of this experiment will be utilized for making new substrate application for organic ginseng culture in the plastic house.

4. This research was conducted to investigate the effects of bed soil substrates on growth and ginsenosides content of organically grown 3-year-old ginseng in a shaded plastic houses. The results are summarized as follows; Although the quantum and the temperature were suitable for the growth of ginseng, however the highest temperature was concerned for causing high temperature injury. In terms of aerial part growth, ginseng cultured in the bed soil substrate A showed the best quality, but total ginsenoside content was the highest in the bed soil substrate C with 73.9 mg/g. The main root of ginseng cultured in the bed soil substrate A was short and thick, and it showed the largest number of lateral roots. The comparison of the yield per Kan (1.8 m×0.9 m) revealed the exceptionally larger yield from the bed soil substrate A. The total ginsenoside content extracted from the main roots of ginseng cultured in the bed soil substrate A, C and E, and field culture was respectively, 9.98, 8.39, 8.78 and 11.2 mg/g and also, respectively, 15.4, 18.0, 28.7 and 34.0 mg/g were extracted from the lateral roots. The total ginsenoside content converted to that per unit g of whole root of ginseng did not show significant difference among the field culture and the bed soil substrate A, C, and E.

5. The pH and EC of mixed bed soil used for organically ginseng cultivation were range from 6.15 to 6.93 and from 0.8 to 0.15dS/m. The concentrations of Ca, K and Mg were 3.24~4.22, 0.4~1.09 and 0.13~0.79cmol/L respective. The average temperature in shaded plastic house was range from -5.3°C to 26.2°C. And the temperature in shaded plastic house was lower than to temperature of out area for July and August. The maximum quantity of light in shaded plastic house was 67.69 $\mu\text{mol/s/m}^2$. But The maximum quantity of light in shaded plastic house below 40 $\mu\text{mol/s/m}^2$ after to setup the duple shade net. The maximum quantity of light in house was 95.75 $\mu\text{mol/s/m}^2$ south area in house. Therefor, to need the solution for control the quantity of light in house. The result of first growth investigation was best that ratio

0:1(B) of mixed bed soil in Stem length, Stem diameter, Leaf length, Leaf width, Stem fresh weight, Root diameter, Root fresh weight. The result of second growth investigation was best that ratio 0:1(B) of mixed bed soil in Root fresh weight. And the mixed bed soil of ratio 0:1(B) was most similar to practice cultivation. As a result from this reaserch, if additory research to improve soil quality that the bed soil mixed ratio 0:1(B), organically ginseng will be possible as much as a mount of the practice cultivation.

6. This research is conducted to develop romote automatic control system of house which needs temperature and humidity control for the optimized ginseng production condition. This development focused on remote automatic control system of air-conditioner in the enclosed house. By virtue of power consumption control monitoring system, ginseng growers can reduce electricity rates related to profitability. Futhermore, growers can correspond the situation incontinently such as fire or equipment failure by remote monitoring & alarm system so that they have come to prevent the deterioration of ginseng.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	13
Section 1. Research purpose	13
Section 2. Research necessity	15
Chapter 2. Research background and current status	18
Section 1. Domestic technology development status	18
Section 2. Foreign technology development status	20
Chapter 3. Results and Discussion	21
Section 1. Development of organic ginseng seedlings cultivation system in the shaded plastic houses	21
1. Development of ginseng nursery bed soil for organic cultivation	21
2. Production of organic ginseng seedlings	24
Section 2. Development of short term organic ginseng cultivation system in the shaded plastic houses	27
1. Development of ginseng bed soil for organic cultivation	27
2. Production of organic ginseng	32
3. Development of organic ginseng cultivation system in the temperature control plastic houses	57
4. Optimum condition for dormancy breaking	64
5. Effect of sowing date on germination rate of ginseng seed and emergence rate of seedling in the plastic houses	66
6. Recycle of bed soil	68
7. Design of optimum lighting system for multi-floors cultivation	70
8. Development of environmental control technology in the shaded plastic houses	74
Section 3. Design and construct of the shaded plastic houses for organic ginseng cultivation	85
1. Design of the shaded plastic houses for organic ginseng cultivation	85
2. Change 1, 2, 3 of shaded plastic houses structure	86
3. Design of the shaded plastic houses for organic ginseng cultivation	99
Section 4. Economic analysis of organic ginseng	104
Chapter 4. Achievement and Devotion	109

Section 1. Achievement of purpose	109
Section 2. Expected effects on related area	112
Chapter 5. Application plans of research results	113
Section 1. Performance of research	113
Section 2. Promotion of industrialization	115
Chapter 6. Reference	116

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	13
제 1 절	연구의 목적	13
제 2 절	연구개발의 필요성	15
제 2 장	국내외 기술개발 현황	18
제 1 절	국내 기술개발 현황	18
제 2 절	국외 기술개발 현황	20
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	21
제 1 절	유기농 하우스 묘삼 생산시스템 개발	21
1.	유기농 상토 개발	21
2.	유기농 묘삼 생산기술	24
제 2 절	유기농 하우스 단기생산 시스템 개발	27
1.	유기농 상토개발	27
2.	유기농 인삼시스템	32
3.	온도제어 하우스 유기농 인삼재배 시스템	57
4.	자연 휴면타파 조건 구명	64
5.	하우스에서 파종시기에 따른 발아 및 출아율 변화	66
6.	상토의 재활용	68
7.	다단식 인삼재배에 적합한 조명 시스템 설계 및 적용	70
8.	하우스 환경제어기술 개발	74
제 3 절	유기농 인삼재배용 하우스 시설 구축	85
1.	유기농 인삼재배를 위한 하우스 설계	85
2.	하우스 구조 1차, 2차, 3차 변경	86
3.	유기농 인삼재배 하우스의 설계	99
제 4 절	유기농 인삼의 경제성 분석	104
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	109
제 1 절	연구개발목표의 달성도	109
제 2 절	관련분야에의 기여도	112
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	113
제 1 절	연구개발 실적	113
제 2 절	연구개발 성과 활용 계획	115
제 6 장	참고문헌	116

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구의 목적

인삼을 재배하기 위해서는 1~2년간 예정지 관리가 필요하며, 이러한 예정지 관리 과정에는 다량의 유기질의 사용과 10회 이상의 경운 등으로 많은 관리 비용이 필요하고, 더욱이, 예정지 관리 기간에는 인삼 재배가 불가능하다.

또한, 인삼을 재배하는 기간에는 빗물의 누수, 가뭄, 침관수, 고온, 저온, 폭설, 태풍 등의 자연재해와, 염류장해 등에 의한 황증, 적변 등의 피해가 많아 인삼의 안정적 생산에 어려움을 주고 있다. 더욱이 인삼을 한번 재배하면 병충해로 인하여 약 10년간 재배가 곤란하여 새로운 인삼재배 포장에 필요하다. 따라서 인삼을 오랫동안 재배한 지역에서는 인삼을 재배하지 않은 논이나 밭을 찾기가 어려운 실정이다.

예정지 관리가 완료된 포장에 종자를 직파하거나 묘삼을 이식하여 4~6년간을 재배하여야 수확이 가능하다. 이와 같이 인삼은 한 장소에서 오랫동안 재배되므로 병충해 및 생리 장애의 피해가 큰 작물에 속한다. 병충해의 피해를 방지하기 위하여 10회/년 이상의 농약을 살포해야 하는 경우가 많아 경영비의 상승은 물론 농약잔류 위험성이 상존함에 따라 이에 대한 대책이 절실히 요구되고 있다.

인삼에 대한 농약 잔류 문제가 매년 신문이나 방송을 통하여 공개되기 때문에 농약이 잔류되지 않은 유기농 인삼을 요구하는 소비자가 증가하고 있으며, 수출업자는 외국인삼과 차별화하기 위한 유기농 인삼제품의 가공, 유기농 화장품 원료, 유기농 식품재료 등으로 유기농 인삼을 사용하려고 해도 현재까지도 유기농 인삼을 생산하기 위한 표준 기술이 개발되어 있지 않아 유기농 인삼을 공급할 수 없는 실정이다.

오랫동안 인삼은 뿌리만을 한약재나 식품원료로 사용하였으나 최근에는 뿌리보다 사포닌 함량이 많은 잎, 꽃, 장과 등에 관심을 갖게 되었다. 인삼 잎의 조사포닌 함량은 12.8%(Cho, 1977), 19.58%(Kim 등, 1987), 12.8%(Lee 등, 1980)라고 하였으며 Chang(1998)은 채엽시기에 따라 15.58~17.17%로 인삼근의 조사포닌 4~5%(Kim 등, 1995; Jang 등, 1983; 고성룡, 1995)보다 3배 이상 많은 것으로 나타났다. 진세노사이드별로 보면 채엽시기와 관계없이 Re가 1.98~2.54%로 가장 많았고, Rd 1.35~1.88, Rg1 1.38~1.57로 3종의 사포닌이 전체의 70%를 차지하였다. Rb1 0.55~1.06%, Rb2 0.68~1.01%, Rc 0.41~0.50%로 분포하였다고 하였다.

이와 같이 인삼의 잎, 꽃 등에 인삼의 활성을 나타내는 사포닌 함량이 인삼 뿌리보다 월등히 높아 기능성식품 및 의약적 자원으로서 경제적 가치가 있음에도 불구하고 잔류농약의 문제로 인하여 대부분 사료로 사용되거나 폐기되고 있는 실정으로 이를 활용한 고부가가치 가공제품의 개발이 절실히 요구되고 있다.

따라서 유기농 인삼재배가 본격화 되면 잔류농약이 존재하지 않는 유기농 인삼(뿌리, 잎, 줄기, 꽃봉오리, 열매)을 소재로 하여 아토피억제, 노화억제, 발모촉진, 비만억제 등의 생리활성을

나타내는 다양한 형태의 인삼제품이 개발되어 산업화에도 크게 기여할 것이다.

유기농 재배와 관련된 연구는 배지 및 수경재배에 관한 연구가 대부분이다. Li(2005)는 펄라이트, 피트모스, forestry sand를 혼합한 상토에 미국삼 종자를 파종하고 유기농 비료로 수경재배를 하였으나 포장재배에 비하여 근중은 50% 이하이나 총 사포닌은 큰 차이가 없었다고 하였다. Proctor 등(2010)은 미국삼의 유기농 묘삼 생산을 위해 버미큘라이트, 피트모스, Promix-BX 배지를 이용하여 온실에서 육묘를 하였으나 포장 재배보다 좋은 결과를 얻지 못하였다.

Park 등(1986)은 고려인삼을 포트에 심어 양액재배를 한 결과 무기성분에 따라 진세노사이드 함량이 다르다고 하였으며, Park 등(2002)은 피트모스, 모래, 재활용 압면 또는 입상 압면 등을 이용한 양액재배에서 압면배지에서 재배가 수량이 가장 많았다고 하였다. Lee 등(2010)은 석회 보르도액을 활용한 친환경 재배기술을 검토하였으며, 하우스 재배를 할 경우 관행재배에 비하여 근중이 44% 증가하였고, 병해의 발생이 현저히 감소하였으며, 진세노사이드 함량도 차이가 거의 없다고 보고하였다(Lee 등, 2011).

유기농 인삼을 생산하기 위한 기술 개발을 위해서는 유기농 재배를 위한 하우스 시설과 인삼을 재배할 수 있는 유기농 상토, 무농약 병충해 방제, 유기농 재배에 알맞은 수분관리 등의 기술이 개발되어야 할 것이다.

유기농 재배가 일반 시설재배 또는 양액재배와 다른 점은 유기농 상토를 이용해야 하며, 화학비료를 녹인 양액 대신 유기질 비료 추출물을 시비해야 한다. 따라서 유기농 인삼재배를 위해서는 유기농 상토의 개발이 가장 중요한 과제이다. 또한 고온 및 직사광선의 피해 등을 방지하기 위한 재배 시설의 설계, 병충해 방제용 유기농 자재의 개발, 유통문제 등이 해결되어야 실용화가 가능할 것이다.

따라서 본 연구에서는 잔류농약이 존재하지 않는 유기농 인삼(뿌리, 잎, 줄기, 꽃봉오리, 열매)을 생산하기 위하여 하우스 시설 설계, 유기농 상토 및 재배법 개발을 개발하고, 유기농 인삼의 진세노사이드 함량 등의 변화를 검토하기 위하여 실시하였다.

농촌진흥청에서 수경재배 청정 인삼 생산법을 개발하였으나 무기비료를 사용하여 인삼산업법에 저촉되어 약용으로 사용할 수 없고, 주년 연속생산 기술에 필요한 청정 2년 근 묘삼 생산 기술이 정립되지 않았으며, 대량생산의 경우 인공적으로 휴면 타파에는 무제점이 있으므로 유기농 인삼재배법의 신기술 개발이 필요하다. 금후 시설재배의 재배시스템이 개발되면 고도의 생산기술로 건강식품, 의약품, 한약재 등을 제조할 수 있는 무농약 원료를 생산 할 수 있을 것이다.

최근 중동, 동남아시아 지역에서 신선야채의 수요가 많아지고 수자원을 유용하게 활용하는 완전 인공형 식물공장의 필요성이 전 세계적 대두되고 있음. 따라서 본 연구가 성공하면 중동, 동남아시아 지역에 식물공장 시설 및 재배기술을 수출할 수 있는 국가로 발돋움 할 것으로 예상된다.

제 2 절 연구개발의 필요성

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 해가림 시설 내 생육적온이 20~25℃ 이하이고(Park, 1980), 생육에 알맞은 광량은 자연광의 10~15 %로 이다(Cheon *et al.*, 1991). 일반 식물과 달리 반음지 호냉성 식물이어서 강한 광선을 받으면 엽소현상이 일어나는 생리적 특성 때문에 인위적으로 해가림 시설을 만들어 재배하고 있다.

하지만 인삼은 장마기 때 습도가 높아지고 빗물에 잎이 젖어 있는 시간이 오래 지속되면 점무늬병과 탄저병의 발생이 많아지는데(Kim *et al.*, 1990), 이를 예방하기 위하여 누수되지 않는 해가림 자재를 만들어 사용하기도 하고 중국의 비누수형 해가림 자재를 사용하는 등 비 누수 해가림 재배로 인삼을 재배하고 있는 농가가 점점 증가하고 있다(Lee, 2007).

그러나 병충해를 효과적으로 방제하기 위해서 전적으로 농약에 의한 화학적 방제를 선호하고 있다(Sin *et al.*, 2005). 농약은 병해충의 발생 및 잡초로부터 농작물을 보호하여 농작물의 수량을 증대시키고 품질향상에 기여하며, 노동력 절감 등의 효과를 갖는 필수적인 농자재로 오남용 시 병해충 및 잡초에 대한 저항성을 유발하고 수질, 대기 및 토양 등에 환경오염을 유발시킨다. 특히, 작물 및 토양 등에 잔류하여 약해를 발생시키거나 작물을 섭취하는 인간의 안전성에 영향을 준다(Jeong *et al.*, 2004).

최근 국내에서는 국민들의 생활수준 향상과 건강에 대한 관심이 높아지면서 안전한 농산물에 대한 요구가 증가되고 있으며, 농산물에 대한 수입 개방으로 인해 수입산 농산물이 시중에 유통되고 있어 이에 대한 안전성 확보도 부족한 현실이다(Park, 2011)..

또한, 인삼 재배에 있어서 가장 큰 문제는 연작장해로 인하여 재배예정지를 찾기가 어렵다는 것이다. 연작장해는 동일 토양에 동일 작물을 재배함으로써 작물의 생산량을 감소시키는 기지현상을 말한다. 인삼의 재배 시 연작장해를 유발하는 주요 원인은 뿌리의 동체부분이 흑갈색으로 썩는 근부병 증상이 나타나기 때문이다. 근부병은 주요 원인균으로 *Fusarium solani*와 *Cylindrocarpon destructans*로 알려져 있는데(Shim and Lee, 1991; Cho *et al.*, 2003) 초작지의 경우 근부병의 병원균의 밀도가 낮아 인삼의 뿌리가 쉽게 감염되지 않으나 인삼의 재배환경은 근부병 병원균의 증식에도 적합하여 포장에 식재된 인삼의 생장과 더불어 근부병 병원균의 밀도도 증가되므로 인삼을 수확한 후 동일한 포장에 바로 인삼을 재배할 경우 인삼의 뿌리는 근부병에 쉽게 감염될 수 있어 연작이 불가능하게 된다(Jo *et al.*, 1996). 연작장해를 해소시키기 위한 방법으로는 토양훈증소독제를 이용한 화학적 방법과 담전윤환재배법 (Jo *et al.*, 1996)이 있으며 그 외 길항미생물을 이용한 생물학적 방법이 있으나 실용화 되지 못하고 있는 실정이다(한국인삼연초연구원, 1994, 1997, 2011).

최근 친환경 유기농산물에 대한 소비자들의 관심 증가로 화학농약의 사용을 억제하여 농약 잔류가 없는 유기농 인삼을 생산하고자 하는 농가들이 늘어나고 있다. 유기농 인삼을 생산하게 되면 인삼이 건강기능식품이나 의약품의 가공원료가 아니라 신선한 채소로서 소비자의 식탁에 오를 수 있다. 특히, 인삼의 뿌리뿐 아니라 잎을 함께 이용할 수 있다는 점이 이점이다. 잎은

뿌리와 조성이 다소 차이가 나지만 총 질세노사이드 함량은 뿌리보다 높기 때문에(Shi *et al.*, 2007) 뿌리, 잎을 포함한 전초를 함께 섭취할 수 있으면 인삼은 아주 훌륭한 기능성 채소의 원료가 될 수 있다.

이와 같이 병충해, 농약잔류, 연작장해 등의 문제를 해결하여 유기농 인삼을 재배하기 위해 본 연구는 비닐하우스를 이용한 인삼 재배를 시도하였다. 비닐하우스 인삼 재배는 빗물의 유입을 막아 병해의 발생을 억제하여 농약 살포에 따른 노동력 및 농약잔류 문제가 해결 될 수 있으며, 본 연구로 개발된 유기농 묘삼생산용 상토를 이용하여 예정지 관리 생략과 상토갈이를 통한 연작장해 해결 등 유기농 인삼 생산에 유용할 것으로 생각된다.

또한 인삼은 다년생 음습지형 작물로 재배기간이 장기간 소요되고, 환경 및 병해에 민감하다. 이러한 특성 때문에 인삼은 재배 예정지 관리가 필요하고, 한번 재배한 지역에서는 연작장해 때문에 10년 이상 재배가 불가능하다. 또한 점무늬병, 탄저병, 역병 등에 쉽게 감염되어 1년에 평균 10회 이상 작물보호제를 처리하여 항상 잔류농약이 문제가 되기도 한다. 따라서 안전한 인삼을 생산하기 위해서는 유기농 재배가 필요하다.

유기농 인삼의 생산을 위해서는 예정지 관리법, 유기농 상토개발, 친환경 병충해 방제 기술 등의 개발이 이루어져야 가능하다. 또한 병충해 발생이 적은 시설에서 재배하기 위해서 시설내의 환경이 인삼재배에 적합하여야 한다.

Cheon *et al.* (1991)에 의하면 인삼의 생육을 위한 최적 광량은 태양광의 10~20%수준이라 밝혀진바 있으며, 광이 부족할 경우 동화작용이 저조하여 근부비대가 저하하고, 광량이 높을 경우 엽록소의 분해로 엽의 기능 저하와 황변 및 조기 낙엽이 발생하는 것으로 확인 되었다.

생육 적온은 20~25°C로 30°C 이상의 고온에서는 지상부에 시들음 증상이 발생하며, 광합성에 의한 지하부의 비대율도 낮은 것으로 확인 되었고(Park, 1980), Cheon *et al.* (2003)에 의하면 광량과 온도는 상관관계에 있어 온도가 낮으면, 적정 광량은 상승하고 온도가 높을수록 적정광량은 낮아진다고 하였다.

인삼 생육을 위한 토성으로 pH는 5.0~6.0, 염류농도는 0.5ds/m이하가 적합하되 1.0ds/m을 넘기지 말아야 한다. 질소함량은 50mg/kg이하, 유기물 10~20g/kg, 유효인산 100~250mg/kg, 칼륨 0.30~0.70cmol⁺/kg, 칼슘 2.0~4.5cmol⁺/kg, 마그네슘 1.0~2.0cmol⁺/kg이 적당하다(농촌진흥청, 2009). 그러므로 유기농 인삼을 재배하기 위해서 적정 환경조성과 병원균으로부터 차단 및 방제기술이 필요하다. 이와 관련하여 연작장해 개선을 위해 문제점 특성 파악 및 대책 연구가 진행 되어 왔으며(3,9), 잔류농약문제를 해결함과 동시에 병 방제를 위해 저농약 처리 방법 및 작물보호제 대신 유기농 자재를 처리하기 위한 개발연구도 함께 진행 되어 왔다(Lee GS *et al.*, 2003; Lee SA, 2007; Lee SW *et al.*, 2012; Seo MJ *et al.* 2011).

최근 들어 농산물과 가공 식품에 대한 품질과 안전도에 대한 관심이 급증함에 따라 유기농 인삼 생산의 필요성 및 가치 또한 급상승하여 많은 유기농 인삼 생산을 위한 연구들이 개발되고 있다. 이에 따라 인삼도 시설재배에 관한 연구가 많이 진행 되고 있는데, 기본적으로 생육에 가장 중요한 요인 중 하나인 광을 대체하는 LED처리에 관한 연구(Kim *et al.*, 2011)가 진행

되어 왔고, 재배기술에 관한 연구도 진행 되어왔다. 이러한 기술들을 종합하여 유기농 인삼 재배를 위해 수경재배 방식을 이용한 연구가 활발히 진행 되어 왔으며(Kim YB *et al.*, 2013; Lee GA *et al.*, 2012; Lee GA *et al.*, 2012), 각 기술들의 집약인 식물공장이 대안으로 급부상하고 있다.

식물공장은 병원을 차단하고 자동온도제어시스템 및 광원시설, 관수시설 등으로 연작장해 해결, 생육촉진 및 생육기간의 단축, 수량증대, 품질향상, 자연재해로부터 안전한 장점이 있다. 하지만 이러한 식물공장에서 일반적으로 적용하는 수경방식에서 사용하는 양액은 인위적인 화학비료를 혼합하여 처리하므로 인삼을 약용작물로써 사용이 불가하고, 식품으로서 안전도에서도 우려성이 나타난다. 또한 식물공장의 초기 투자비용은 많이 들며, LED광원은 경제성에 있어 그 부가가치가 높으나 비용이 많이 들어 농업에 적용시키기에는 아직 해결해야 할 기술이 많이 존재한다고 판단된다.

한편으로 유기농인삼재배를 위한 다른 대책으로 하우스형 식물공장이 보고된 바 있다. Choi *et al.*,(2011)에 따르면 하우스 시설을 개량하여 인삼에 적절한 생육환경을 조성하고, 유기농상토배지를 사용함으로써 연작장해 해결, 병해차단, 자연재해 방지, 비용절감 등으로 일반농가에 적용가능 하다. 또한 배지로 사용된 상토는 천연 유기농 자재인 Peatmoss, Perlite, Vermiculite, Cocopeat를 적절히 조합하여 사용하였으며, pH 및 물리성, 화학성에 있어 모두 인삼 생육에 적절하다고 하였다.

하우스형 식물공장은 LED광원대신 자연광원을 이용하므로 식물공장보다 투자비용이 저렴하고, 인삼의 재배특성에 맞는 상토배지 또한 개발되었으나 새로운 재배양식으로써 일반농가에서 시도하기를 신중히 하고 있다. 그러므로 하우스형 식물공장의 내부 기상조건이 인삼재배에 적합하도록 시설을 개선하고, 4~6년으로 수년간의 재배기간이 소요되는 인삼의 생육을 위한 상토배지의 토성에 있어서, 인삼의 각 생육시기 및 용도에 맞고, 더 안정적이며 고품질의 생산이 가능하도록 배지인 상토의 종류에 있어서 개발이 필요하다고 사료된다.

따라서 본 실험에서 하우스 형 식물공장의 내부의 온도와 광량을 위치별로 나누어 측정을 하였고, 조성이 다른 유기농 인삼으로 개발된 상토의 혼합비율에 따라 인삼의 생육특성을 조사하기 위해 실시하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

가) 국내 친환경 농산물의 생산현황

○ 국내 친환경농산물의 생산 현황은 2000~2011년 친환경농산물 인증농가수는 연평균 46.3%, 인증면적은 49.7%, 출하량은 43.1%의 증가율로 각각 증가하였다. 2000~2003년에 전체 인증면적은 연평균 122.7%의 급증세를 보였고, 최근 5년 동안(2007~2011년)에는 연평균 12.2%로 꾸준히 증가하였다. 전반적으로 최근 유기농산물과 무농약농산물은 증가하는 반면, 저농약농산물은 2008년 이후 증가 추세가 꺾이고 최근 감소하는 추세를 보이고 있다.

◆ 연도별 친환경농산물 인증실적 변화 추이

단위: 건, 호, ha, %

구분		2000	2007	2008	2009	2010	2011 ¹⁾	연평균 증감률
유기	농가수	353	7,507	8,460	9,403	10,790	13,376	39.1
	면적	296	9,729	12,033	13,343	15,517	19,312	46.2
	출하량	6,538	107,179	114,649	108,810	122,243	190,912	35.9
무농약	농가수	1,060	31,540	45,089	63,653	83,136	89,765	49.7
	면적	876	27,288	42,938	71,039	94,533	95,253	53.2
	출하량	15,694	443,989	554,592	879,930	1,039,576	915,823	44.7
저농약	농가수	1,035	92,413	119,004	125,835	89,992	57,487	44.1
	면적	867	85,865	119,136	117,306	83,956	58,109	46.6
	출하량	13,174	1,234,706	1,519,070	1,369,034	1,053,702	712,493	43.7
계	농가수	2,448	131,460	172,553	198,891	183,918	160,628	46.3
	면적	2,039	122,882	174,107	201,688	194,006	172,674	49.7
	출하량	35,406	1,785,874	2,188,311	2,357,774	2,215,521	1,819,228	43.1
경지면적		1,888,765	1,781,579	1,758,795	1,715,301	1,715,301	1,698,040	-0.9

주:1) 2011년도 친환경농산물 출하량은 국립농산물품질관리원 잠정치임.

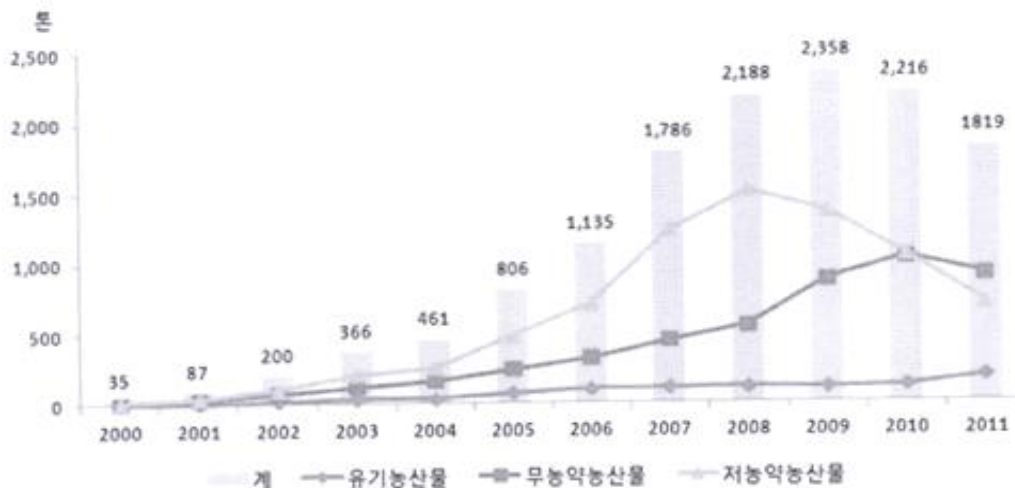
자료: 국립농산물품질관리원 친환경인증통계정보(<http://www.enviagro.go.kr>)

○ 인증단계별 친환경농산물 출하량을 보면, 2007년까지 빠르게 증가하다가 이후 2009년까지 증가율이 완화되었고 2010년과 2011년에는 출하량이 감소하는 것으로 나타남

○ 유기농산물의 경우 2008년까지 지속적으로 증가하다 2009년 약간 침체되었으나 이후 다시

증가하는 경향을 보이고 있음. 2011년 유기농산물 출하량은 전년 대비 56.2% 증가한 190,912톤으로 매우 높은 증가세를 보였음

- 무농약농산물은 2010년 최대 출하량을 기록한 후 2011년에는 915,823톤으로 다소 감소하였으나 전체 친환경농산물 출하량 1,819,228톤의 44.7%로 가장 많은 비중을 차지함
- 저농약농산물은 2008년까지 급격하게 증가하였으나 이후 빠르게 감소하고 있음. 2011년에는 무농약농산물 출하량이 저농약농산물 출하량을 추월하였다는 것이 특징임



<친환경농산물 출하량 변화 추이>

- 친환경농산물 인증은 2011년 말 기준, 국가기관인 국립농산물품질관리원과 70개 민간인증기관에서 담당하고 있음
- 2011년 민간기관 인증실적은 인증건수 14,711건, 인증농가 수 114,075호, 인증면적 121,451ha로 2010년에 비하여 인증건수는 증가하였으나 인증농가수와 인증면적이 다소 감소하였음.
 - 민간인증기관의 인증건수는 전체의 62.2%, 인증농가 수는 71.0%, 면적은 70.3%를 차지하여 인증건수와 인증농가수, 인증면적 모두에서 국가기관의 인증실적보다 많은 것으로 나타남

나) 국내 유기농인삼 기술개발

- 식물 및 광석에서 추출한 엑기스와 유향 및 토양을 가공 혼합하여 유기농산물 생산이 가능한 육묘용 상토의 개발이 진행되어 왔으나 인삼 재배를 위한 유기물 상토제조는 전무 하다.
- 청정수삼 및 인삼 엽을 생산하기 위한 인삼 수경 재배시스템이 농촌진흥청에 의해 개발되어 있으나 이는 인삼을 채소로만 이용이 가능하다.
- 농촌진흥청에서 수경재배 청정 인삼 생산법을 개발하였으나 무기비료를 사용하여 인삼산업법에 저촉되어 약용으로 사용할 수 없고, 주년 연속생산 기술에 필요한 청정 2년 근 묘삼

생산기술이 정립되지 않았으며, 대량생산의 경우 인공적으로 휴면 타파에는 문제점이 있으므로 유기농 인삼재배법의 신기술 개발이 필요함.

- 고려인삼을 포트에 심어 양액재배를 한 결과 무기성분에 따라 진세노사이드 함량이 다르다고 하였으며(Park 등, 1986), Lee 등(2010)은 석회보르도액을 활용한 친환경 재배기술을 검토하였으며,
- 피트모스, 모래, 재활용 압면 등을 이용한 양액재배를 실시한 결과 인삼의 지상부 및 뿌리 생체중과 뿌리의 건물중은 재활용 압면 배지에서 높았으며, 사포닌 함량에서는 일반토양에서 생육한 인삼과 차이를 나타내지 않았다(Park 등, 2002).
- 수경재배 묘삼의 생육과 사포닌 함량은 황토, 펄라이트, 팽화왕겨 및 모래와 원예 상토를 혼합한 배지에서 가장 우수하였다(Kim 등, 2010).
- 포도해가림을 이용한 유기농 인삼 재배(광록농원)
- 2007년 세계유기농업연맹 유기인증을 획득한 포도시설 재배 포장을 이용하여 2010년에는 인삼을 포도와 함께 재배(전라남도 곡성 이옥신 농가)
- 유기농 인삼 재배농가에서는 잎이 다 전개한 후 칼슘제를 처리하여 잎을 튼튼하게 하며, 저장성을 높이고 뿌리조직을 치밀하게 하기 위하여 규산 처리, 토양의 염류를 낮추고 적변 삼의 발생을 줄이기 위해 현미식초를 관주하는 등 친환경 자재를 사용하여 재배함
- 인삼 유기농 재배를 위해 유용 미생물 자재(*Bacillus subtilis*), 규산염, 석회보르도액, 유황합제를 활용하여 유기농 인삼재배 실시(전라북도 농업기술원, 2012)
- 농촌진흥청에서 유기농인삼재배농가의 유기농재배법을 정리하였으나 유기농재배에 필요한 기술은 거의 기술되지 못하였음(농촌진흥청, 2012)

제2절 국외 기술개발 현황

- 온실에서 버미큘라이트, 피트모스 배지 등을 이용하여 미국삼을 대상으로 유기농 육묘를 하였으나 포장 재배보다 좋은 결과를 얻지 못하였다(Proctor 등, 2010).
- 미국삼 종자를 펄라이트, 피트모스 등을 혼합한 상토에 파종하여 수경재배를 한 결과 포장 재배에 비하여 근중이 50% 이하이나 총 사포닌은 큰 차이가 없었다(Li, 2005).

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1절 유기농 하우스 묘삼 생산시스템 개발

1. 유기농 상토 개발

가. 재료 및 방법

(1) 시험종자

인삼종자는 개갑이 완료된 자경종 종자를 농가에서 구입하여 사용하였다.

(2) 재배법

본 실험은 2010년 4월부터 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 비닐하우스에서 수행하였다(사진 1). 하우스 구조는 높이 5 m, 너비 8.4 m, 몽골폭 1.2 m, 몽골높이 1.2 m이고, 직사광선을 차단하기 위하여 차광율 85%의 검정색 차광망을 비닐 위에 씌웠다.



사진 1. 몽골형 하우스 (좌)

(3) 상토조성

상토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트, 코코피트의 혼합비율을 조절하여 묘삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 상토 조제과정에서 천연 인광석, 랑베나이트, 고토석회(dolomite), 피마자박을 소량 첨가하였다. 상토 구성재료의 혼합비율은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The formulation of root substrates used in this study.

Substrates	Composition							
	% (v/v)				g/L			
	Pt	Pl	Vc	Co	Po	Lb	Dm	Cm
PPV-1	70	20	10	-	-	-	-	-
PPV-2	70	20	10	-	0.3	0.4	0.2	2.0
PPV-3	70	20	10	-	0.6	0.8	0.4	4.0
PPV-4	50	40	10	-	-	-	-	-
PPV-5	50	40	10	-	0.3	0.4	0.2	2.0
PPV-6	50	50	10	-	0.6	0.8	0.4	4.0
PC	-	40	-	50	0.3	0.4	0.2	2.0
PV	50	-	50	-	0.3	0.4	0.2	2.0

*Abbreviations; Pt: Peatmoss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Co: Cocopeat, Po: Phosphate ore, Lb: Langbenite, Dm: Dolomite, Cs; Castor seed meal.

(4) 상토분석

상토의 물리성 분석은 Choi 등 (2007)의 방법에 준해 공극률, 기상률, 액상률 및 가비중을 측정하였다. 상토제조 후 1 : 5(상토 : 증류수; v/v)로 희석한 후 그 추출용액의 pH와 EC를 측정하였다. 이 용액에서 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, P_2O_5 는 Thermo Genesys 10 (Thermo Fisher Scientific Inc.)을 이용하여 비색측정하였고, K, Ca 및 Mg는 pH 7.0 NH_4OAc 용액으로 추출한 후 원자흡광분석계로 분석하였다. 전반적인 분석 방법은 농촌진흥청 토양화학성 분석 방법 (RDA, 2003)에 준하여 수행하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 상토의 물리 화학성

인삼 파종 전에 분석한 상토의 물리·화학적 특성은 Table 1과 2에 나타내었다. 토양 물리적 특성에서 피트모스 70%에 펄라이트와 버미큘라이트를 2 : 1 (v/v)로 조합하여 30% 혼합할 경우 공극률이 78.8~80.6%, 용기용수량이 68.3~70.5%, 그리고 기상률이 8.3~12.3%의 범위로 측정되었다. 그러나 피트모스의 비율을 50%로 낮추고 펄라이트와 버미큘라이트를 4 : 1(v/v)로 조합한 물질을 50%로 조절할 경우 공극률이 80.0~81.2%로, 용기용수량이 67.5~70.0%, 그리고 기상률이 11.1~13.1%로 측정되었다. 이상의 결과를 통해 직경이 큰 펄라이트나 버미큘라이트의 비율이 증가함에 따라 공극률 및 토양통기성의 지표인 기상률이 증가하고, 보수성의 지표인 용기용수량이 감소함을 알 수 있었다.

Table 2. Physical properties of root substrates used in the experiment.

Substates*	Total porosity (%)	Containe capacity (%)	Air-filled porosity (%)	Bulk density (g/cc)
PPV-1	78.88	70.53	8.35	0.127
PPV-2	78.78	70.53	8.25	0.127
PPV-3	80.59	68.32	12.28	0.131
PPV-4	80.65	67.51	13.14	0.115
PPV-5	80.03	68.81	11.22	0.133
PPV-6	81.15	70.02	11.13	0.119
PC	75.88	67.15	8.73	0.124
PV	72.26	64.59	7.67	0.107

*See Table 1 for treatment description.

Table 3에서와 같이 상토의 pH는 5.97~6.45의 범위에 속하였으며, 피트모스의 비율이 증가하고 펄라이트 비율이 감소하면 pH가 약간 상승하였다. EC는 천연인광석 (P2O5 : 20.25%), 랑베나이트 (K2O : 21.5%, MgO 17.87%), 고토석회 (MgO :5%, CaO 29%), 피마자박 (N : 5%, P : 2%, K : 15)을 첨가하지 않은 PPV-1과 4 상토가 각각 0.03과 0.05dS/m로 다른 상토에 비하여 월등히 낮았다. 그러나 유기질 및 무기질 자재를 첨가한 PPV-2, 3, 5, 6, PC 및 PV 상토는 0.13~0.28 dS/m로 측정되어 무시비구에 비하여 크게 증가하였다.

Table 3. Chemical properties of substrates determined at the end of experiment in this study.

Substates*	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Avail.P ₂ O ₅	Ex-Ca	Ex-K	Ex-Na
	(1:5)	(ds/m)	(mg/L)			(cmol/L)		
PPV-1	6.38	0.03	124.4	38.2	18.45	23.53	14.95	6.51
PPV-2	6.36	0.14	148.4	43.4	28.85	26.25	14.98	6.92
PPV-3	6.29	0.23	221.2	65.8	110.14	30.44	15.74	7.11
PPV-4	5.97	0.05	91.0	54.6	10.69	21.84	14.95	5.48
PPV-5	5.97	0.13	103.6	77.0	45.86	26.45	14.95	5.87
PPV-6	6.00	0.28	133.0	70.0	92.91	26.86	15.03	6.33
PC	6.45	0.21	56.0	14.0	97.33	4.07	15.30	7.82
PV	6.35	0.20	47.6	53.2	62.16	29.6	17.23	5.49

*See Table 1 for treatment description.

상토의 NH₄-N 농도는 47.6~221.2mg/L, NO₃-N 농도는 14.0~77.0mg/L 범위로 피트모스와 피마자박의 함량이 증가함에 따라 이들 성분의 농도도 높아졌다. 인산농도는 18.45~110.14mg/L로 천연인광석의 첨가량이 많아질수록 농도도 증가하였다. K 농도는 14.95~15.74 cmol/L로 상토의 종류에 따라 차이가 크지 않았다. Ca 농도는 피트모스와 버미큘라이트를 혼합한 상토는 21.84~30.44 cmol/L이었으나 피트모스와 버미큘라이트가 첨가되지 않은 PC 상토는 4.07 cmol/L로 다른 상토에 비하여 월등히 낮았다.

인삼 재배가 적합한 토양의 화학성은 pH가 5.0~6.0, EC 0.25~0.50 dS/m, 인산 70~200mg/L, 칼리 0.2~0.5 cmol/L, 칼슘 2.0~4.5 cmol/L이며, 재배 가능한 토양의 화학성은 pH가 6.5이하, 염류농도 1.0 dS/m 이하, 인산 300mg/L이하, 칼리 0.8cmol/L이하, 칼슘 6.0 cmol/L 이하이다 (Choi et al., 1996).

본 시험에 사용한 인삼육묘용 상토의 화학성을 위의 기준치와 비교한 결과 pH는 PPV-4, 5, 6 상토가 적합하고 나머지 상토는 허용범위에 포함되었다. EC는 PPV-6 상토만 적합하고, 나머지 상토는 약간 부족하였다. 인산은 전 상토가 적합하다고 판단하였다.

2. 유기농 묘삼 생산기술

가. 재료 및 방법

(1) 시험종자

인삼종자는 개갑이 완료된 자경종 종자를 농가에서 구입하여 사용하였다.

(2) 재배법

본 실험은 2010년 4월부터 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 비닐하우스에서 수행하였다(사진 1). 하우스 구조는 높이 5 m, 너비 8.4 m, 몽골폭 1.2 m, 몽골높이 1.2 m이고, 직사광선을 차단하기 위하여 차광율 85%의 검정색 차광망을 비닐 위에 씌웠다.

스티로폼 포트 (500 × 300 × 170mm)에 혼합한 상토를 충전하고 충분히 물을 준 다음, 개갑된 재래종 종자를 농가에서 구입하여 3 × 3cm의 간격으로 4월 16일에 파종하였다(사진 2).

비닐하우스내의 환경 조절을 위해 발아 전에는 15℃ 이상, 발아 후에는 25℃ 이상으로 온도가 상승할 경우 온도 감지센서에 의해 측면과 몽골 측창의 비닐이 자동으로 개폐되도록 조절하였고, 측면환기에 의해 온도 상승을 억제시켰다. 재배 중 지하수로 관수하였으며 화학 비료나 농약은 전혀 처리하지 않았다.

(3) 생육조사

생육조사는 9월 27일에 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근장, 근직경, 근 생체중을 40 개체씩 3반복으로 조사하였다. 통계 분석은 DMRT를 이용하여 유의차를 검정하였다.



사진 2. 스티로폼 포트 재배

나. 결과 및 고찰

(1) 상토의 종류가 묘삼의 생장에 미치는 영향

인삼종자를 파종하여 7월 27일에 생육특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 경장은 PPV-1, 2, 4 및 PC 배지에서 8.00~8.75cm로 PPV-3, 5, 6 및 PV 배지의 6.56~7.24cm보다 증가하였다. 경직경은 PPV-2, 3, 5, 6 배지에서 1.20cm 미만이었으나 PPV-1, 4 PC, PV 배지에서는 1.20~1.27cm 이상으로 약간 증가하였다. 개체당 엽면적은 PPV-2, 3, 5, 6 및 PC 배지가 14.05~14.74㎡이고, PPV-1, 4, PV 배지는 15.43~15.65㎡로 약간 증가하였다.

지상부 개체당 생체중은 PPV-3, 5, 6 배지가 25~27 g이고 PPV-1, 4, PC, PV 배지는 32~34 g으로 약간 증가하였다. 이상과 같이 경장, 경직경 및 지상부 생체중은 PPV-1, 4, PC배지에서, 엽면적은 PPV-1, 4, PV 배지에서 생육이 우수한 경향이었으며, PPV-3, 5, 6 배지에서 약간 저조한 경향이였다. 뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 4, 6 배지에서 9.22~10.46cm 이상이었으며, PPV-3, 5, PC, PV 배지에서는 9.0cm 미만이었다. 뿌리의 직경은 각각 PPV-5와 6배지가 5mm 및 5.35mm이었으며, 나머지 배지에서는 4.55~4.76mm이었다. 뿌리 개체당 생체중은 PPV-4 배지가 0.75 g으로 가장 무거웠고, PPV-1 배지 0.68 g, PPV-2 배지 0.60 g, PPV-5 배지 0.58 g, PV배지 0.56 g, PPV-3 배지 0.53 g, PPV-6 배지 0.51 g, PC 배지 0.50 g 순으로 가벼웠다.

이상과 같이 뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 4, 6 배지에서, 뿌리 생체중은 PPV-1, 2, 4, 5배지에서

무거웠다. 즉 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트를 5 : 4 : 1 및 7 : 2 : 1의 비율로 혼합한 배지에서 지상부 및 지하부의 생육이 가장 좋았다. 피토모스와 펄라이트를 혼합한 기본 배지에 유기질 및 무기질 자재를 첨가한 경우 인삼의 생육이 약간 억제되었으며, 첨가량이 증가할수록 억제정도도 증가하였다. 이러한 현상은 유기질 및 무기질 자재의 첨가가 EC를 증가시켰기 때문으로 생각된다. 지상부와 지하부의 생육관계를 보면 지상부의 생육이 좋은 PPV-1, 2, 4 배지에서 뿌리의 길이 및 생체중도 우수하였다.

Table 4. Growth characteristics of ginseng seedlings at six months after sowing in Mongolian shaded plastic house as influenced by various formulations of root substrates.

Substates*	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Shoot fresh weight (g/plant)	Leaf area (cm ² / plant)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root fresh weight (g/plant)
PPV-1	8.75a**	1.21a	0.33a	15.65a	10.46a	4.55b	0.68b
PPV-2	8.26ab	1.17a	0.33a	14.65c	9.25b	4.76b	0.60bc
PPV-3	7.21c	1.19a	0.25bc	14.71bc	8.47c	4.55c	0.53cd
PPV-4	8.35ab	1.23a	0.32ab	15.50ab	9.65b	4.76b	0.75a
PPV-5	6.78cd	1.16a	0.27abc	14.74bc	8.09cd	5.00ab	0.58cd
PPV-6	6.49d	1.19a	0.25a	14.44c	9.22b	5.35a	0.51d
PC	8.00b	1.20a	0.34a	14.05c	8.54c	4.65b	0.50d
PV	7.24c	1.27a	0.34a	15.43ab	7.78d	4.62b	0.56cd

*See Table 1 for treatment description.

**Mean separation within each columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

이상과 같이 인삼육묘용 배지는 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트를 혼합한 배지에 유기질 및 무기질 자재를 첨가하지 않은 배지에서 가장 우량한 묘삼을 생산할 수 있었다. Nam (1990)은 염류농도 증가에 따른 생장억제는 EC 0.3 mmho/cm 이상에서 현저하게 나타났으며 EC 0.1 mmho/cm에 비해 근중이 40% 이상 감소하였다고 하였다. 따라서 유기질 및 무기질 자재를 첨가하지 않은 배지에서 초기생육이 양호하고 수량이 높았던 것은 인삼의 묘삼이 염류에 매우 약하므로 EC와 관련이 있을 것으로 생각한다.

이상의 결과를 고려할 때 묘삼의 생장은 상토의 물리성과 화학성 모두에 영향을 받았다고 판단한다. 묘삼의 생장량을 극대화시키기 위해서는 물리성중 토양통기성의 지표인 기상율을 13% 이상으로 조절하고, 상토에 존재하는 총 비료량을 나타내는 EC를 0.05dS/m 이하로 조절해야 한다고 판단하였다.

본 연구에서 선발된 인삼의 유기농 배지는 생산자가 쉽게 구입할 수 있으며, 배지의 충진이나 보충작업이 간편하고 물리성이 우수하여 생육도 양호하므로 유기농 인삼용 상토로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

제2절 유기농 하우스 단기생산 시스템 개발

1. 유기농 상토개발

가. 재료 및 방법

(1) 하우스 시설

본 실험은 2010~2013년에 걸쳐 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 및 기본형 비닐하우스에서 수행하였다(사진 3~4).

(2) 1차 개발 상토 조성

상토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트, 코코피트, 왕겨의 혼합비율을 조절하여 묘삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 인삼생육에 적합한 영양분을 보충하기 위하여 천연 인광석, 랑베나이트, 고토석회(Dolomite), 피마자박을 소량 첨가하였다. 상토 구성 재료의 혼합비율은 Table 5와 같다.

Table 5. The combinations of bed soil substrates used in this study

Substrates	Composition*					
	% (v/v)					
	Pt	Pl	Vc	Co	Rh	Po
PPV-1	50	40	10	-	-	-
PPV-2	50	40	10	-	-	0.3
PPV-3	50	30	10	-	-	-
PPVC	25	40	10	25	-	-
PVC	-	40	10	50	-	-
PVR	50	-	10	-	20	-

*Pt: Peatmoss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Co: Cocopeat, Rh: Rice hulls. Po: Phosphate ore.

(3) 2차 개발 상토의 조성

인삼재배에 알맞은 토양의 화학성분을 참조하여 상토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트, 코코피트의 혼합비율을 조절하여 인삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 상토 구성 재료의 조성 비율은 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Composition of three root bed soil substrates used in this study.

Substrates	Composition* %(v/v)			
	Pt	Pl	Vc	Co
A	50	40	10	-
C	-	40	10	50
E	50	30	10	-

*Abbreviations; Pt: Peat-moss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Co: Cocopeat

(4) 3차 개발 상토의 조성

인삼생육을 위한 상토매지는 Peat-moss, Perlite, Vermiculite를 배합하여 인삼전용상토로 개발된 A상토와 Peat-moss, Perlite, Vermiculite, Zeolite를 혼합하여 만든 B상토 및 A, B를 1:1, 1:2, 2:1비율로 혼합하여 사용하였으며, 5종의 상토에 대한 각 혼합성분의 비율은 Table 7과 같다.

Table 7. The combination of root substrates used in this study.

Substrates (A:B)	Composition*			
	%(v/v)			
	Pt	Pl	Vc	Zl
1:0	50	40	10	
0:1	70	15		15
1:1	60	28	5	7
1:2	63	24	3	10
2:1	57	32	7	4

*Abbreviations; Pt: Peatmoss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Zl: Zeolite

(4) 상토 분석

상토의 화학성 분석은 상토제조 후 1:5(상토:증류수; v/v)로 희석한 후 그 추출용액의 pH와 EC를 측정하였다. 이 용액에서 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 P_2O_5 는 Thermo Genesys 10(Thermo Fisher Scientific Inc.)을 이용하여 비색 측정하였고, K, Ca 및 Mg는 NH_4OAc (pH 7.0) 용액으로 추출한 후 원자흡광분석계로 분석하였다. 전반적인 분석 방법은 농촌진흥청 토양화학성 분석 방법(RDA, 2003)에 준하여 수행하였다.



사진 3. 몽골형(좌) 기본형(우) 하우스



사진 4. 하우스 측면 몽골형(좌) 기본형(우)

나. 결과 및 고찰

(1) 1차 개발 상토의 화학적 특성

유기농 인삼 재배용 상토의 화학적 특성은 Table 8과 같다. 상토의 pH는 5.9~6.8의 범위를 보였으며, 코코피트나 왕겨의 비율이 증가하면 pH가 약간 상승하였다. EC는 천연인광석(P₂O₅: 20.25%), 랑베나이트(K₂O: 21.5%, MgO 17.87%), 고토석회(MgO: 5%, CaO 29%), 피마자박(N: 5%, P: 2%, K: 15)을 첨가한 PPV-2와 코코피트를 첨가한 PPVC, PVR 상토가 0.1 dS/m 이상으로 다른 상토에 비하여 약간 높게 나타났다.

상토의 NH₄-N 농도는 14.01~68.63 mg/L, NO₃-N 농도는 5.60~58.83 mg/L 범위로 피트모스 함량이 증가함에 따라 이들 성분의 농도도 높아졌다. 인산농도는 6.06~110.14 mg/L 범위로 코코피트와 천연인광석의 첨가량이 많아질수록 농도가 증가하였다. K와 Ca 농도는 피트모스와 버미큘라이트를 혼합한 상토의 K농도는 4.47~9.66 cmol/L, Ca농도는 30.19~35.89 cmol/L 범위를 보이며 상토의 종류에 따라 차이가 크지 않았으나, PPV 조성비에서 펄라이트함량이 감소한 PPV-3 상토는 각각 17.83 cmol/L, 64.23 cmol/L로 다른 상토에 비하여 월등히 높게 나타났다.

Table 8. Chemical properties of bed soil used in this study

Substrates*	pH (1:5)	EC (dS/m)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Av. P ₂ O ₅	Ex-Ca	Ex -K	Ex -Na
PPV-1	5.93	0.04	68.63	58.83	9.70	33.21	4.47	2.64
PPV-2	6.08	0.10	46.22	23.81	16.75	35.89	4.61	3.17
PPV-3	6.30	0.03	30.82	5.60	6.46	64.23	17.83	27.39
PPVC	6.61	0.08	23.81	22.41	18.56	30.19	8.23	24.52
PVC	6.78	0.15	14.01	19.61	15.13	31.05	9.40	21.95
PVR	6.58	0.04	28.01	22.41	6.06	30.97	9.66	2.65

* See Table 5 for treatment description.

(2) 2차 개발 상토의 화학적 특성

상토의 화학성분 분석 결과는 Table 9와 같다. 인삼 예정지 토양의 화학성 조건 (RDA, 2011)과 비교하였을 때, 상토 A, C, E의 pH는 각각 6.08, 6.78, 6.30으로 C 상토에서 약간 높았다. EC는 상토 A, C, E에서 각각 0.10, 0.15, 0.03, NO₃-N는 각각 23.8, 19.6, 5.60으로 3중

류의 상토 모두 인삼 생육에 적합하였다.

P₂O₅은 상토 A, C, E 모두 다소 부족하였으며, 상토 A의 Ca와 K는 각각 3.59와 0.46으로 적합하였고 상토 C는 Ca는 적합하였으나 K는 약간 높았다. E 상토에서는 Ca와 K는 각각 6.42와 1.70으로 과다하였다. Na은 상토 A, C, E에서 각각 0.32, 2.20, 2.74로 과다하였다.

Table 9. Chemical properties of bed soil substrates used in this study.

SB*	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Av. P ₂ O ₅	Ex-Ca	Ex -K	Ex -Na
	(1:5)	(dS/m)	(mg/L)			(cmol/L)		
A	6.08	0.10	23.8	46.2	16.8	3.59	0.46	0.32
C	6.78	0.15	19.6	14.0	15.1	3.11	0.94	2.20
E	6.30	0.03	5.60	30.8	6.5	6.42	1.70	2.74

* SB: Substrates, See Table 6 for treatment description.

(3) 3차 개발 상토의 화학적 특성

인삼재배에 사용된 유기농 배지의 특성은 Table. 10과 같다. 인삼 유기농 상토로 개발된 A상토(1:0)의 pH는 6.7로 적정 수준보다 약간 높았으며, EC는 0.15dS/m으로 적합한 수준 이었다. NO₃-N의 함량은 39.2ml/L로 적합한 수준 이었으며, 유효인산은 9.7ml/L로 매우 부족하였다. 미량요소중에서 Ca는 4.22cmol/L로 적합하였으나, K과 Mg는 각 각 1.09, 0.79cmol/L로 약간 부족하였다. B상토(0:1)의 pH와 EC에서 NO₃-N의 함량은 각 각 6.15, 0.09dS/m, 13.3ml/L로 적합하였다. 그러나 유효인산에서는 47.6ml/L로 부족하였으며, 다른 무기성분 중에서 Ca는 3.61cmol/L로 적정 수준 이었으나, A상토와 마찬가지로 K, Mg에서 0.9, 0.77cmol/L로 함량이 부족하였다.

A와 B상토를 1:1, 1:2, 2:1 비율로 혼합한 3종의 상토의 pH는 6.6~6.9의 범위로 적정 수준보다 모두 약간 높았고, EC는 3종의 혼합상토 모두 0.5dS/m이하로 인삼생육에 안정적인 범위였으며, NH₄-N의 함량은 9.8~28.7ml/L범위이고, NO₃-N의 함량은 7.7~14.0ml/L로 안정범위에 속하였다. 유효 인산의 함량은 6.44~24.7ml/L였으며, Peat-moss의 함량과 정의 상관관계를 보였다. Ca는 3.24~3.62cmol/L, K는 0.4~0.6cmol/L의 함량을 보이며 생육에 안정적인 함량의 범위에 속하였고, Mg의 함량은 0.73~0.78cmol/L로 3종의 혼합 상토배지에서 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같이 pH에서 2:1비율과 1:0(A), 1:1비율 혼합 상토에서 6.93, 6.74, 6.6으로 약간 높았고, 0:1(B)과 1:2비율은 다소 높거나 적합하다 판단되었다. 또한 EC에 있어서 모든 상토가 적합 범위에 속하였으며, NO₃-N의 함량 또한 적절하였다. 하지만 P₂O₅의 함량은 모두 부족하였고, Ca의 함량은 모두 적정 수준 이었으며, K의 함량은 1:2, 2:1의 비율로 혼합한 상토가 0.49,

0.4cmol/L로 적절하나 1:0(A), 0:1(B), 1:1비율의 혼합 상토는 다소 과다 하였다. Mg의 함량에서는 5종의 상토 모두 부족하였다. 토양성분 분석 결과 인삼의 생육에 적절한 상토로는 0:1(B)와 1:2비율의 혼합 상토가 가장 근접하다고 판단되었다.

Table 10. Chemical properties of substrates used experiment in this study.

Substrates* (A:B)	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Av. P ₂ O ₅	Ex -Ca	Ex -K	Ex -Mg
	(1:5)	(dS/m)	(ml/L)			(cmol/L)		
1:0	6.74	0.15	27.3	39.2	9.70	4.22	1.09	0.79
0:1	6.15	0.09	37.1	13.3	47.6	3.61	0.9	0.77
1:1	6.60	0.11	28.7	14.0	18.7	3.52	0.6	0.78
1:2	6.55	0.08	27.3	7.7	24.7	3.24	0.49	0.73
2:1	6.93	0.08	9.8	8.4	6.44	3.62	0.4	0.78

* see table 7 for treatment description.

2. 유기농 인삼 재배 시스템 개발

가. 1차 개발 상토의 종류에 따른 2년근 인삼의 생육특성

(1) 재료 및 방법

(가) 하우스 시설

본 실험은 2010~2011년에 걸쳐 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 및 기본형 비닐하우스에서 수행하였다(사진 5~6).

(나) 재배법

스티로폼 포트(500×315×215mm)에 각각의 상토를 채우고 농가에서 구입한 평균 0.7g의 묘삼을 6×6cm의 간격으로 12월 1일에 이식하였다.

비닐하우스내의 온도 조절은 출아 전 15℃, 출아 후에는 온도 감지센서로 25℃ 이상으로 상승할 경우 측창과 천창의 비닐을 자동으로 개폐하였다. 재배 중 지하수로 관수하였으며 화학비료나 농약은 전혀 처리하지 않았다.

(다) 광량 및 온도 측정

하우스의 광량은 LI-1400 Datalogger(LI-COR, USA)을 이용하여 오전 6시부터 오후 5시까지 1시간 간격으로 측정하였고, 온도는 Thermo Recorder(T&D Co., Japan)을 이용하여 30분 간격으로 자동저장 되도록 하였고, 월별로 초순, 중순, 하순으로 나누어 평균온도, 최고온도를 계산하였다.

(라) 생육 조사

생육조사는 9월 28일에 3층 베드에 위치한 인삼의 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근장, 근직경, 근생체중을 40개체씩 3반복으로 조사하였다. 통계분석은 ANOVA(Analysis of variance), Duncan's Multiple Range Test, Least Significant Difference를 이용하여 유의차를 검정하였다.



사진 5. 기본형 하우스 내부



사진 6. 몽골형 하우스 내부 3단 베드시설

(2) 결과 및 고찰

(가) 하우스 내의 광량 및 온도변화

7월 18일과 8월 5일 맑은 날 오전 6시~오후 5시까지 하우스내의 광량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 7월과 8월의 평균광량은 각각 108.9, 97.3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 자연광 731.1, 858.2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 의 11~15%로 인삼의 광합성 최적의 광량인 자연광의 10~15%(Jeong, 2007)의 범위에 속하였다.

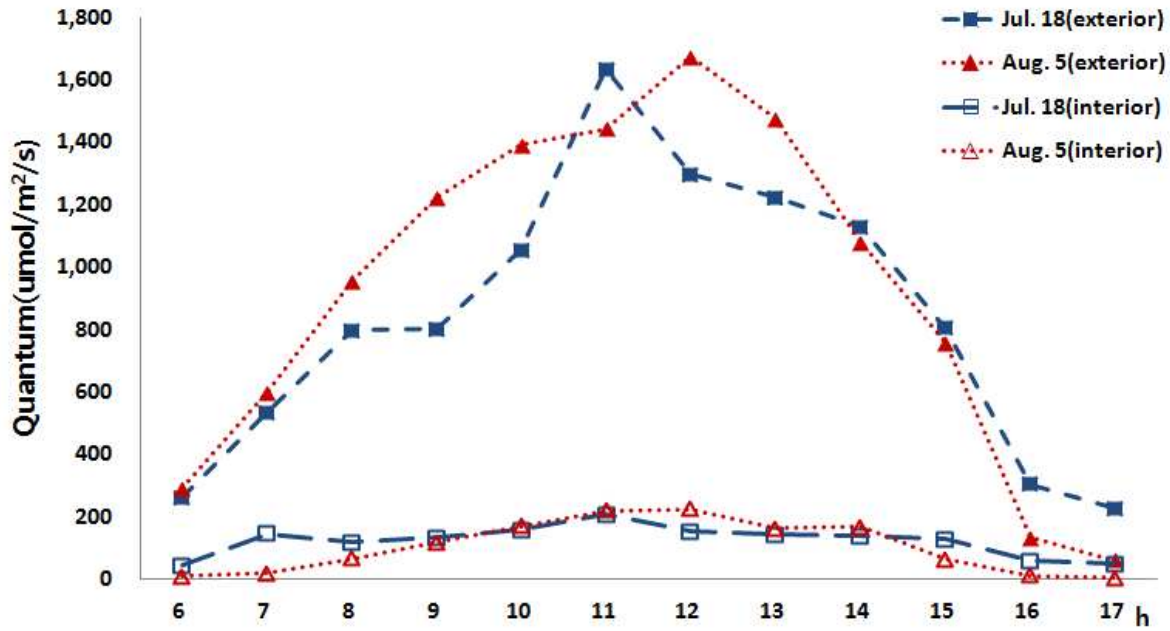


Fig. 1. Comparison of quantum inside and outside of the plastic house during daylight hour.

하우스와 외부의 최고 및 평균기온은 Fig. 2와 같다. 하우스와 외부의 최고기온은 4월 중순까지는 차이가 없었으나 4월 하순~6월 중순은 3°C 내외, 6월 중순~8월 초순은 하우스 내 기온이 외부보다 7°C 높은 경우도 있었다.

하우스와 외부의 1~9월 최고 및 평균 기온은 Fig. 2와 같다. 기본형 하우스의 1월초~2월 중순까지의 평균기온은 -2.9~3.2°C, 2월 하순~4월 초순 5.2~11°C, 5월~6월 17.7~24.4°C, 7월초~8월 상순 24.1~26.7°C, 9월 상순 22.1°C로 나타났다. 몽골형 하우스의 1월 초·중순 평균기온은 기본형보다 약 4°C 정도 낮았으나 그 이후에는 기본형과 차이가 거의 없었다. 기본형과 몽골형 하우스의 평균 기온은 외부기온의 평균보다는 약 1~2°C 낮은 경향이였다.

하우스와 외부의 최고 및 평균기온은 Fig. 2와 같다. 하우스와 외부의 최고기온은 4월 중순까지는 차이가 없었으나 4월 하순~6월 중순은 3°C 내외, 6월 중순~8월 초순은 하우스 내 기온이 외부보다 7°C 높은 경우도 있었다.

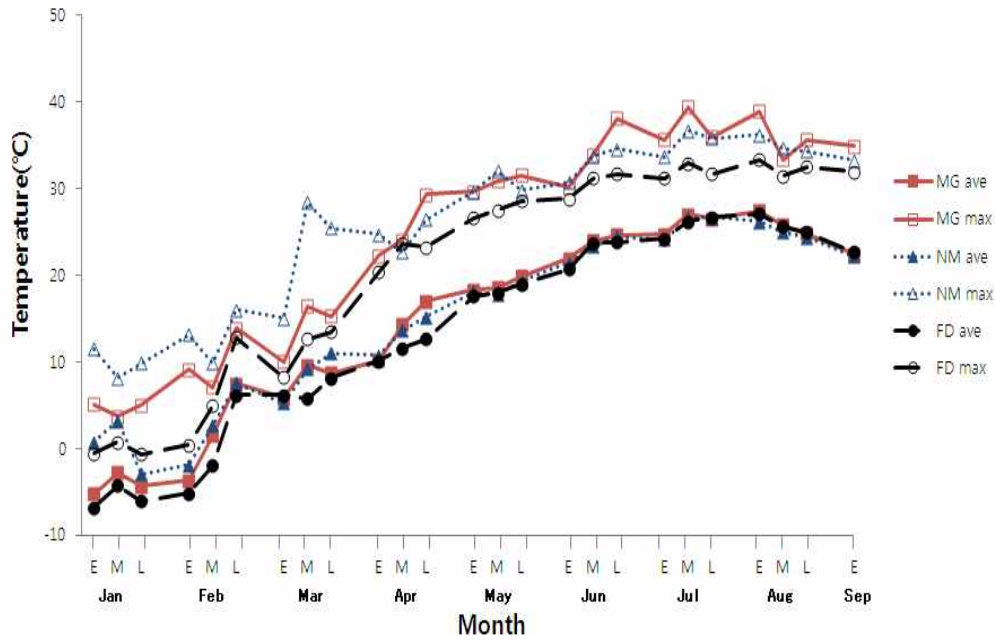


Fig. 2. Monthly changes in mean and maximum temperatures in two different type of shaded plastic houses.

MG: Mongolian type plastic house; NM: Normal type plastic house; FD: Field.

(나) 인삼 출아 시기

하우스 종류에 따른 출아율을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 몽골형 하우스에서의 출아율은 3월 21일 38%, 3월 29일 75%, 4월 1일 95%, 4월 9일 100%이었고, 기본형 하우스는 3월 29일 12%, 4월 1일 46%, 4월 9일 100%로 몽골형에서 일찍 출아하였다. 포장에서 출아시기는 4월 하순경으로 하우스에서 약 20일 빨랐다.

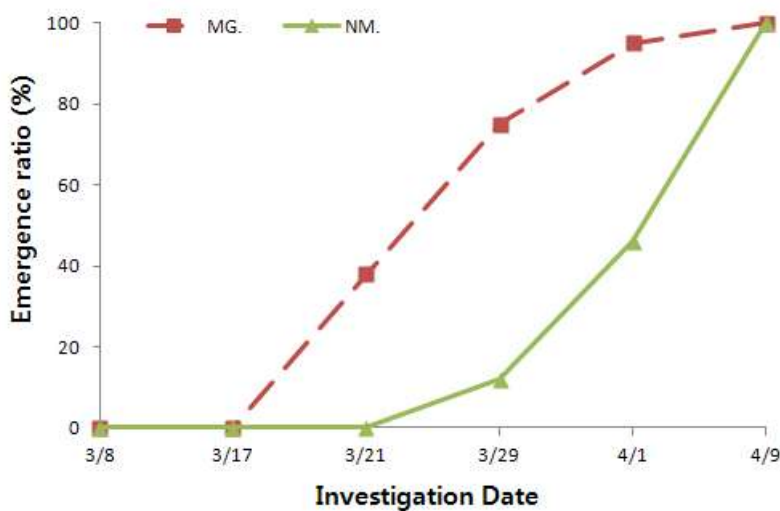


Fig. 3. Comparison of the seedling emergence ratio between Mongolian(MG) and Normal type(NM) of shaded plastic house.

(다) 하우스 및 상토의 종류에 따른 2년근 인삼의 생육특성

몽골형과 기본형 하우스와 상토의 종류에 따른 인삼의 생육 특성을 조사하여 분산분석한 결과는 Table 11과 같다. 하우스 종류에 따른 평균 초장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근직경, 지하부 생체중의 차이는 고도의 유의성이 있었으나, 근장에서는 유의성이 인정되지 않았다. 상토의 구성에 따른 초장, 경직경, 엽면적, 근장, 근직경, 근중은 고도의 유의성이 있었고, 지상부 생체중은 5% 유의수준에서 차이가 인정되었다. 하우스와 상토 간의 상호작용은 지상부 생체중과 엽면적을 제외한 초장, 엽면적, 지하부 생체중은 5% 유의수준에서 차이가 인정되었고, 근장과 근직경은 고도의 유의성이 인정되었다.

Table 11. Mean squares (two-way ANOVA) for key growth traits of ginseng grown under different houses and bed soil substrates.

Source of variation	Growth traits						
	SL ^{a)}	SD	SFW	LA	RL	RD	RFW
A (House)	13.41 ^{**}	0.07 ^{**}	0.12 ^{**}	8.01 ^{**}	2.38 ^{NS}	45.11 ^{**}	12.90 ^{**}
B (Substrate)	88.11 ^{**}	0.31 ^{**}	0.02 [*]	9.36 ^{**}	58.47 ^{**}	82.61 ^{**}	9.73 ^{**}
A×B	11.04 [*]	0.03 ^{NS}	0.00 ^{NS}	3.54 [*]	3.89 ^{**}	24.30 ^{**}	3.22 [*]

^{a)} SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

^{NS} Non significant.

^{*}, ^{**} significant at P<0.05, P<0.01, respectively.

몽골형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과는 Table 12와 같다. PPV-1, 2, 3, PPVC, PVR 배지 및 관행재배에서 경장은 각각 26.2, 24.4, 23.8, 25.4, 24.0, 25.8 cm로, PPV-1, PPVC 및 관행재배에서의 경장이 PVC 배지보다 길었으며 유의성이 인정되었다. 경직경은 1.92~2.29 mm의 분포를 보였으며, PPV-1 배지의 경직경은 PVC 배지보다 짧았으며 유의성이 인정되었다. 개체당 엽면적은 PPV-1, 2, 3 및 관행재배에서 각각 82.5, 82.3, 82.0, 82.1 cm²로 PVR 배지 78.1 cm² 와 유의성이 인정 되었다. 지상부 개체당 생체중은 PPV-2 배지에서 2.07g으로 PPV-1, PVC, PVR 배지 및 관행재배에의 1.65(PVR)~1.77g(PPV-1) 보다 무거웠으며 유의성이 인정되었다.

이상과 같이 PPV-1, 2, 3, PPVC 배지 및 관행 재배에서 경장, 경직경 및 엽면적, 지상부 생체중은 생육이 비슷한 경향을 보였으며, PVC, PVR 배지에서는 다른 처리구에 비하여 생육이 저조하게 나타났다.

뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 16.4, 15.6, 15.6, 17.2, 18.5,

18.2 cm로 나타났으며, PPVC, PVC, PVR 배지는 관행재배 13.0 cm보다 길었으며 유의성이 인정되었다. 뿌리의 직경은 각각 PPV-2 배지가 9.49 mm로 PVC, PVR 배지에서 각각 7.59, 7.49 mm보다 굵었으며 유의성이 인정되었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-2와 PPVC 배지에서 각각 2.78, 2.66 g, 관행재배 2.58 g, PPV-3 배지 2.34 g, PPV-1 배지 2.15 g, PVC 배지 2.12 g, PVR 배지 2.02 g 순으로 낮게 나타났으며 PPV-2, PPVC 배지와 PPV-1, PVC PVR배지 간에는 유의성이 인정되었다.

Table 12. Growth characteristics of 2-year-old ginseng in Mongolian type shaded plastic house as affected by different formulations of bed soil substrates

Substrates*	Growth traits						
	SL (cm)	SD (mm)	SFW (g/plant)	LA (cm ² / plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
PPV-1	26.2a	2.29a	1.77b	82.5a	16.4ab	8.04bc	2.15bc
PPV-2	24.4ab	2.27ab	2.07a	82.3a	15.6ab	9.49a	2.78a
PPV-3	23.8ab	2.26ab	1.87ab	82.0a	15.6ab	7.95bc	2.34abc
PPVC	25.4a	2.25ab	1.90ab	81.2ab	17.2a	8.25b	2.66a
PVC	19.3b	1.92b	1.76b	79.5ab	18.5a	7.59c	2.12bc
PVR	24.0ab	2.19ab	1.65b	78.1b	18.2a	7.49c	2.02c
Field	25.8a	2.25ab	1.73b	82.1a	13.0b	8.22b	2.58ab

* See Table 5 for treatment description.

SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

기본형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과는 Table 13과 같다. 경장은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 20.4, 19.6, 23.1, 22.1, 20.3, 19.0 cm로 관행재배 25.8 cm보다 짧았으며 관행재배와 PPV-1, 2, PVC, PVR 배지간에는 유의성이 인정되었다. 경 직경은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 2.15, 1.93, 2.08, 2.08, 1.82, 1.99 mm로 관행재배에서 2.25 mm보다 작았다. 개체당 엽면적은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지는 각각 79.3, 81.2, 80.2, 80.1, 80.0, 78.6 cm²로, 관행재배 82.1 cm² 보다 작았다.

지상부 개체당 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 1.74, 2.00, 1.88, 1.84, 1.67, 1.61 g이고 관행재배에서는 1.73 g이었다. PPV-2 배지와 PVR 배지 간에는 유의성이 인정되었다.

뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 3, PVC, PVR 배지의 근장은 각각 14.3, 14.1, 14.8, 14.5, 13.2 cm, PPVC 배지가 15.3 cm로 가장 길었고, 관행재배에서는 13.0 cm로 가장 짧았다. PPV-1, 2, 3,

PVC, PVR 배지에서서의 근장은 각각 14.3, 14.1, 14.8, 14.5, 13.2 cm이고, 관행재배가 8.22 mm 으로 가장 굵었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVR배지에서 각각 2.22, 2.30, 2.21, 2.32, 2.23, 1.83 g으로 관행재배 2.58 g보다 가벼웠으나 유의성이 인정되지 않았다.

기본형 하우스에서는 관행재배와 상토간의 유의차는 나타나지 않았으며, PVC, PVR 배지에서 생육이 약간 저조한 경향은 몽골형 하우스와 비슷하게 나타났다.

Table 13. Growth characteristics of 2-year-old ginseng in Normal type shaded plastic house as affected by different formulations of bed soil substrates.

Substrates*	Growth traits						
	SL (cm)	SD (mm)	SFW (g/plant)	LA (cm ² / plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
PPV-1	20.4b	2.15a	1.74bc	79.3ab	14.3ab	7.80ab	2.22ab
PPV-2	19.6b	1.93a	2.00a	81.2a	14.1ab	7.27bc	2.30a
PPV-3	23.1ab	2.08a	1.88ab	80.2ab	14.8ab	7.83ab	2.21ab
PPVC	22.1ab	2.08a	1.84ab	80.1ab	15.3a	7.89ab	2.32a
PVC	20.3b	1.82a	1.67bc	80.0ab	14.5ab	7.80bc	2.23a
PVR	19.0b	1.99a	1.61c	78.6b	13.2b	7.34c	1.83b
Field	25.8a	2.25a	1.73bc	82.1a	13.0b	8.22a	2.58a

* See Table 5 for treatment description.

SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

이상과 같이 유기농 인삼재배용 배지는 피토모스 펄라이트 및 버미큘라이트를 혼합한 배지에 유기질 및 무기질 자재를 소량 첨가한 배지에서 가장 우량한 인삼을 생산할 수 있었다.

본 연구에서 선발된 인삼의 유기농 배지는 생산자가 쉽게 구입할 수 있으며 배지의 충전이나 보충작업이 간편하고 생육도 양호하여 농약 잔류의 문제가 없는 유기농 인삼용 상토로서 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

나. 2차 선발 상토의 종류에 따른 3년근 인삼의 생육특성 및 ginsenoside 함량

(1) 재료 및 방법

(가) 하우스 시설

본 실험은 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 기본형 비닐하우스에서 수행하였다. 하우스는 가로 8.4m, 세로 30m, 높이 5m의 크기로, 직사광선을 차단하기 위하여 차광률 85%의 검정색 차광망을 비닐 위에 설치하였다. 고온 피해를 막기 위하여 2013년 5월에 비닐하우스 바로 위에 55%의 검정색 차광망을 추가로 설치하였다(사진 7).



사진 7. 기본형 하우스 2단 베드시설

(나) 재배법

묘삼은 재래종 연풍을 농가에서 구입하여 토양에 묻어서 보관하였다. 이식 직전에 토양에서 채취한 다음 건전한 묘삼만을 선별하여 2011년 11월 8일~10일에 120×100×25cm 크기의 베드에 인공 상토를 채운 후 묘삼을 이식하였다. 재식거리는 6×12cm로 이식하였으며, 3반복, 완전임의배치하였다.

재배 중 수분관리는 일주일에 한 번 정도로 지하수를 관수하였으며, 상토의 조성에 따라 수분 요구량이 다르므로 수시로 수분측정기(WT-1000N, (주)미래센서)로 측정하여 10% 이하인 곳에 관수하였다. 화학비료나 농약은 처리하지 않았다.

(다) 광량 및 온도 조사

하우스 광량은 LI-1400 (LI-COR)을 이용하여 오전 6시부터 오후 6시까지 1시간 간격으로 광량을 측정 하였고 온도는 Thermo Recorder (T&D)를 이용하여 30분 간격으로 자동 저장되도록 하였다.

(라) 생육조사

상토별 1차 생육조사는 2013년 7월 15일에 인삼의 경장, 경직경, 근장, 근직경, 지상부 생체중, 지하부 생체중 등을, 2차 생육조사는 10월 1일에 근장, 근직경, 지하부 생체중, 건물중 등을 각각 30개체씩 3반복으로 조사하였다. 처리평균간 차이의 유의성 검정을 위해 통계프로그램인 SAS (v. 9.3)를 이용하여 Duncan검정을 실시하였다.

(마) Ginsenoside 분석

A, C, E 각각의 상토에서 자란 3년근 인삼의 지상부는 7월 15일에 지하부는 10월 1일에 각각 채취하여 실험재료로 사용하였다.

① 추출물의 전처리

HPLC의 전처리 과정은 Kim et al. (2008)의 방법과 동일하게 실시하였다. 즉, 동결 건조한 시료를 분쇄기를 이용하여 곱게 간 후, 100Mesh 로 쳐서 2g을 정량한 후에 50ml의 원심분리 튜브에 담고 40ml 50% MeOH을 첨가한 후 뚜껑을 닫고 ultrasonicator (60khz, heat power 330W; JAC Ultrasonica 4020, KODO, Korea)로 상온에서 15분 초음파 추출하였다. 초음파 추출한 후 원심분리기 (VS-25SMT, 비전과학)를 이용하여 4,000rpm 10분 원심한 후 상층액을 취하였다. 상층액을 합쳐서 100ml 전용 플라스크에 담아 부피를 100ml로 맞추었다. 이 시료액 1ml를 취하여 Solid-phase extraction (SPE) 전처리 하였다.

SPE 전처리 방법은 Sep-Pak C18 cartridge를 먼저 3ml MeOH로 서서히 용출시켜 1차 conditioning하고 다시 3ml dd-H₂O로 2차 conditioning 시켰다. 추출 시료액 1ml을 cartridge에 loading하고 10ml dd-H₂O로 서서히 용출하여 당류 등을 제거하였다. 이 cartridge에 2ml MeOH로 ginsenoside 성분을 서서히 용출시켰다.

용량을 MeOH로 정확하게 2ml로 조절한 후 시료액은 0.45µm PVDF syringe filter (Whatman)로 여과하였다.

② HPLC 분석

위의 시료를 UV Detector가 부착된 HPLC (NS-4000, FUTECS Co., Korea)로 분석하였다. Ginsenoside 표준물질은 Fleton Natural Products Co., Ltd에서 구입하여 사용하였고, Column

은 Bischoff C18 ace-ESP (250×4.6mm, 4 μ m, Bischoff Co., Germany)을 사용하였으며, UV wavelength 는 203nm, flow rate는 1.0ml/min, Column temperature는 35 $^{\circ}$ C 에서 실시하였다. HPLC 분석조건은 acetonitrile : water로 acetonitrile 20% (0분), 20% (10분), 29% (39분), 41% (67분), 47% (70분), 71% (90분), 71% (95분), 20% (95.01분), 20% (115.01분)로 실시하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 하우스 내의 광량 및 온도 변화

2013년 4월~7월까지 맑은 날의 오전 6시~오후 6시까지 하우스의 시간별 평균 광량은 Fig. 4와 같다. 4월의 평균 광량이 68.2 μ mol/s/m 2 로 가장 높았고, 5, 6, 7월 평균광량이 각각 14.5, 15.5, 25.5 μ mol/s/m 2 로 4월에 비하여 낮았다. 4월~7월까지 오후 1시의 평균 광량은 각각 126.8, 22.4, 23.6, 41.4 μ mol/s/m 2 이었으며, 하루 중 광이 가장 강하였다.

4월 이후 하우스의 광량이 급격히 낮아진 것은 5월부터 고온을 방지하기 위하여 하우스 앞·뒤 면에 차광망으로 차광하였고, 하우스 비닐 위에 한 겹의 차광망을 설치하여 외부로부터의 광의 유입을 줄여주었기 때문이다.

이상의 광량을 볼 때 자연광의 10% 내외로 광량이 높을 때 발생할 수 있는 엽소현상은 크게 나타나지 않은 것으로 생각된다. 또한 인삼의 생육에 알맞은 광량은 자연광의 10~15% (Cheon et al., 1991)로 보고되어 본 실험에서 하우스 내의 광량은 인삼 생육에 적합하였다.

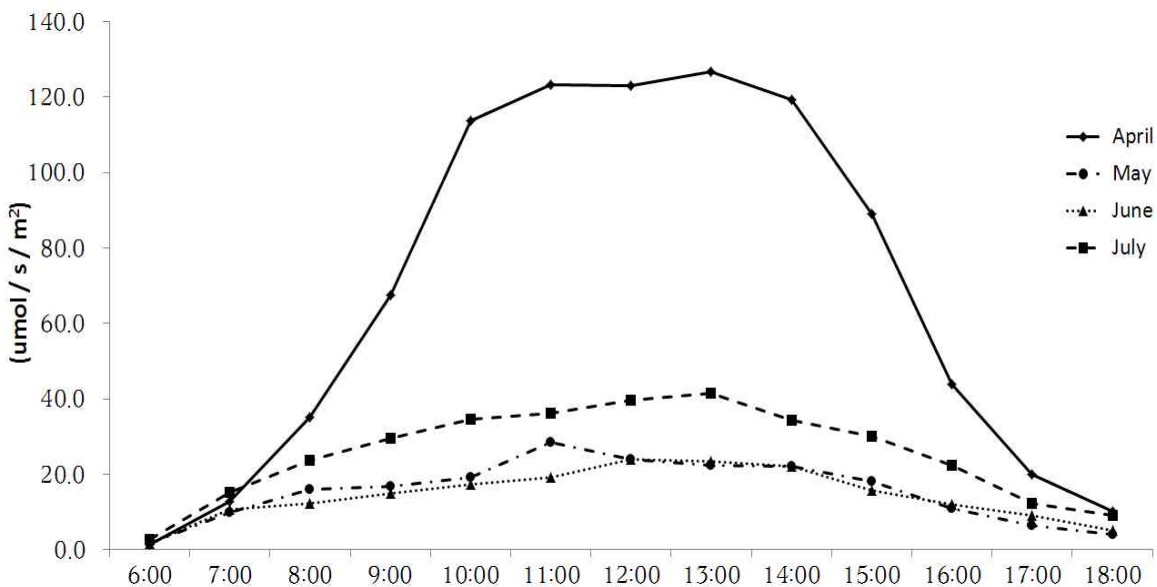


Fig. 4. Change of mean quantum per month in shaded plastic house.

4월부터 7월까지의 하우스 내의 평균온도 변화는 Fig. 5와 같다. 4월~7월까지의 평균기온과 최저기온은 점점 상승하였으나 최고 기온은 4월~6월까지의 거의 비슷하였으며, 7월에 급격히 상승하였다. 4월~7월까지의 월 평균 기온은 각각 12, 18.8, 23.5, 27.4 °C로 25 °C 내외로 인삼의 생육하기에 적당한 온도였다고 생각된다. 그러나 최고 기온이 7월에 40 °C에 육박한 것으로 보아 고온 피해를 입을 수 있으며 이에 따른 대책이 필요하다고 판단된다.

이상의 결과로 볼 때 5월부터 추가로 설치한 차광망은 외부 광량을 차단하는 효과는 충분하였지만 온도를 낮추는 효과는 충분하지 않은 것으로 생각된다. 따라서 하우스 내의 인삼 생육을 더욱 좋게 하기 위해서는 광량과 온도 두 가지 요인을 효과적으로 제어할 수 있는 시스템 구축이 필요하다.

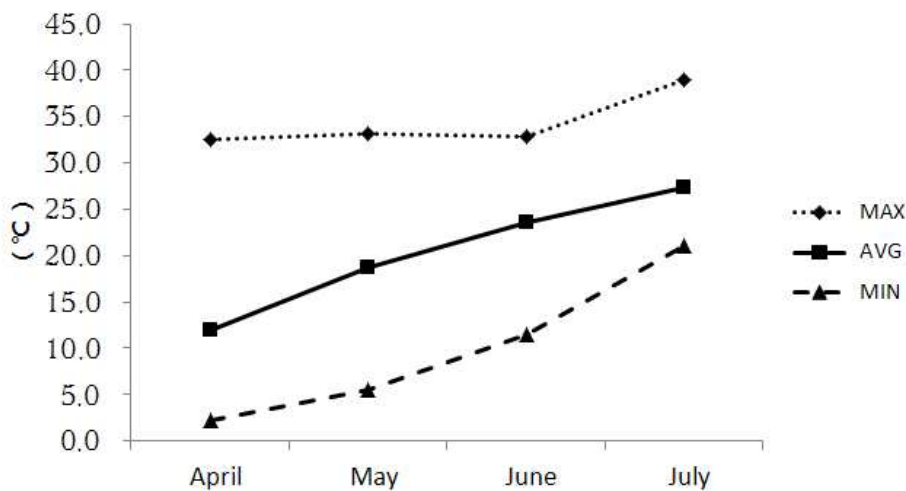


Fig. 5. Monthly change of maximum, minimum and average temperature in shaded plastic house.

(나) 상토의 종류에 따른 3년근 인삼의 지상부 생육특성

2013년 7월 15일 조사한 지상부 생육 특성은 Table 14 및 Fig 6과 같다. 상토 A, C, E에서 재배된 인삼의 엽장은 각각 9.10, 6.10, 6.40 cm로 상토 A > E > C 순서였다. 엽폭은 각각 4.28, 3.38, 3.20 cm로 상토 A > C > E 순서였으며, 엽장과 엽폭 모두 상토 A와 C, E 간에 유의성을 보였다. 경장과 경직경은 상토 A에서 각각 25.9 cm와 4.19 mm이고 상토 C에서는 각각 22.6 cm, 3.08 mm, 상토 E에서는 각각 24.0 cm, 3.01 mm로 상토 A에서의 생육이 좋았다. 경장은 처리 간에 유의성이 없었으나, 경직경은 상토 A와 C, E 간에 유의성을 보였다.

지상부 무게는 상토 A에서 7.98 g으로 가장 높았고, C와 E는 각각 4.35 g와 4.22 g로 상토 A에 비하여 크게 감소하였으며, 상토 A는 C, E와 유의성을 보였다.

지상부의 생육 상태는 Fig. 6과 같다. 상토 A, C, E에서 상토 A에 비하여 상토 C와 E에서의 지상부 생육이 불량한 것을 알 수 있다.

Table 14. Effect of bed soil substrates on the aerial part growth of 3-year-old ginseng in shaded plastic house (Observed on July 15, 2013).

SB*	Leaf length	Leaf wide	Stem length	Stem diameter	Aerial part weight
A	9.10a**	4.28a	25.9a	4.19a	7.98a
C	6.10b	3.38b	22.6a	3.08b	4.35b
E	6.40b	3.20b	24.0a	3.01b	4.22b

* SB: Substrates, See Table 6 for treatment description.

** Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level



Fig. 6. Growth characteristics of aerial part of 3-year-old ginseng in bed soil substrates (Observed on July 15, 2013).

(다) 상토의 종류에 따른 3년근 인삼의 지하부 생육특성 및 수량

① 1차 비대기 생육특성 (7월)

2013년 7월 15일 1차 조사한 인삼의 지하부 생육 특성은 Table 15 및 Fig 7과 같다.

상토 A, C, E에서 재배된 인삼의 근장은 각각 18.3, 18.4, 18.6 cm로 상토 간에 큰 차이가 없었으며, 동장은 6.82, 6.04, 7.51 cm로 상토 E에서 가장 크게 나타났다. 근직경은 12.3, 11.1, 9.42 mm로 상토 A에서 가장 컸으며, 동체중은 4.43, 4.19, 2.92 g으로 상토 A와 C에서는 큰 차이가 없었으나 상토 E에서는 매우 불량하였다. 지근·세근중은 상토 A, C, E에서 각각 1.99, 1.86, 0.68 g으로 동체와 마찬가지로 상토 E의 생육이 불량하였다. 상토 A, C, E 간에 근장은 유의성을 나타내지 않았으며, 동장은 상토 E와 A, C 간에 유의성을 보였다. 근직경, 동체중, 지근·세근중은 상토 A와 E 간에 유의성을 보였다.

근중은 상토 A, C, E에서 각각 6.42, 6.05, 3.60 g이었으며, 근중에 대한 지근·세근의 무게 비율은 각각 31.00, 29.81, 19.59%로 근중과 비율 모두 A > C > E 순이었다. 동체의 길이가 가장 길었던 상토 E에서 지근·세근의 비율이 가장 적게 나타났다. 근중과 지근·세근의 비율 모두 상토 A, C는 E와 유의한 차이를 보였다.

1차 비대기의 지하부의 특징은 Fig. 7과 같다. 상토 A, C, E에서 재배된 인삼의 지하부는 상토 A와 C에 비하여 E의 생육이 불량한 것을 알 수 있다. 상토 A와 C의 경우 E보다 동체가 약간 짧으며, 굵고 잔뿌리가 많이 발달하였다.

Table 15. Effect of bed soil substrates on the underground part growth of 3-year-old ginseng in shaded plastic house (Observed on July 15, 2013).

SB*	RL**	MRL	RD	RW	MRW	LFRW	LFRW / RW
A	18.3a***	6.82ab	12.3a	6.42a	4.43a	1.99a	31.0a
C	18.4a	6.04b	11.1ab	6.05a	4.19ab	1.86a	29.8a
E	18.6a	7.51a	9.42b	3.60b	2.92b	0.68b	19.6b

* SB: Substrates, See Table 6 for treatment description.

** MRL: Main root length, RL: Root length, RD: Root diameter, RW: Root fresh weight, MRW: Main root fresh weight, LFRW: Lateral-Fine root fresh weight, LFRW / RW: Lateral-Fine root fresh weight / Root fresh weight.

*** Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.

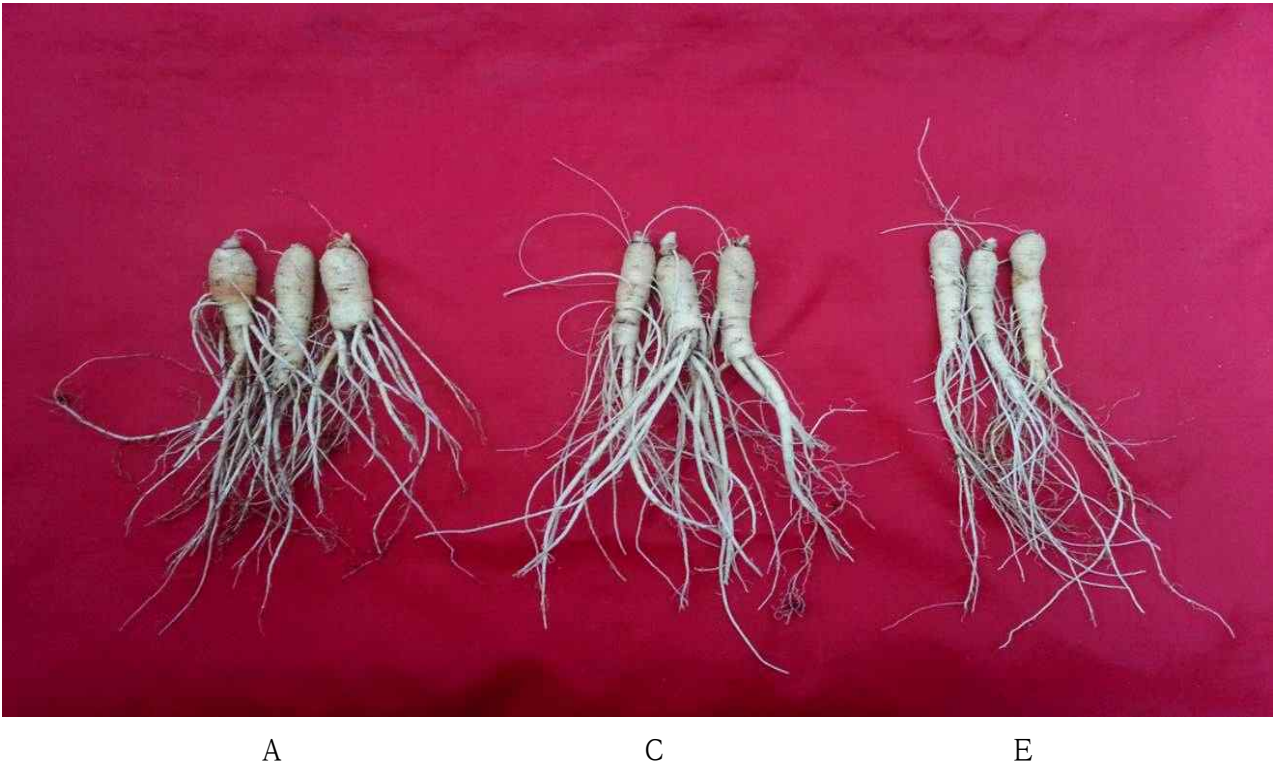


Fig. 7. Growth characteristics of underground part of 3-year-old ginseng in bed soil substrates (Observed on July 15, 2013).

② 2차 비대기 생육특성 및 수량 (10월)

2013년 10월 1일 2차 생육 조사는 각 상토별 뿌리의 생육 특성을 구체적으로 살펴보기 위하여 지근직경, 지근수, 건물중을 추가하여 조사하고 관행 노지재배 (F)와 비교하였다. 2차 조사 결과는 Table 16과 같다.

상토 A, C, E와 관행 노지재배 (F)에서 재배된 인삼의 근장은 각각 21.2, 21.8, 29.5, 20.1 cm로 상토 E와 관행 노지재배에서 유의성을 보였다. 동장은 각각 4.41, 4.73, 6.05, 8.75 cm로 관행 노지재배가 상토 A, C, E와 유의성을 보였다.

근직경은 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 17.7, 13.0, 11.4, 17.7 mm로 상토 A는 관행 노지재배와 동일하였으나 상토 C와 E는 작았다. 지근직경은 각각 3.71, 3.36, 2.06, 4.38 mm로 관행 노지재배가 가장 높았다. 근직경은 상토 A, 관행 노지재배와 상토 C, E 간에 유의성을 보였으며, 지근직경은 상토 A, C와 상토 E, 관행 노지재배 간에 유의성을 보였다. 관행 노지재배와 비교할 때 상토 A는 근직경, 지근직경 모두 큰 차이를 보이지는 않았으나 상토 C와 E는 관행 노지재배와 상토 A에 비해 생육이 매우 불량하였다.

지근 개수는 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 6.50, 3.65, 3.78, 3.92로 상토 A에서 가장 많았으며, 유의성을 보였다.

근중은 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 16.1, 7.89, 6.02 19.2 g로 관행 노지재배 > A >

C > E 순서였으며, 상토 A, C, E와 관행 노지재배 간에 유의성을 보였다. 상토 A는 관행 노지재배와 근중이 유사한 수준이었지만 상토 C와 E는 매우 낮은 수준이었다.

동체중은 관행 노지재배에서 15.0 g로 가장 높았으며, 지근·세근중은 상토 A에서 7.28 g으로 가장 높았다. 동체중과 지근·세근중 상토 C와 E 간에는 유의성이 나타나지 않았으나 관행 노지재배와 상토 A 간에 유의성이 있었다.

지근 수가 많으면 세근 수도 증가할 것으로 생각되며, 지근과 세근은 동체에 비하여 진세노사이드 함량이 많기 때문에 (Kim *et al.*, 1983; Jang *et al.*, 1987)지근과 세근의 증가는 진세노사이드 함량에 영향을 줄 것으로 생각된다.

상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 재배된 인삼 지하부의 총 건물중은 각각 3.53, 1.98, 1.26, 5.80 g으로 근중과 같은 경향을 나타냈다. 근중과 마찬가지로 상토 C와 E 간에는 유의성이 없었으나 관행 노지재배와 A 상토 간에 유의성을 보였다. 동체 건물중과 지근·세근의 건물중도 동체중과 지근·세근중의 경향과 같았으며, 지근·세근의 건물중은 상토 A, 관행 노지재배와 상토 C, E 간에 유의성을 보였다.

3년근 인삼의 뿌리 형태를 사진으로 비교해 보면 Fig. 8과 같다. 관행 노지재배에 비하여 상토 A에서 재배된 인삼이 지근의 수가 많고, 동체가 짧고 굵은 것이 특징이었다.

Table 16. Effect of bed soil substrates on the underground part growth of 3-year-old ginseng in shaded plastic house (Observed on October 1, 2013).

SB ^{a)}	RL ^{b)}	MRL	MRD	LRD	LRN	RW	MRW	LFRW	RDW	MRDW	LFRDW
A	21.2ab ^{c)}	4.41c	17.7a	3.71b	6.50a	16.1b	8.78b	7.28a	3.53b	2.24b	1.29a
C	21.8ab	4.73c	13.0b	3.36b	3.65b	7.89c	4.69c	3.20c	1.99c	1.27c	0.72b
E	29.5a	6.05b	11.4b	2.06c	3.78b	6.02c	4.42c	1.60c	1.26c	0.97c	0.29c
F	20.1b	8.75a	17.7a	4.38a	3.92b	19.2a	15.0a	4.26b	5.80a	4.79a	1.01a

^{a)} SB: Substrates, See Table 6 for treatment description, F: Field culture

^{b)} RL: Root length, MRL: Main root length, MRD: Main root diameter, LRD: Lateral Root diameter, LRN: Lateral number, RW: Root fresh weight, MRW: Main root fresh weight, LFRW: Lateral-Fine root fresh weight, RDW: Root dry weight, MRDW: Main root dry weight, LFRDW: Lateral-Fine root fresh weight

^{c)} Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.



Fig. 8. Growth characteristics of underground part of 3-year-old ginseng in bed soil substrates (Observed on October 1, 2013).

상토 A, C, E와 관행 노지재배 (F)에서 재배된 인삼의 수량을 칸당 (1.8 m×0.9 m)으로 비교한 결과는 Fig. 9와 같다.

상토 A, C, E와 관행 노지재배 (F)에서 칸당 수량은 각각 2.4, 1.2, 0.9, 1.2 kg/1.8 m×0.9 m 이었다. 개체 하나의 근중은 관행 노지재배에서 가장 많았다. 단위 면적당 수량은 상토 A가 관행 노지재배보다 2배 증가하였고 상토 C는 동일한 수량을 나타냈으며, 상토 E는 약간 감소하였다.

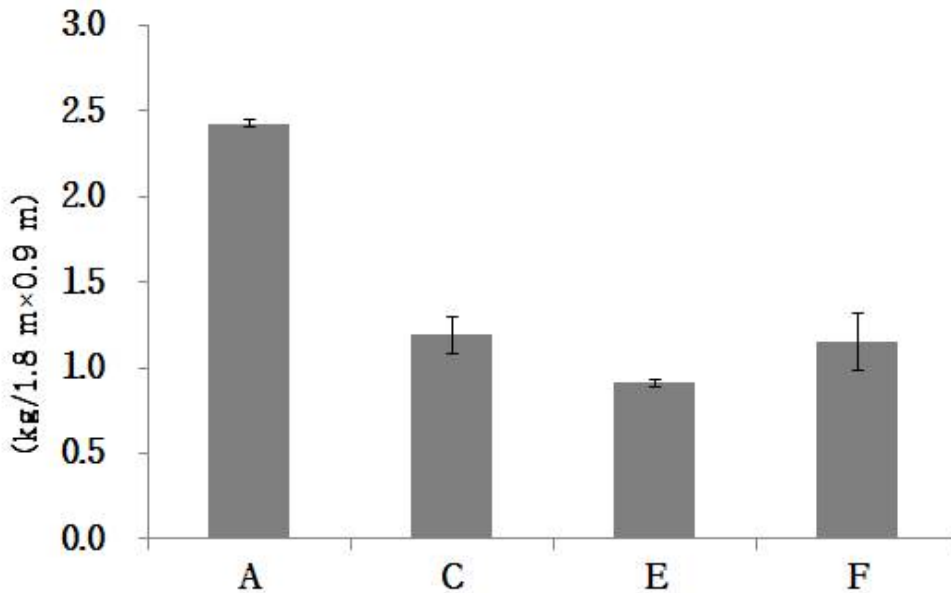


Fig. 9. Comparison of yield per Kan (1.8 m×0.9 m) of 3-year-old ginseng in bed soil substrates.

(라) 상토의 종류에 따른 지상부 및 지하부 진세노사이드 함량

① 3년근 인삼의 지상부 진세노사이드 함량

하우스에서 재배한 3년근 인삼의 잎을 7월15일에 채취하여 진세노사이드 함량을 분석하였으며, 각 상토별 3년근 인삼의 잎 진세노사이드함량은 Table 17과 같다.

상토 A, C, E에서 재배한 인삼 잎의 총 진세노사이드 함량은 64.4, 73.9, 45.6 mg/g으로 지상부 생육이 양호한 상토 A보다 생육이 불량한 상토 C에서 총 진세노사이드 함량이 높았다. 그러나 생육이 불량한 상토 E는 생육이 양호한 상토 A 보다 함량이 낮아 생육과 총 진세노사이드 함량은 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며, 인삼 잎의 총 진세노사이드 함량은 처리 간에 유의성을 보였다. PD계 사포닌인 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd의 함량은 상토 A, C, E에서 각각 26.17, 28.77, 6.36 mg/g이었고, PT계 사포닌인 Re, Rf, Rg₁, Rg₂, Rg₃, Rh₁의 함량은 A, C, E 상토에서 각각 37.4, 44.8, 32.4 mg/g이었다. 상토 E에서 자란 인삼의 잎에서 PD계 사포닌 함량은 매우 낮았는데 그 이유는 알 수가 없었다.

개별 진세노사이드 함량을 살펴본 결과 triol계 진세노사이드 Re와 Rg₁이 대부분의 함량을 차지했으며, 상토 C에서 각각 15.3과 27.6 mg/g으로 상토 A, E와 유의성을 보이며 가장 높게 나타났다.

또한, 잎의 사포닌 함량은 Re, Rd, Rg₁ 의 합이 73% 이상을 나타냈는데 이는 Chang(1998)이 인삼엽의 진세노사이드 함량 및 조성은 채엽시기와 관계없이 진세노사이드 Re, Rd, Rg₁ 등이 총 사포닌 성분의 70% 이상을 차지하였다는 보고와 일치하였다.

Table 17. Ginsenosides of aerial part of 3-year-old ginseng in bed soil substrates (Observed on July 15, 2013).

SB ^{a)}	Ginsenoside (mg/g DW)											PD/ PT ^{b)}	
	Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂	Rg ₃	Rh ₁		Total
A	1.47 ±0.1b ^{c)}	5.36 ±0.1b	0.70 ±0.0a	4.63 ±0.0b	13.7 ±0.1b	12.4 ±0.5b	0.63 ±0.1c	24.2 ±0.6b	0.20 ±0.0b	0.98 ±0.1a	0.08 ±0.0b	64.4 ±0.8b	0.7a
C	1.78 ±0.0a	6.26 ±0.1a	0.76 ±0.0a	5.68 ±0.1a	14.2 ±0.1a	15.3 ±0.4a	0.96 ±0.0b	27.6 ±0.2a	0.28 ±0.0a	0.98 ±0.1a	0.15 ±0.0a	73.9 ±0.3a	0.6b
E	1.02 ±0.0c	1.01 ±0.1c	0.14 ±0.0c	0.78 ±0.1c	3.30 ±0.0c	12.3 ±0.5b	1.17 ±0.0a	25.3 ±0.4b	0.16 ±0.0b	0.37 ±0.1b	0.06 ±0.0c	45.6 ±0.9c	0.2c

^{a)} SB: Substrates, See Table 6 for treatment description.

^{b)} PD: Rb₁+Rb₂+Rb₃+Rc+Rd, PT: Re+Rf+Rg₁+Rg₂+Rg₃+Rh₁

^{c)} Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.

② 3년근 인삼의 지하부 부위별 진세노사이드 함량

상토별 (A, C, E)과 관행 노지재배 (F)에서 10월 1일 채취한 3년근 인삼의 지하부 부위별 진세노사이드 함량은 Table 18과 같다.

먼저 동체 부위에서 총 진세노사이드 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배 (F)에서 각각 9.98, 8.39, 8.78, 11.24 mg/g으로 관행 노지재배한 인삼에서 가장 높았으며, 관행 노지재배는 상토 C, E와 유의성을 보였다. 동체에서 PD계 사포닌인 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd 의 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 2.44, 2.71, 2.76, 3.47 mg/g 이었고, PT계 사포닌인 Re, Rf, Rg₁, Rg₂, Rg₃, Rh₁ 의 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 7.53, 5.68, 6.02, 7.77 mg/g으로 관행 노지재배한 인삼에서 PD와 PT계 진세노사이드 함량 모두 약간 높게 나타났으나 PD/PT 비율은 비슷한 수준이었다.

개별 진세노사이드 함량은 진세노사이드 Rb₂, Re, Rg₁, Rh₁을 제외하고 나머지 성분에서 서로간의 유의성을 나타내지 않았으며, 진세노사이드 Re의 경우 관행 노지재배에서 상토 A, C, E와 유의성을 보이며 3.72 mg/g으로 가장 높았고, 진세노사이드 Rg₁의 경우 상토 A에서 관행 노지재배, 상토 C, E와 유의성을 보이며 4.26 mg/g으로 가장 높았다. 진세노사이드 Rb₁과 Rg₁의 함량은 동체 부위에서 거의 같은 비율로 보고되어 왔다 (Kim *et al.*, 1987; Li *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2012). 그러나 본 연구에서는 관행 노지재배한 인삼 동체 부위의 Rb₁과 Rg₁의 함량 비율은 기존 연구 결과와 경향이 비슷하였으나 상토 A, C, E에서 재배 된 인삼의 동체 부위는 Rb₁에 비하여 Rg₁의 함량이 높아 상토재배의 경우 기존 연구결과와 다른 경향이였다

(Kim *et al.*, 1987; Li *et al.*, 2010; Hong *et al.*, 2012).

지근 부위에서 총 진세노사이드 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배에서 각각 15.4, 18.0, 28.7, 34.0 mg/g으로 관행 노지재배와 상토 E에서 재배된 인삼 지근의 총 진세노사이드 함량은 상토 A, C에서 재배된 인삼 지근의 총 진세노사이드 함량과 유의성을 보이며 높았다. 지근에서 PD계 사포닌인 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd 의 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배한 인삼의 지근에서 각각 5.47, 7.90, 14.0, 17.1 mg/g 이었고, PT계 사포닌인 Re, Rf, Rg₁, Rg₂, Rh₁ 의 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배한 인삼의 지근에서 각각 9.97, 10.1, 14.8, 17.0 mg/g으로 관행 노지재배와 상토 E에서 높았으며 상토 A, C와 유의성을 보였다. PD/PT 비율은 관행 노지재배한 인삼의 지근에서 PD계의 비율이 높았으나 상토재배한 인삼의 지근에서는 PT계의 비율이 높았다. 그러나 상토 A를 제외하고 처리간의 유의성은 없었다.

개별 진세노사이드는 관행 노지재배와 상토에서 재배한 지근 간에 Re와 Rg₁에서 큰 차이를 보였다. 관행 노지재배한 지근은 Rb₁의 함량이 Rg₁보다 높게 나타나는 반면, 상토에서 재배한 지근은 Rb₁의 함량이 Rg₁보다 낮게 나타는 상반된 결과를 보였다. 일반적으로 인삼의 지근부위에서 진세노사이드 Rb₁의 함량이 진세노사이드 Rg₁보다 높은 함량 (Kim *et al.*, 1987; Li *et al.*, 2010)을 보이는 것과 비교했을 때, 관행 노지재배는 그와 유사한 경향을 나타냈지만 상토재배의 경우 상이한 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해 보면 인삼의 잎에서 총 진세노사이드 함량은 45.6~73.9 mg/g으로 뿌리 부위의 동체 (8.39~11.24 mg/g)나 지근 (15.4~33.96 mg/g)보다 높게 나타났으며 이러한 결과는 인삼의 잎에서 총 진세노사이드 함량이 뿌리보다 높다고 보고한 선행 연구와 일치하였다 (Shi *et al.*, 2007).

동체부위에서는 진세노사이드 Rb₂, Re, Rg₁, Rh₁을 제외하고는 처리간의 유의적인 차이가 없었으나, 지근 부위에서는 관행 노지재배와 상토 E에 비해 상토 A와 C의 진세노사이드 각각의 함량이 대부분 유의성을 보이며 낮았다. Ahn *et al.* (2002)과 John *et al.* (2004)은 가을철에 수확기가 늦어질수록 잎의 생존기간이 길어져 근중은 증가되나 진세노사이드의 함량은 감소되었다고 하였다. 이와 같이 처리별로 서로 다른 생존기간이 진세노사이드 함량에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다.

PD/PT 비율은 A상토를 제외하고 동체보다 지근에서 더 높아 PD계열의 사포닌인 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd의 함량이 동체보다 지근에서 더 높은 비율로 함유되어 있음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Hong *et al.* (2012)이 보고와 일치하였다.

Table 18. Comparison of ginsenoside content by root parts of 3-year-old ginseng in bed soil substrates (Observed on October 1, 2013).

Part	SB ^{a)}	Ginsenoside (mg/g DW)										PD/PT ^{b)}	
		Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂	Rh ₁		Total
Main root	A	1.04±0.4a ^{c)}	0.32±0.1a	0.14±0.0a	0.79±0.2a	0.15±0.1a	1.93±0.5b	0.98±0.1a	4.26±0.6a	0.02±0.0a	0.35±0.1b	9.98±1.0ab	0.3a
	C	1.04±0.2a	0.47±0.1ab	0.14±0.0a	0.92±0.2a	0.14±0.1a	1.62±0.5b	0.80±0.2a	2.93±0.2b	0.03±0.0a	0.30±0.0b	8.39±1.3b	0.5a
	E	1.05±0.2a	0.41±0.1ab	0.16±0.0a	0.99±0.1a	0.15±0.0a	1.78±0.6b	0.80±0.2a	2.95±0.5b	0.03±0.0a	0.47±0.1a	8.78±1.4b	0.5a
	F	1.54±0.5a	0.66±0.2a	0.15±0.0a	0.97±0.3a	0.15±0.1a	3.72±0.5a	0.95±0.2a	2.87±0.2b	0.09±0.1a	0.14±0.0c	11.2±0.7a	0.4a
Lateral root	A	1.37±0.5b	0.82±0.4c	0.33±0.1b	2.08±0.9b	0.87±0.5c	3.09±0.5c	1.24±0.5a	4.58±0.8a	0.04±0.0b	1.02±0.4b	15.4±4.2b	0.5b
	C	2.47±0.7b	1.39±0.2c	0.43±0.1b	2.62±0.4b	0.99±0.2bc	3.85±0.2c	1.34±0.2a	3.94±0.8a	0.09±0.1b	0.85±0.1b	18.0±2.2b	0.8a
	E	4.50±0.7a	2.21±0.3b	0.81±0.1a	4.50±0.6a	1.93±0.5a	6.03±0.9b	1.87±0.4a	4.90±0.7a	0.19±0.2b	1.80±0.3a	28.7±1.8a	0.9a
	F	5.94±1.7a	3.27±0.6a	0.87±0.2a	5.33±0.9a	1.65±0.3ab	12.12±1.0a	1.34±0.1a	1.64±0.4b	0.62±0.4a	1.19±0.3b	34.0±5.2a	1.0a

^{a)} SB: Substrates, See Table 6 for treatment description, F: Field culture.

^{b)} PD: Rb₁+Rb₂+Rb₃+Rc+Rd, PT: Re+Rf+Rg₁+Rg₂+Rh₁

^{c)} Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level

뇌두를 포함한 동체 및 지근으로 나누어 분석한 진세노사이드 함량을 인삼 한 뿌리의 단위 g 당 총 진세노사이드 함량으로 환산한 결과는 Fig. 10과 같다. 한 뿌리의 단위 g 당 진세노사이드 함량은 상토 A, C, E와 관행 노지재배한 인삼 간에 큰 차이를 나타내지 않았다. 이와 같은 결과는 관행 노지재배보다 상토 A, C, E에서 재배한 인삼의 지근과 세근의 비율이 관행 노지재배한 인삼보다 높고 동체보다 지근과 세근부위에서 진세노사이드 함량이 높기 때문이라고 생각된다.

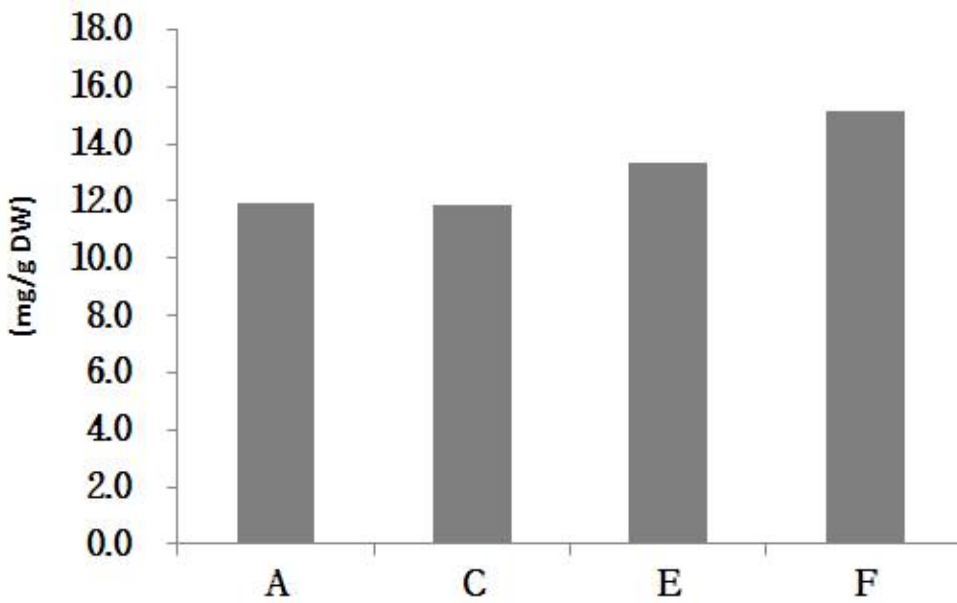


Fig. 10. Comparison of total ginsenoside contents per whole root of 3-year-old ginseng in bed soil substrates.

다. 3차 선발 상토의 종류에 따른 2년근 인삼의 생육특성

(1) 재료 및 방법

(가) 하우스 시설

본 실험은 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 실시하였으며, 하우스형은 몽골형 하우스로 제형 8.4×30×5m이고 기본 하우스 형태에 가열된 공기의 배출을 도모하기 위해 지붕의 가운데에 1.2×30×1.2m의 돔 형태의 구조를 추가하였다. 또한 내부 환기를 통한 열하강을 위해 웬 장치를 설치하였으며, 측면 비닐은 개폐가 가능하도록 하였고, 자동개폐시스템을 설치하여 온도가 25℃기준으로 개폐가 되도록 하였으며, 강우센서를 추가하여 비가 내릴 시에는 자동으로 닫히도록 설정하였다. 또한 인삼이 광에 의한 피해가 없도록 내부 광량을 조절할 수 있게 천장 비닐 위에 2중 차광망을 설치하였으며, 비닐과 차광망 사이에 공간을 형성하여 직사광선에 의한 기온상승을 차단하였다.

(나) 재배법

묘삼은 세종시 장군면에 위치한 일반 재배농가에서 자경종을 구입하였으며, 100×100×30cm의 1단 베드를 설치하여 난괴법 3반복으로 각 상토를 채운 후, 수광 태세 개선 및 적정 재식간격을 확인하기 위해 6×9, 6×12cm의 재식간격으로 11월 초에 깊이 1.5cm, 45°로 정식을 실시하였다.

관수는 지하수를 직접 관주하였으며, 수분측정기(WT-1000N, (주)미래센서)로 수분함량을 측정하여 10%수준으로 유지하였다.

(다) 생육조사

생육조사는 1차와 2차로 나누어 실시하였으며, 1차 조사에서는 2013년 7월에 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽장, 엽폭, 근장, 근직경, 지하부 생체중을 20개체씩 3반복으로 조사하였으며, 2차 조사는 2013년 10월에 주근장, 근장, 근직경, 지하부 생체중에 대해 10개체씩 3반복으로 조사를 실시하였다. 통계분석은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 유의차를 검정하였다.

(2) 결과 및 고찰

(가) 1차 비대기 인삼의 생육특성

2013년 7월 15일 인삼 2년근의 1차 생육조사 결과는 Table 19와 같다. 경장은 0:1(B), 1:2, 2:1 비율의 혼합 상토가 각각 12.8, 12.1, 11.9cm로 1:0(A), 1:1의 10.7, 11.2cm보다 길었으며, 상토간의 유의차는 인정되지 않았으나, 모두 관행재배보다 길었다. 경직경은 5종의 혼합 상토에서

2.1~2.4mm의 범주에 속하였으며, 관행재배의 2.3mm와 큰 차이가 없었고, 유의차가 없었다.

엽장은 1:0(A), 0:1(B), 1:1, 2:1의 혼합상토에서 각각 5.7, 6.1, 5.9, 5.8cm로 1:2혼합 비율의 상토에서 5.5cm로 상토 중 가장 작은 엽장을 보였으나, 관행재배의 4.6cm보다 5종의 혼합상토 모두 길었고, 유의성은 인정되지 않았다. 엽폭은 5종류의 상토에서 2.9~3.2cm의 수준이었으나, 관행재배의 2.4cm보다 모두 컸었다. 그러나 상토간의 유의차는 보이지 않았다.

지상부 생체중은 1:0(A), 0:1(B), 1:1, 1:2, 2:1비율의 혼합상토에서 각 각 1.4, 1.7, 1.5, 1.5, 1.5g으로 관행재배의 0.9g보다 무거웠으나, 유의차를 보이지 않았다.

근장은 1:0(A), 0:1(B), 1:1, 1:2, 2:1비율의 혼합상토가 각 각 14.5, 16.1, 15.4, 14.6, 18.6cm로 관행재배의 14.8cm와 큰 차이가 없었고, 실험 상토간의 유의차가 없었으며, 또한 근직경은 5.4~7.0mm로 관행재배의 5.4mm와 큰 차이가 없었으나, 혼합상토간의 유의성이 인정 되지 않았다.

지하부중은 0:1(B)비율의 혼합 상토가 2.7g으로 무게가 가장 많이 나갔고, 1:0(A), 1:1, 1:2, 2:1 비율은 각 각 1.8, 2.3, 1.8, 1.8g이었고, 관행재배는 1.2g으로 무게가 가장 낮았고, 혼합상토간의 유의성은 인정되지 않았다. 신장기 인삼의 생육 특성은 0:1(B)의 상토가 그 외 4종의 상토와 관행재배의 생육 수치보다 8개의 항목에서 모두 높은 결과를 보였다.

Table 19. Growth characteristics of 2-year-old ginseng in plastic house as affected by various combinations of substrates. (July 15, 2013)

SB ^{a)} (A:B)	Trait ^{b)}							
	SL (cm)	SD (mm)	LL (cm)	LW (cm)	SFW (g/ plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/ plant)
1:0	10.7a ^{c)}	2.4a	5.7a	2.9a	1.4a	14.5a	5.9a	1.9a
0:1	12.8a	2.4a	6.1a	3.2a	1.7a	16.1a	6.6a	2.7a
1:1	11.2a	2.3a	5.9a	3.1a	1.5a	15.4a	7.0a	2.3a
1:2	12.1a	2.2a	5.5a	2.9a	1.5a	14.6a	5.8a	1.8a
2:1	11.9a	2.1a	5.8a	3.0a	1.5a	18.6a	5.6a	1.8a
Field	8.3	2.3	4.6	2.4	0.9	14.8	5.4	1.2

^{a)} See Table 7 for treatment description.

^{b)} SL: Stem length, SD: Stem diameter, LL: Leaf length, LW: Leaf width, SFW: Stem fresh weight, RL: Root length, RD: Root diameter, RFW: Root fresh weight.

^{c)} Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

(나) 2차 비대기 인삼의 생육특성

2년근 인삼의 생육특성은 Table 20과 같다. 1:0(A), 0:1(B), 1:1, 1:2, 2:1비율의 혼합상토에서 실험한 결과 주근장의 길이는 6.9~7.8cm의 범위였으며, 관행재배의 10.1cm와 큰 차이가 났고, 유의차가 없었다. 뿌리의 길이는 1:1의 혼합비율이 19.4cm로 가장 길었으며, 2:1, 1:0(A), 0:1(B), 1:2비율이 각각 19.1, 18.5, 18.5, 17.8cm로 관행재배의 18.8cm와 유사하였고, 혼합상토간의 유의성은 인정되지 않았다.

근직경은 1:0(A)상토가 6.9mm로 가장 얇았고, 관행재배가 10.1mm로 가장 굵었으며, 0:1(B), 1:1, 1:2, 2:1비율의 혼합 상토가 8.1, 7.6mm로 5종의 혼합 상토간의 유의차가 없었다. 지하부 생체중은 1:0(A)가 2.1g으로 가장 무게가 적었고, 0:1(B), 1:1, 1:2, 2:1비율의 혼합상토가 각각 3.3, 2.8, 2.8, 2.7, 3.0g으로 유의차가 없었으며, 관행재배가 4.1g으로 무게가 가장 많이 나갔고, 실험구 중에서 0:1(B)비율의 혼합상토가 3.3g으로 무게가 가장 많이 나갔다.

위의 결과와 같이 주근장, 지하부 총장, 근직경, 지하부 생체중에 대하여 조사한 결과 5종의 상토 간에 유의성이 인정되지 않았지만, 0:1(B)상토의 지하부 생체중이 3.3g으로 관행재배의 4.1g에 가장 근접한 결과를 보였다. 따라서 B(0:1)상토에 대하여 개량을 위한 추가적인 연구가 진행된다면 관행재배와 유사한 수량의 고품질 유기농 인삼의 생산이 가능할 것으로 사료된다.

Table 20. Growth characteristics of 2-year-old ginseng in plastic house as affected by various combinations of substrates at planting density. (October 9, 2013)

SB ^{a)} (A:B)	Trait ^{b)}			
	MRL (cm)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
1:0	7.3a ^{c)}	18.5a	6.9a	2.1a
0:1	7.7a	18.5a	8.1a	3.3a
1:1	6.9a	19.4a	7.6a	2.8a
1:2	7.8a	17.8a	7.6a	2.7a
2:1	7.6a	19.1a	7.6a	3.0a
Field	10.1	18.8	10.1	4.1

^{a)} See Table 7 for treatment description.

^{b)} MRL: Main root length, RL: Root length, RFW: Root fresh weight. RD: Root diameter

^{c)} Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

3. 온도제어 하우스에서 유기농 인삼 재배 시스템

가. 재료 및 방법

(1) 하우스 시설

본 실험은 2010년 12월부터 충남대학교 부속농장의 온도제어 비닐하우스에서 수행하였다. 온도제어 하우스는 너비 8.4 m, 길이 31 m 높이 5 m의 단동하우스로 직사광선을 차단하기 위하여 차광율 85%의 검정색 차광망을 비닐 위에 씌웠다. 온도조절시설은 냉온풍기 (ACP WHISEN, LG전자)를 앞과 뒤쪽에 2대 설치하였다(사진 8~10).

(2) 상토 조성

상토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트, 코코피트, 왕겨의 혼합비율을 조절하여 묘삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 상토 조제과정에서 천연 인광석, 램베나이트, 고토석회 (dolomite), 피마자박을 소량 첨가하였다. 상토 구성 재료의 혼합비율은 Table 5와 같다.

(3) 재배법

스티로폼 포트 (L×W×D; 501×315×215mm)에 혼합한 상토를 충전하고 충분히 물을 준 다음, 농가에서 구입한 0.6g 내외의 묘삼을 6×6cm의 간격으로 농한기의 노동력을 이용하고 조기에 출아시키기 위하여 12월 1일에 이식하였다.

이식한 이후에는 하우스의 옆창 비닐을 올려서 외기 온도와 유사하도록 하였으며, 2011년 2월 21일부터는 출아를 돕기 위하여 옆창 비닐을 내렸으며, 야간온도가 10℃ 이하로 내려갈 때는 냉온풍기로 가온하였다. 출아 후 잎이 완전히 전개하기 전까지는 15℃ 이상이 되면 온도 감지센서에 의해 측창 비닐이 자동으로 개폐되도록 조절하였고, 주간엔 25℃ 이상이 되면서부터 냉풍기(용량29kW, 전력소모량 7.27kW)를 가동하였다. 수분공급은 지하수로 관수하였으며, 화학 비료나 농약은 전혀 처리하지 않았다.

(4) 광량 및 온도 조사

하우스의 광량은 LI-1400 Datalogger (LI-COR)를 이용하여 오전 6시부터 오후 5시까지 1시간 간격으로 광량을 측정하였고, 온도는 Thermo Recorder (T&D Co.)를 이용하여 30분 간격으로 측정하였다.

(5) 생육조사

생육조사는 2011년 9월 28일에 관행재배 인삼과 폐쇄형 하우스 3층 베드에 위치한 인삼의 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근장, 근직경, 지하부 생체중을 3반복, 반복별 40개체를 조사하였다. 통계분석은 Duncan's Multiple Range Test를 이용하여 유의차를 검정하였다.



사진 8. 온도제어 하우스 정면



사진 9. 온도제어 하우스 내부 냉방시설



사진 10. 온도제어 하우스 포트 재배

나. 결과 및 고찰

(1) 온도제어 하우스 내의 광량 및 온도 변화

7월 각각 맑은 날, 흐린 날 오전 6시~오후 5시까지 하우스내의 광량을 조사한 결과는 Fig. 11과 같다. 시설하우스의 맑은 날, 흐린 날의 평균광량은 각각 $104.8, 27.9 \mu\text{mol/s/m}^2$ 로 자연광 $924.2, 242.2 \mu\text{mol/s/m}^2$ 의 약 11%를 나타냈다. 이 광량은 인삼의 광합성에 필요한 최적의 광량인 자연광의 10~15%(Jeong, 2007)의 범위에 속하였다.

1월부터 4월까지의 외부와 온도제어 하우스 내의 평균온도 변화는 Fig. 12와 같다. 온도제어 하우스의 평균온도는 $-3.76\sim 16.19^\circ\text{C}$ 로 외부 온도 $-5.73\sim 11.41^\circ\text{C}$ 에 비하여 높게 나타났다. 이러한 결과는 인삼의 출아를 빠르게 하기 위하여 2월 21일 부터 측창의 비닐을 내렸고 야간에 온풍기로 가운을 하였기 때문이다.

냉온풍기를 주야로 가동한 4월 중순부터 9월 말까지 온도제어 하우스 내의 평균온도와 최고온도의 변화는 Fig. 13과 같다. 온도제어시스템 하우스의 경우에는 한 여름인 7, 8월에도 최고온도는 $29.8\sim 31.0^\circ\text{C}$ 로 31°C 를 넘기지 않았다. 하우스의 평균온도도 4월 중순에서 5월 하순까지 $14.5\sim 19.3^\circ\text{C}$ 를 나타내었고, 6월 초순부터 8월 중순까지는 $21.0\sim 24.6^\circ\text{C}$ 까지 올라갔다가 8월 하순부터 온도가 점점 낮아져 9월 초순에는 평균 20.1°C 를 나타내었다. 온도제어 하우스의 평균 온도는 25°C 이내로 외부온도에 비해 최대는 3°C 가량 낮게 나타났다.

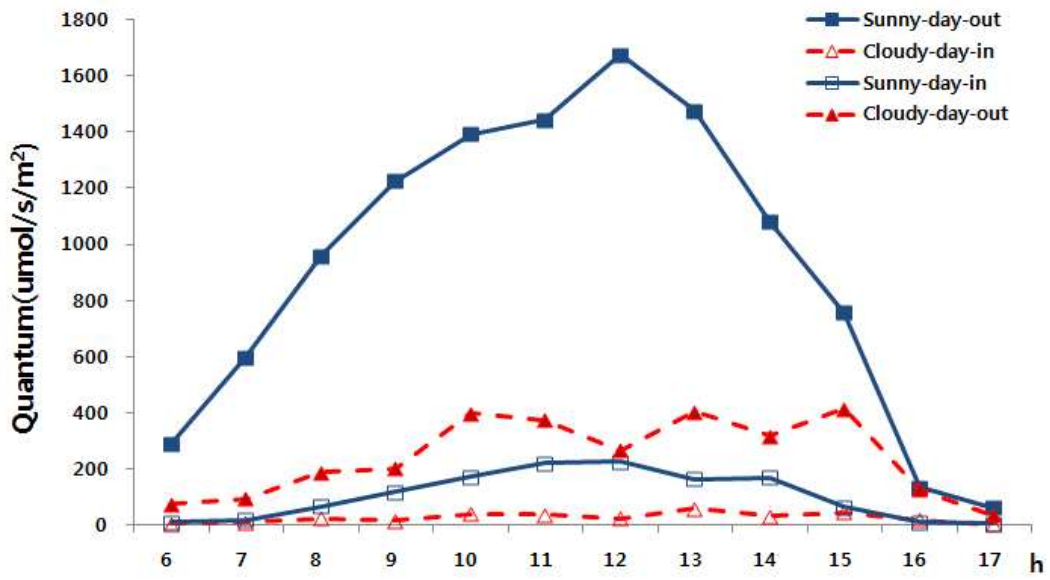


Fig. 11. Comparison of quantum in the inside and the outside of the closed plastic house during a daytime.

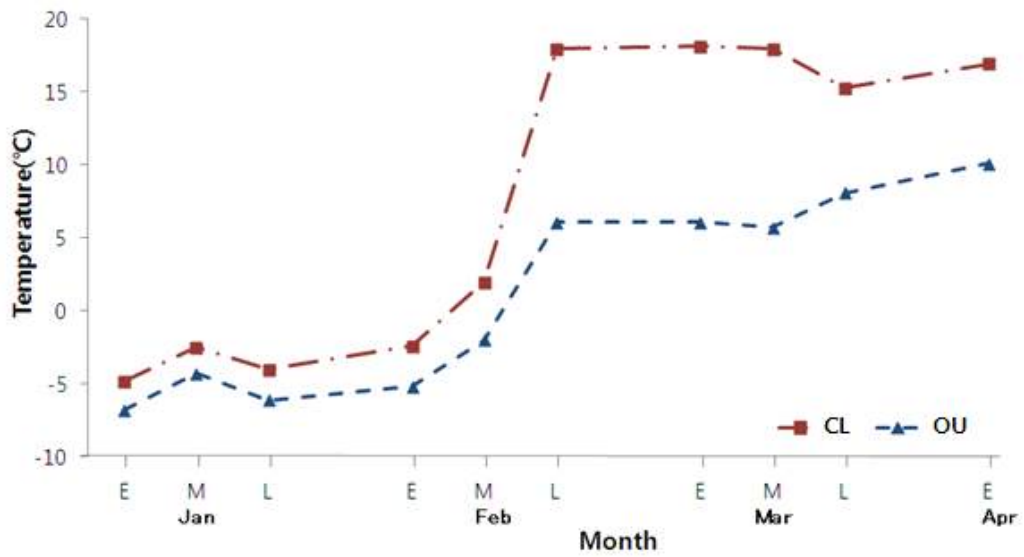


Fig. 12. Monthly changes of temperature in the inside and the outside of closed plastic house.

CL: Closed plastic house; OU: outside.

Closed plastic house ran heating from February 21 to April 3.

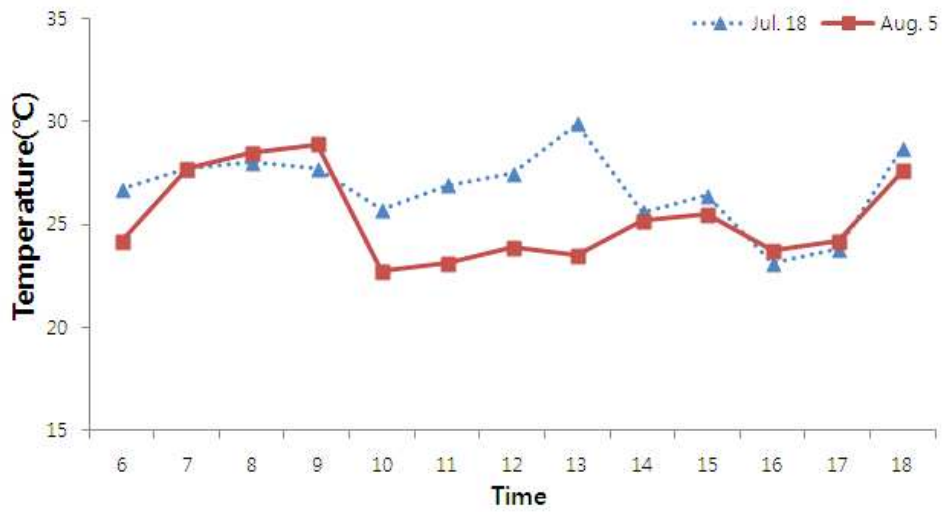


Fig. 13. Monthly changes of max., min., and ave. temperature in the inside and the outside of closed plastic house.

CL: Closed type plastic house; OU: outside.

Closed house ran air-conditioning from May 21 to September 7.

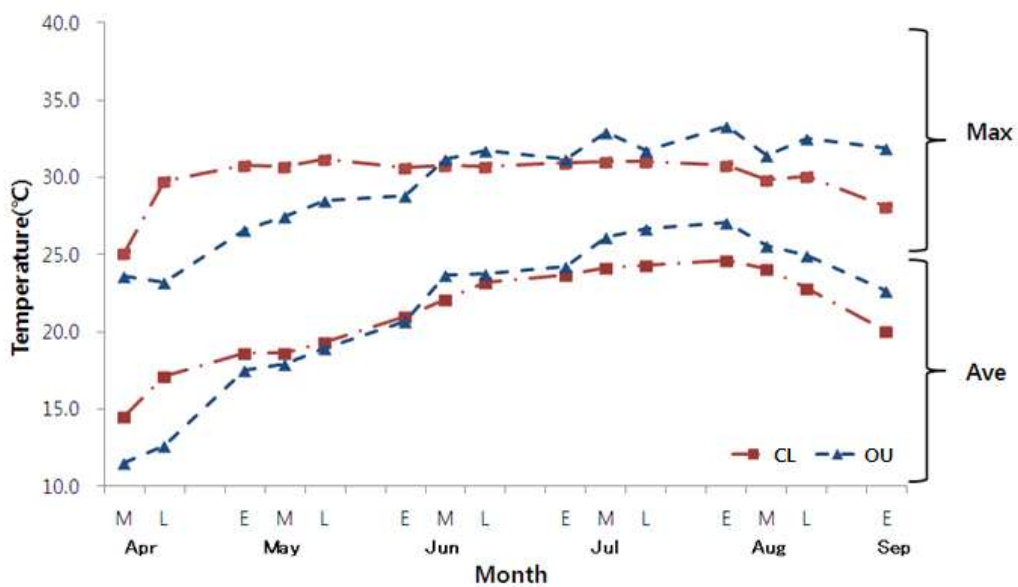


Fig. 17. Temperature change of the closed plastic house during a day.

온도제어 비닐하우스의 2011년 7월 18일과 8월 5일 일중 온도변화를 경시적으로 조사한 결과는 Fig. 14와 같다. 7월 8일 하우스 온도는 냉풍기를 가동되지 않은 오전 6~8시경에는 30°C에 근접 하다가 냉풍기를 가동한 오전 8시~오후 6시까지 평균온도 24.9°C이었다. 8월 5일은 냉풍기를 가동되지 않은 오전 6~8시 온도는 7월 8일과 유사하였으나 냉풍기를 가동한 10시~14시 온도는 7월 8일 보다 3~5°C 높았으나 14~18시 온도는 유사하였으며 평균온도는 25.1°C로 약간 높았다. 이상과 같이 온도제어시스템 하우스의 온도는 인삼의 고온피해를 받을 정도로 고온이 되지는 않았다. 시설내에서 인삼 재배 시 건조나 과습으로 인삼의 생육을 억제 할 수 있으므로 습도조절이 필요하며 과습으로 인한 잿빛곰팡이병 예방에도 주의가 요구된다.

(2) 온도제어 하우스 내에서의 인삼생육

2월 21일 부터 하우스를 가온시킨 온도제어시스템 하우스의 출아율 및 출아시기를 조사한 결과 3월 8일 출아율이 35%, 3월 17일 79%, 3월 21일 93%, 3월 29일 100%로 일반포장의 인삼 출아시기인 4월 하순 보다 약 20일 이상 빨랐다(Fig. 15).

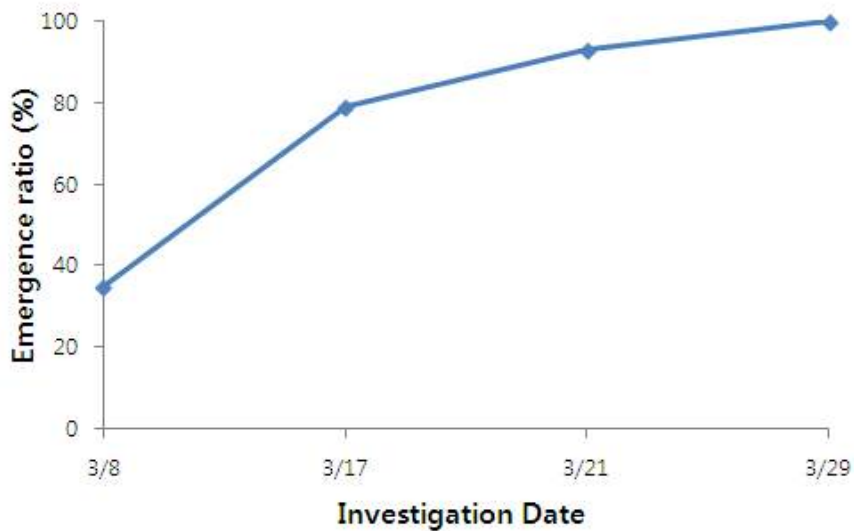


Fig. 15. Changes of emergence ratio in closed plastic house.

12월 1일 0.6g내외의 묘삼을 이식하여 9월 28일에 생육특성을 조사한 결과는 Table 21과 같다. 경장은 PPV-1, 2, 3 배지와 관행재배에서 각각 25.3, 24.4, 22.5, 25.8 cm로 PPVC, PVC, PVR 배지에서의 경장 18.0 (PVR)~19.7 (PPVC) cm보다 길었으며 유의성이 인정되었다. 경직경은 PPV-1 배지에서 2.28 mm로 가장 굵게 나타났으며, PVC 배지에서 1.79 mm 가장 작았다. 개체당 엽면적은 78.3 (PVC)~82.4 (PPV-1) cm²의 분포를 보였으며, PPV-1에서 82.4 cm²로 가장 넓었으나 상토간의 유의성은 보이지 않았다. 지상부 개체당 생체중은 PPV-2 배지에서 2.16 g으로 가장 무거웠으며, PVR 배지와 관행재배에서는 1.73 g으로 가장 가벼웠다.

Table 21. Growth characteristics of 2-year-old ginseng by various combinations of bed soil substrates in closed plastic house.

Substrates ^{a)}	Trait ^{b)}						
	SL (cm)	SD (mm)	SFW (g/plant)	LA (cm ² / plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
PPV-1	25.3a*	2.28a	1.86b	82.4a	15.0ab	8.99a	2.85ab
PPV-2	24.4ab	2.22a	2.16a	82.0a	15.6ab	9.22a	3.24a
PPV-3	22.5b	2.23a	1.87b	81.8a	15.5ab	8.68ab	2.89ab
PPVC	19.7c	2.00ab	1.97ab	82.2a	16.5a	9.08a	2.82ab
PVC	18.1c	1.79b	1.87b	78.3a	13.5b	8.07bc	1.92c
PVR	18.0c	1.85b	1.73b	78.7a	17.4a	7.83c	1.90c
Field	25.8a	2.20a	1.73b	82.1a	13.0b	8.22bc	2.58b

* Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

^{a)} See Table 5 for treatment description.

^{b)} SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root diameter, RFW: Root fresh weight.

이와 같이 경장, 경직경 및 엽면적은 PPV-1, 2 배지 및 관행재배에서 양호하였고, 지상부 생체중은 PPV-2, PPVC 배지에서 생육이 우수한 경향이었으며, PVC와 PVR 배지에서 지상부의 생육이 대체로 저조한 경향이였다.

뿌리의 길이는 PPVC, PVR 배지에서 각각 17.4, 16.5 cm이었으며, PVC 배지와 관행재배에서는 13.5, 13.0 cm로 짧았다. 뿌리의 직경은 PPV-1, 2, PPVC 배지에서 8.99 (PPV-1)~9.22(PPV-2) mm 범위를 나타냈고, PVR 배지 7.83 mm보다 굵었으며 유의성이 인정되었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-2 배지가 3.24 g으로 가장 무거웠고, PPV-3 배지 2.89 g, PPV-1 배지 2.85g, PPVC 배지 2.82 g, 관행재배 2.58 g, PVC 배지 1.92 g, PVR 배지 1.90 g 순으로 가벼웠다. PPV-2 배지의 뿌리 생체중은 PVC, PVR 배지보다 무거웠으며 유의성이 인정되었다.

이상과 같이 뿌리의 길이는 PVR, PPVC 배지, 뿌리 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC 배지에서 가장 양호하였다. 즉 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트의 혼합배지에서 지상부 및 지하부의 생육이 가장 좋았다. 피토모스, 펄라이트 및 버미큘라이트를 5:4:1로 혼합한 기본 배지에 유기질 및 무기질 자재를 소량 첨가한 경우 인삼의 생육이 촉진되었으며, 왕겨와 코코피트 첨가량이 증가 할수록 인삼 생육의 억제정도가 증가하였다. 이러한 현상은 유기질 및 무기질 자재의 첨가가 pH를 증가시켰기 때문으로 생각된다. 따라서 지상부와 지하부의 생육관계를 보면 지상부의 생육이 좋은 PPV-1, 2 배지에서 뿌리의 생체중도 우수한 경향이였다.

4. 자연 휴면타파 조건 구명

비닐하우스에서 저온감응중인 인삼종자 및 묘삼의 가온처리 시기에 따른 출아시기를 조사하여 출아 촉진조건을 구명하기 위하여 실시하였다.

가. 재료 및 방법

(1) 실험재료

연풍의 개갑종자 및 묘삼을 농가에서 구입하여 사용하였다.

(2) 파종 및 이식시기

종자는 2011년 11월 1일 3×3cm로 파종, 묘삼은 2011년 11월 14일 6×6cm 로 이식

(3) 발아율 및 출아율 조사 : 최초 발아 및 출아일 부터 일주일 간격으로 조사하였다.

(4) 가온방법

일평균기온 14~17℃, 최저 및 최고기온이 각각 10℃, 30℃ 인 유리온실에 일주일 간격으로 옮겨서 가온을 실시하였다.

나. 결과 및 고찰

2011년 11월 1일에 파종한 종자포트를 2012년 1월20일부터 약 일주일 간격으로 유리온실에 옮겨 가온을 실시하여 발아율을 조사한 결과는 Fig. 16과 같다. 1월20일에 가온을 실시한 포트는 2월 20일경 발아를 시작하였으며, 3월 초에는 50%이상 발아하였고, 3월 말까지 73.3% 발아하였다. 1월 말에 가온을 시작한 포트는 40일 경과 후 발아율이 50%이상 발아하였으나, 2월 상, 중순에 가온을 실시한 포트는 40일 경과 하여도 20%이상 발아하지 않았다. 2월말 가온을 시작한 포트는 30일 경과 후 인 3월23일경 50%이상 발아하였다.

2월초·중순경에 가온을 시작한 것이 발아율이 낮은 것은 발아 전에 유리온실의 최고기온이 30℃ 이상인 날이 4~5일이 경과되어 발아를 억제하였기 때문으로 생각되며 이것 보다 일찍 가온한 인삼에서는 발아율이 높은 것은 발아가 시작된 이후에는 고온의 피해가 없었기 때문이라고 생각된다. 이상의 결과로 보아 자연상태에서 저온 처리 기간은 2월말 경이 좋을 것으로 판단되었다.

2011년 11월 14일 이식한 묘삼의 경우에는 Fig. 17과 같이 2012년 1월2일, 1월9일, 1월16일, 1월20일, 1월30일 가온을 시작한 포트의 출아율은 각각 70일, 60일, 55일, 55일, 40일 경과 후 90%이상 출아하였고, 2월6일, 2월13일, 2월20일 가온을 실시한 포트는 각각 34일, 32일, 30일 경과 후 90%이상 출아하였으며, 2월 27일 가온을 실시한 포트의 경우 22일만에 90%이상의 출아율을 나타내었다.

2월초·중순경에 유리온실의 최고기온이 30℃ 이상인 날이 4~5일이 경과되었으나 출아에는 종자의 발아억제보다 적은영향을 끼친 것으로 생각되었다. 이상의 결과로 보아 묘삼의 자연상태에서 저온처리 기간은 2월 중순경까지가 좋을 것으로 판단되었다.

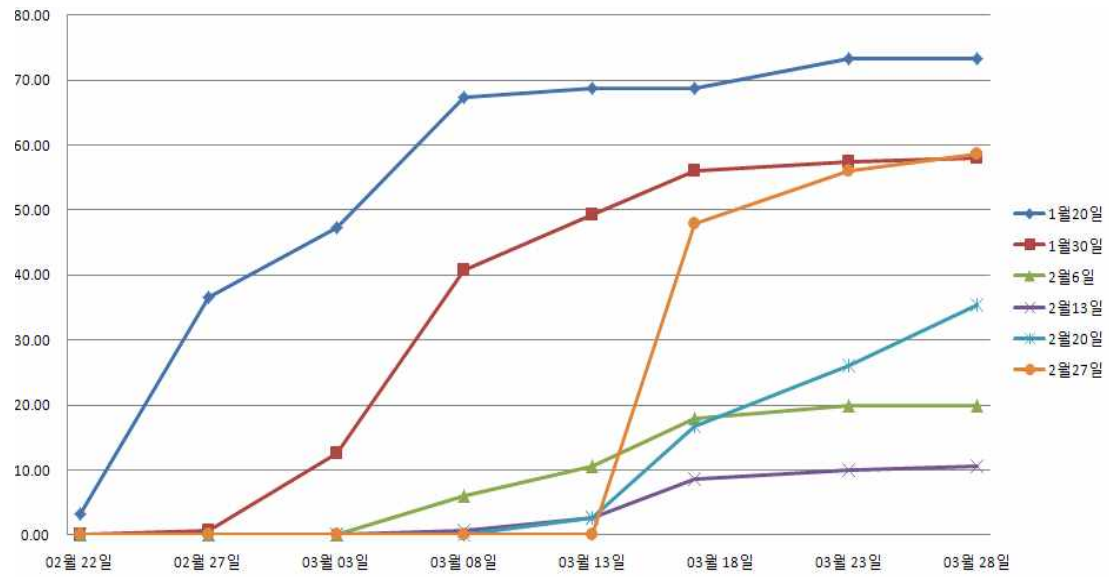


Fig. 16. 가온시기에 따른 종자 발아율 변화

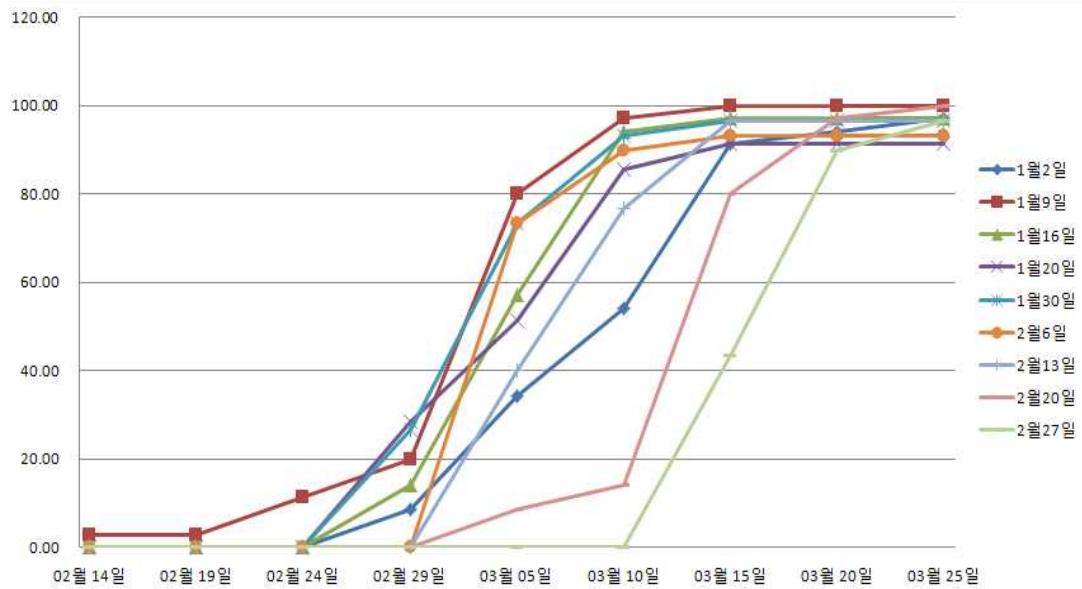


Fig. 17. 가온시기에 따른 묘삼 출아율 변화

5. 하우스에서 파종시기에 따른 발아 및 출아율 변화

가 재료 및 방법

(1) 실험재료

연풍의 개갑종자 및 묘삼을 농가에서 구입하여 사용하였다.

(2) 파종 및 이식시기

종자는 2011년 11월 1일 3×3cm로 파종, 묘삼은 2011년 11월 14일 6×6cm 로 이식

(3) 발아율 및 출아율 조사 : 최초 발아 및 출아일 부터 일주일 간격으로 조사하였다.

나. 실험결과

(1) 종자 발아율

가을파종 종자의 발아율은 4월 18일 48.71%이고 봄파종은 28.33%로 가을파종 종자가 봄파종 종자보다 20%이상 증가하였고, 4월 25일에는 각각 83.50%, 63.11%로 가을파종이 봄파종에 비하여 20%이상 증가하였다(Table 22). 이러한 현상은 가을에 파종한 종자는 수분흡수가 일찍 이루어 졌기 때문으로 생각된다.

Table 22. 몽골형 하우스의 종자 발아율 조사

구 분	발아율		
	4월18일	4월25일	4월30일
가을파종(3×3cm)	48.71	83.50	88.33
봄파종(3×3cm)	28.33	63.11	82.33

(2) 묘삼 출아율

가을이식 묘삼의 발아율은 4월 18일 95.13%이고 봄이식은 95.58%로 가을이식 종묘보다 봄이식 묘삼이 증가하였고, 4월 25일에는 각각 100%로 파종시기와 관계없이 100%출아하였다 (Table 23).

Table 23. 몽골형 하우스의 묘삼 출아율 조사

구 분	출아율	
	4월18일	4월25일
가을이식(6×6cm)	95.13	100
봄이식(6×6cm)	98.58	100



사진 11. 종자발아 진행 사진(4월16일), 2012 봄파종(좌) 2011 가을파종(우)



사진 12. 묘삼 출아 진행 사진(4월16일), 2011 가을파종(좌) 2012 봄파종(우)

6. 상토의 재활용

가. 재료 및 방법

(1) 실험재료

자경종의 개갑종자 및 묘삼을 농가에서 구입하여 사용하였다.

(2) 상토혼합

- 종자파종을 위한 상토 : 1년 사용한 상토와 새 상토의 혼합
(재사용 상토 혼합비율 0, 25, 50, 75, 100%)
- 묘삼이식을 위한 상토 : 1년 사용한 상토와 모래와의 혼합
(모래 혼합 비율 0, 25, 50%)

(3) 파종 및 이식시기

- 종자는 2013년 3월 12일 3×3cm로 파종
- 묘삼은 2013년 3월 8일 6×12cm로 이식

(4) 생육조사 : 2013년 7월 25일, 경장, 경직경, 근장, 근직경, 지상부 생체중, 지하부 생체중 등을 조사.

나. 결과 및 고찰

상토의 재사용이 종자의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1년 사용한 상토와 새 상토를 비율별로 혼합하여 인삼의 생육을 비교한 결과 Table 24와 같다. 엽장과 엽폭은 재사용 상토 : 새로운 상토 (50:50)에서 각각 3.64cm, 2.17cm로 길었으며, 경장과 경직경은 75:25 상토에서 약간 높았고, 지하부 직경은 50:50 상토 혼합비에서 2.72mm, 25:75혼합비에서 2.86mm로 다른 혼합비율에 비해 높은 수치를 나타냈고, 근중의 경우 25:75 혼합비에서 가장 높은 수치를 나타내었다.

한번 사용한 상토는 토양의 물리성 및 통기성이 떨어지기 때문에 상토의 재사용 가능성을 검토하기 위하여 상토와 모래를 혼합하여 실험을 실시 하였다. 상토의 재사용이 묘삼의 생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 1년 사용한 상토와 모래를 혼합하여 인삼의 생육을 비교한 결과 Table 25와 같다. 지상부 생육은 모래를 혼합하지 않은 재사용 상토에서 생육이 좋았고, 지하부 길이와 경직경은 모래를 혼합하지 않은 재활용상토와 50:50 비율로 섞은 상토에서 비슷한 성적을 나타냈다.

Table 24. Effect of recycled bed soil substrates on growth characteristics of 1-year-old ginseng.

*RS : S	LL**	LW	SL	SD	RL	RD	AW	RW
	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(g)	(g)
100:0	3.39b ^{***}	2.17a	7.61ab	1.30ab	9.79a	2.36c	0.28a	0.18b
75:25	3.58ab	2.10ab	8.08a	1.33a	9.88a	3.12a	0.30a	0.19ab
50:50	3.64ab	2.17a	7.94ab	0.98b	10.89a	2.72b	0.28a	0.21ab
25:75	3.94a	2.14ab	7.97ab	1.30ab	9.67a	2.86b	0.32a	0.25a
0:100	3.33ab	2.04b	7.42b	1.30a	9.78a	2.88a	0.27a	0.21a

*RS: Recycled bed soil substrate, S: Bed soil substrate.

**LL: Leaf length, LW: Leaf width, SL: Stem length, SD: Stem diameter, RL: Root length, RD: Root diameter, AW: above-aerial part weight, RW: Root weight.

***Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.

Table 25. Effect of recycled bed soil substrates on growth characteristics of 2-year-old ginseng.

RS* : Sand	LL**	LW	SL	SD	RL	RD	AW	RW
	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	(mm)	(g)	(g)
100:0	5.94a ^{***}	3.00a	10.86a	2.83a	16.31a	6.95a	1.90a	3.19a
75:25	5.27b	2.76a	7.30c	2.25b	15.96a	5.62b	1.15b	2.53ab
50:50	4.85b	3.81a	8.02b	2.49ab	16.14a	6.36ab	1.06b	1.97b

*RS: Recycled bed soil substrate.

**LL: Leaf length, LW: Leaf width, SL: Stem length, SD: Stem diameter, RL: Root length, RD: Root diameter, AW: above-aerial part weight, RW: Root weight.

***Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.

7. 다단식 인삼재배에 적합한 조명 시스템 설계

가. 태양광 및 인공광을 활용한 에너지절약형 다단식 조명시스템 설계 및 적용

LED(Light Emitting Diode, 발광 다이오드)를 설치하여 인공광을 적용하여 에너지 절약형 다단식 조명시스템을 적용하였다. 수명은 반영구적이며 백열등이나 형광등에 비해 광효율이 높고 전력소비량도 적어서 에너지절약형 조명기기로 많이 활용되고 있음. 최근 청색LED 소자가 발명되어 식물의 광합성 작용에 최적 광원으로 인식되면서 여러 식물의 재배에 응용되고 있음. 인삼은 반음지성 약용작물이므로 고휘도의 직사광선을 싫어하고 온도에 따라 민감하며 일반적으로 자연광의 10%내외가 적당함. 따라서 인삼의 광포화점은 생육적온인 15 ~ 20℃에서 12,000 ~ 15,000 lux임. 물질생산이 최고점에 달하는 광도로서 최적광도(最適光度, optimum light intensity)는 온도 등 환경에 의해 변화되며, 또한 온도가 30℃가 되면 광포화점은 6,000 ~ 8,000 lux로 낮아지기 때문에 온도가 높아질 경우 광도는 상대적으로 낮아져야 광합성이 잘 이루어진다. Table 26과 27에서 보는바와 같이 4월 20일에 측정된 광량은 태양광을 잘 받는 3층의 경우, 최대 111.7umol/m².s이며 2층의 경우 최대 65.45umol/m².s, 1층의 경우 최대 22.42umol/m².s 이다. 설치된 LED는 적색 고휘도 LED 제품의 경우, 220umol/m².s이고, 청색 고휘도 LED 제품의 경우, 160umol/m².s 이다.

Table 26. (4/20) 단동온실의 측정된 광량 (단위: Quantum)

	10시	12시	14시	16시
3층	103.5	86.76	111.7	51.8
2층	33.5	65.45	62.3	35.8
1층	17.33	22.42	18.75	12.15

Table 27. (4/20) 단동온실의 측정된 온도(DB) (단위: °C)

온도	10시	12시	14시	16시
3층	26	20.78	20.3	22.5
2층	19.21	18.6	19.38	20.8
1층	19.7	17.4	19.5	20.1

■ 실험실, 온실, 실내보광등 (특수목적 및 연구용) 40W급

품 목 (다인고휘도 LED)	피크 파장 (nm)	PPFD값 (100mm 거리)	Flux (unit : lm or mw)	표준발광면적 (50cm 높이 설치기준)	용도 및 기능
Red (적색)	630	340umol/m ² s	3,300(lm)	1m ²	광합성 촉진, 발아 조절, 개화 조절, 엽면적 확대, 생육 촉진, 과실의 당도 향상, 절화수명 연장
Red660 (적색)	660	220umol/m ² s	200(lm)	3m ²	광합성 촉진, 발아 조절, 개화 조절, 엽면적 확대, 생육 촉진, 과실의 당도 향상, 절화수명 연장
Blue (청색)	460	160umol/m ² s	8,000(mw)	1m ²	출엽속도 조절, 광합성 촉진, 형태형성 조절, 옷자람 방지, 굴광성, 버섯류 자실체 유도, 착색
Red+Blue (혼합광)	R:630 B:460	290umol/m ² s	2,700(lm)	1m ²	태양광 대체, 건설한 식물 성장
Green (녹색)	530	140umol/m ² s	3,300(lm)	1m ²	병해충 방제
Yellow (황색)	590	120umol/m ² s	2,400(lm)	1m ²	해충 방제
White (흰색)	6500K	340umol/m ² s	4,500(lm)	1m ²	일반 조명
F-Red (근적외선)	740	N/A	3,600(mw)	1m ²	개화 조절, 생육 억제
n-UV (근자외선)	405	N/A			생리활성물질 유도, 옷자람 방지, 착색

Fig. 9. 설치된 LED 사양 비교

2층의 광을 보광하기 위하여 설치한 LED 에서의 인삼 생육을 살펴보면 Table 28과 같다. 종자를 과중하여 1년근의 생육을 조사한 결과 근장은 Blue광과 형광등 조명한 포트에서 14.04cm와 14.12cm로 제일 길었고, 근직경의 경우 Blue광에서 5.18mm로 가장 굵었으며, 근중은 모든 광조건에서 비슷한 수치를 나타냈다. 무처리구는 근장, 근직경, 근중 모두 작았으나 유의차가 인정되지 않았다. 2년근의 생육을 조사한 결과 Table 29에서와 같이 근장은 Blue광과 혼합광에서 18.36cm로 가장 길었고, 근직경은 Red광이 8.08mm로 가장 굵었으며, 근중은 Blue광에서 3.42g으로 가장 무게가 많이 나왔다. 무처리구에 비해 LED 및 형광등을 조사한 경우 생육이 조금씩 좋았으나 유의차는 인정되지 않았다. Kim 등(2009)에 따르면 청색 LED 및 형광등 처리가 인삼의 근중에 좋은 영향을 나타냈다고 하였다.

1, 2, 3층의 고른 인삼 생육을 위한 광량을 확보하기 위하여 LED를 설치한 결과 야간의 LED 불빛으로 여름철 많은 나방 등 곤충이 하우스에 너무 많이 나타났다. 따라서 LED 설치 는 밀폐된 공간에서 사용하는 것이 효과적일 것이라 사료되며, 본 유기농 하우스 시설에서는 1층의 광을 확보하기 위해 2층을 비우고 1층과 3층에서 인삼을 재배하는 시스템이 더 유리 할 것으로 판단된다.

Table 28. Growth characteristics of underground parts of 1-year-ginseng in different light-conditions.

Treatment	Root length	Root diameter	Root weight
	(cm)	(mm)	(g)
Red LED	13.4a*	4.31a	0.64a
Blue LED	14.0a	5.18a	0.62a
Red LED + Blue LED	13.5a	4.58a	0.66a
Fluorescent lamp	14.1a	4.32a	0.63a
Control	12.06a	3.60a	0.52a

*Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.

Table 29. Growth characteristics of underground parts of 2-year-ginseng in different light-conditions.

Treatment	Root length	Main root length	Root diameter	Root weight
	(cm)	(cm)	(mm)	(g)
Red LED	17.7a*	7.29a	8.08a	3.33a
Blue LED	18.4a	7.59a	7.73a	3.42a
Red LED + Blue LED	18.4a	7.90a	8.05a	3.26a
Fluorescent lamp	17.4a	7.52a	7.91a	3.27a
Control	16.55a	6.54a	7.61a	3.16a

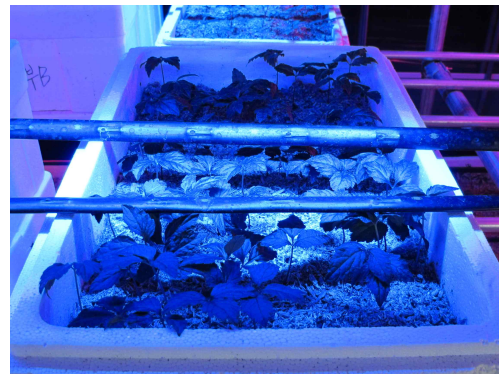
*Mean separation within each column by Duncan's multiple range test the at 5% level.



<폐쇄형 하우스 내 LED 전경>



<적색광>



<청색광>



<적색+청색>



<형광등>

8. 하우스 환경제어기술 개발

가. 하우스 환경 제어 대상

(1) 밀폐형 하우스에 설치된 적정 온습도 환경 조성용 냉난방기(실외기)

- 제품명 : Multi V Super III LRD-2908DH
- 성능 및 제원

능력(W)	냉방(정격)	29,000
	난방(정격)	32,600
	난방(-15° C)	28,000
COP/EER	냉방(정격)	R = 3.92
	난방(정격)	
에너지효율등급		1등급
냉매		R410A
실외기 크기(W*H*D)		920*1,680*760
무게		240kg
※ 산출 조건 - 냉방 : 실내건구 27° C, 습구 19° C / 실외건구 35° C, 습구 24° C - 난방 : 실내건구 20° C, 습구 15° C / 실외건구 7° C, 습구 6° C		

열전달이 우수한 냉매를 활용하여 냉/난방이 가능한 고효율 시스템(전기히터 대비 3~4배의 열에너지 공급) 냉매(R410A 또는 R22)의 증발/응축열을 이용해 저온의 열원을 고온으로, 고온의 열원을 저온으로 전달

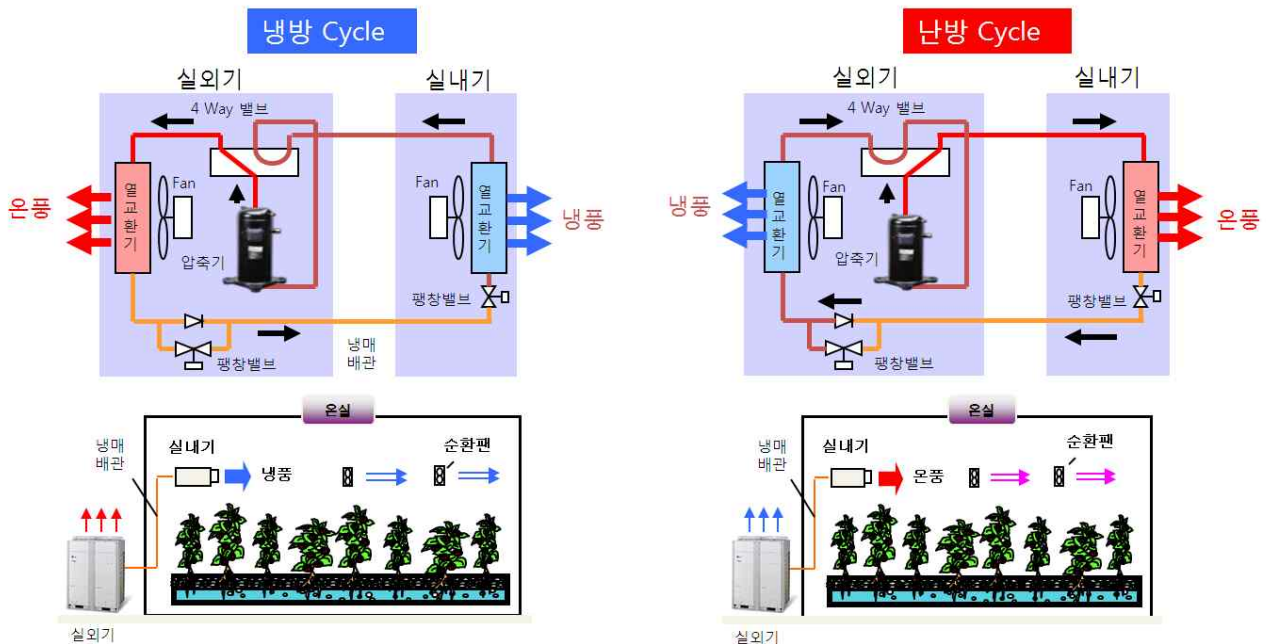


Fig. 18. 적용된 냉난방기의 기본 작동 원리



사진 13. 설치된 Multi V Super III LRD-2908DH

(2) 실외기와 연결된 DUCT (실내기)

- 제품명 : 천정매립 고정압 덕트
- 성능 및 제원

천정 매립 고정압 덕트	용량(HP)	5
	풍량(CCM)	76
	치수(W*H*D)	380*1,230*590
순환팬	풍량(CCM)	110
	팬외경(Φ)	400
	몸체외경(Φ)	437



사진 14. 설치된 고정압 덕트 (스파이럴 덕트 적용 전)

(3) DUCT와 연결하여 확장한 스파이럴덕트&디퓨저

- 최적의 생육 조건 구축을 위해 스파이럴덕트와 디퓨저 추가 설치

: 기존 고정압 매립 덕트 설치 된 상태에서 기류 시뮬레이션 해석 결과 5HP 덕트 2개와 110 CMM 순환팬 사용시 50m 맞은편까지 기류 분포 양호한 것으로 분석되었으나 실제로 하우스 내의 모든 인삼에 동등한 온습도 전달이 되지 않음을 확인 후, 잉여열 발생을 최소화한 최적의 생육 조건 구축을 위해 아래와 같이 추가 확장함

◆ 기류속도 분포

5HP 덕트2개와 110CMM 순환팬 사용시
50m 맞은편까지 기류분포양호

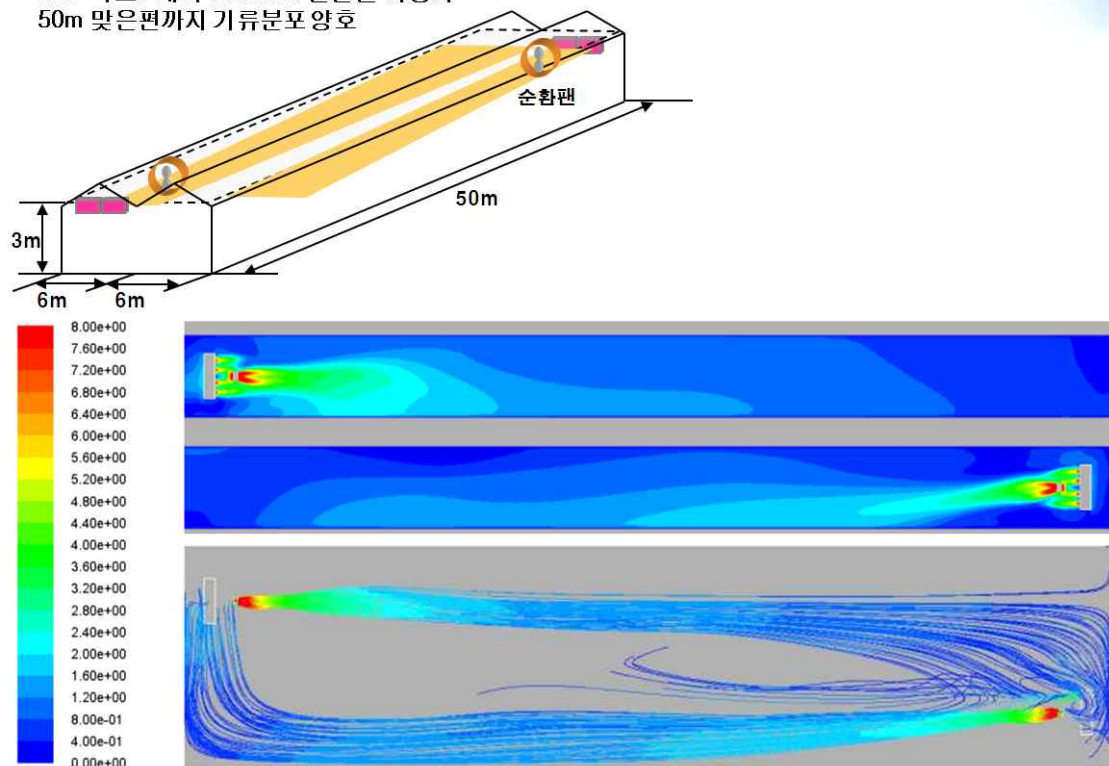


Fig. 19. 스파이럴 덕트 적용 전 기류 시뮬레이션



사진 15. 스파이럴 덕트 적용 전 사진



사진 16. 스파이럴 덕트 작업 후

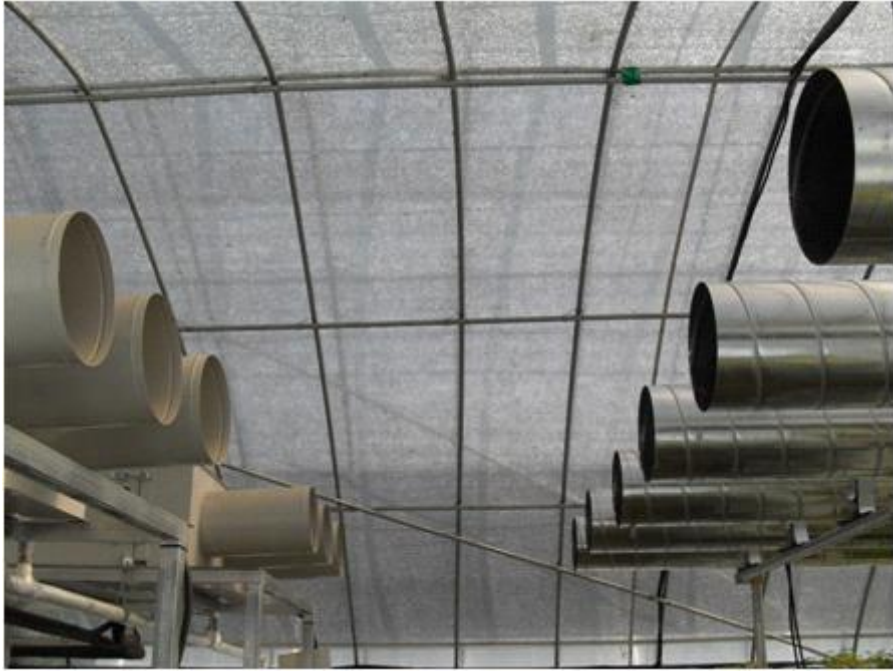


사진 17. 매립덕트 스파이럴 덕트 연결 전&후



사진 18. 고른 기류 공급을 위한 디퓨저 설치 후

나. 하우스 환경 제어 시스템 개발(AC Manager)

(1) 개요도

- 인터넷을 이용하여 거리의 제약 없이 최적 재배환경 조성
- 냉난방 시스템의 제어 및 모니터링으로 최적의 온습도 환경 조절 가능

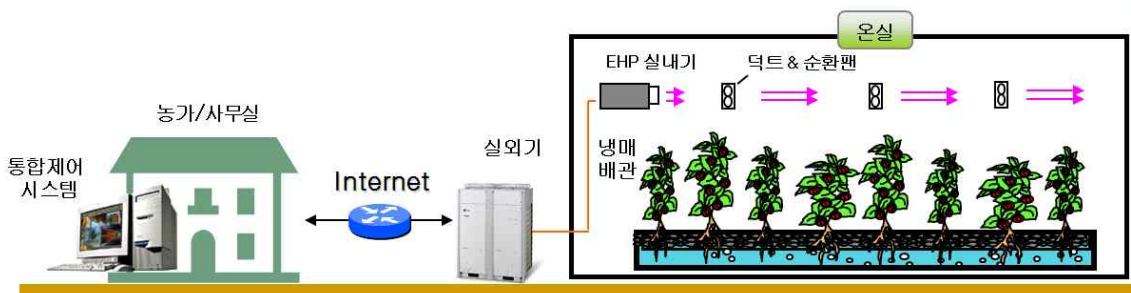


Fig. 20. 전체 시스템 개요도

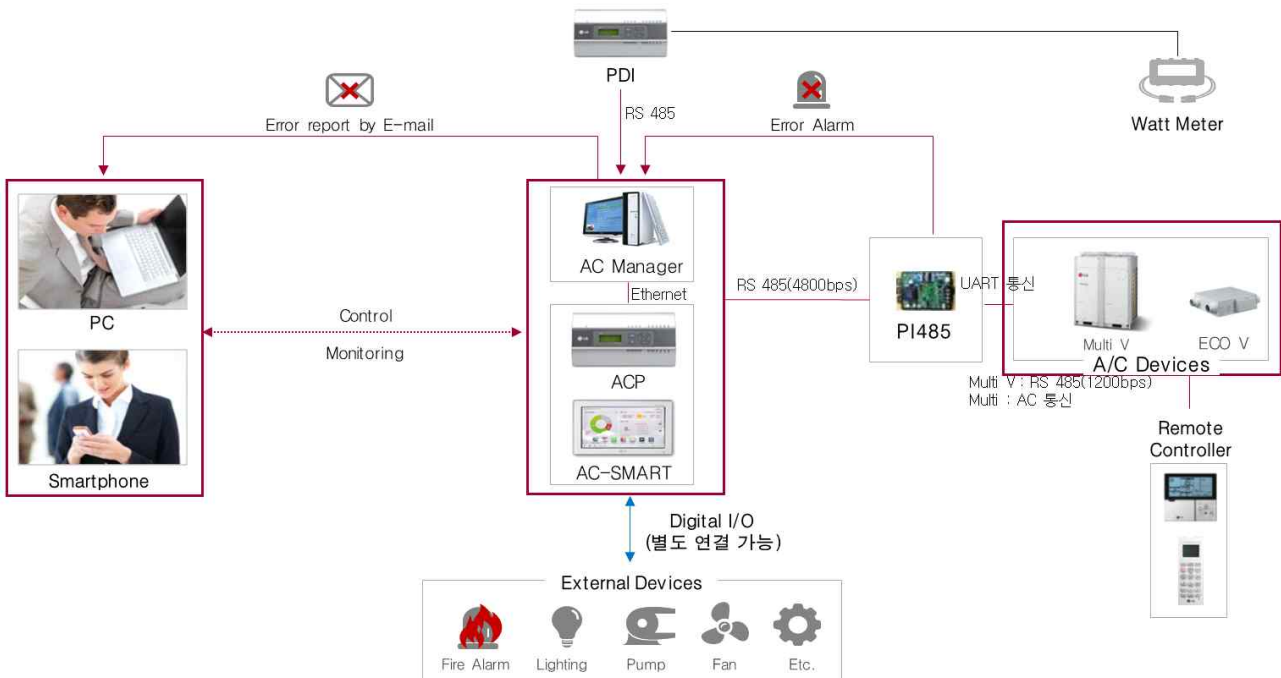


Fig. 21. 구체적 시스템 개요도

(2) AC Manager

(가) AC Manager(Air-Conditioning Manager)

: 인터넷을 통해 실내기를 최대 8,192대 모니터링 및 제어 가능 하며 전력량을 쉽게 관리, 감독이 가능하여 최소의 비용으로 최적의 조건을 구축하여 인삼 등의 농작물을 효율적으로 재배할 수 있도록 소프트웨어를 개발함

(나) 개발 및 구현한 AC Manager 기능

① 효율적 제어 : 다양한 제어 기능을 통한 관리 편의성 확보

- 냉난방 운전 History / Error History
 - ▶ 사용자의 냉난방 운전 성향 및 error의 내용, 빈도를 파악하여 문제점 분석 가능
- 제어/모니터링/통계
 - ▶ 연결된 장치들의 동작상태를 제어하거나 모니터링 가능하며, 냉난방기의 전력소비량을 표시하여 재배에 소요되는 투입비용을 사전에 파악 가능함

그룹이름	이름	운전정지	운전모드	최상온도	풍량	전체잠금	풍향	온도잠금	모드잠금	실내온도	하한온...	상한온도	비고
제어그룹1	AC_UNIT_00	○ 운전	냉방	18°C	피크	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹1	AC_UNIT_01	○ 운전	냉방	18°C	피크	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹1	AC_UNIT_02	○ 운전	냉방	18°C	피크	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹1	AC_UNIT_03	○ 운전	냉방	18°C	송풍	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹1	AC_UNIT_04	○ 운전	냉방	18°C	피크	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹2	AC_UNIT_10	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹2	AC_UNIT_11	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹2	AC_UNIT_12	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹2	AC_UNIT_13	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹2	AC_UNIT_14	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_20	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_21	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_22	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_23	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_24	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_25	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_26	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_27	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_28	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_29	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_2A	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	
제어그룹3	AC_UNIT_2B	○ 운전	냉방	18°C	냉방	~ 약	해...	정...	해...	23°C	16°C	30°C	

Fig. 22. 운영상태 모니터링 탭 화면

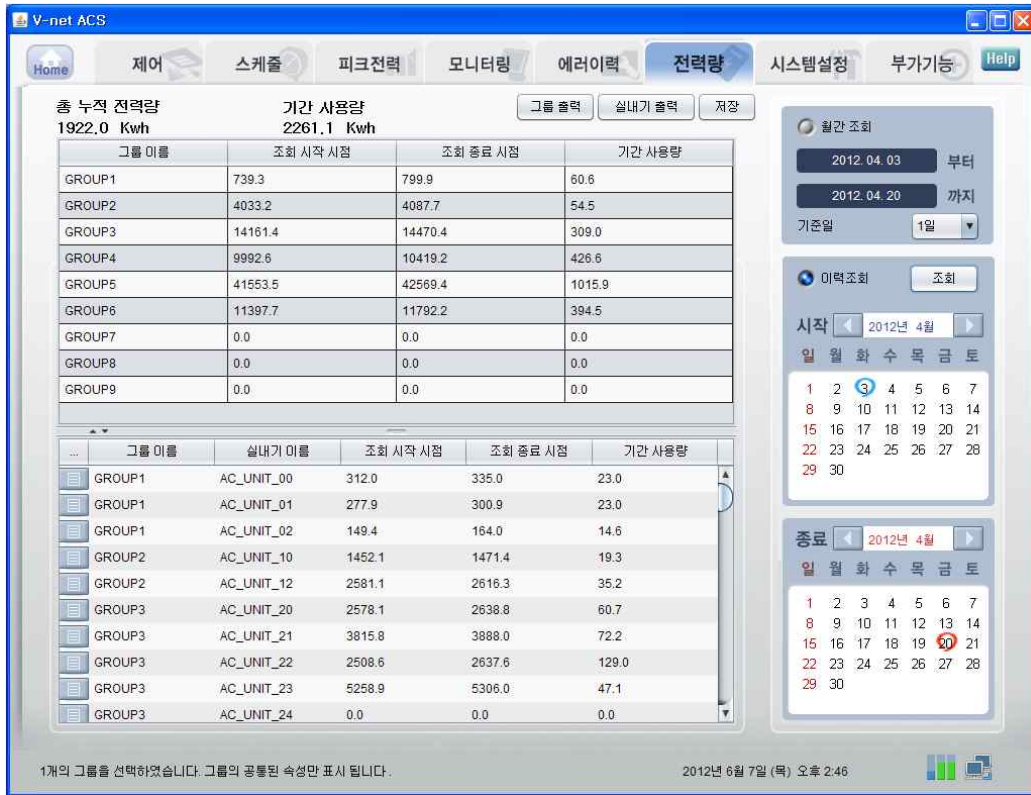


Fig. 23. 전력량 모니터링 탭 화면

- 희망 온도 설정 가능



Fig. 24. 제어 탭 화면

② 멀티 스케줄 제어 : 다중 스케줄 제어를 통해 관리의 편리성 향상

- 일간/주간/연간 또는 특정 기간의 스케줄 설정 가능
- 피크/디멘드 제어 가능
 - ▶ 냉난방기 전체의 운전율을 설정하여 에어컨 운전율이 설정값을 넘지 않도록 피크 운전율을 설정 가능함

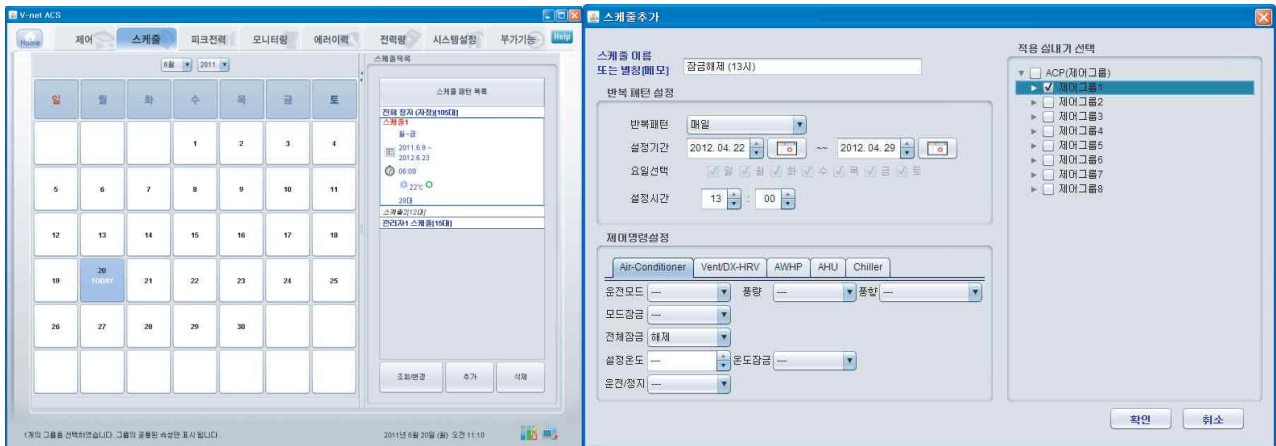


Fig. 25. 스케줄 탭 화면



Fig. 26. 피크전력 설정 화면

- ③ 보고서 & 이력관리 : 운전내역 및 에러 내역을 저장하여 유지관리 용이
 - 프린트, 저장 기능
 - ▶ 시스템 설정 정보, 현장 이력 정보, 사용자 정보, 전력 정보 등 주요 사항에 대한 Print 기능 지원 및 Data History Back-Up 가능토록 개발함

- ④ 외부 기기 연동기능 : 각종 기타기기 통합 제어 가능
 - 화재 경보 시스템, 펌프, 양액 모터, LED 등 각종 관리 필요 기기들의 제어 가능

다. 기대 효과

- 겨울철/여름철에 효과적 냉난방 원격 제어로 저온/고온 피해 방지
- 목표전력 제어 및 스케줄 제어 통한 인삼 등 작물 재배의 일정한 온습도 환경 조성 가능
- 전기사용량 상시 모니터링 통한 재배에 투입되는 전기료 절감(수익성 확대)
- 일반적으로 사용되는 보일러 대비 관리가 용이하며 CO₂ 배출량이 낮아 친환경 운영가능
- 경유 보일러를 사용하는 난방시스템 대비 냉난방비 70~80% 절감, 투자비 60%절감 가능
- 하우스 상태 및 기기 운영 현황을 원격으로 모니터링, 제어 가능하여 화재 및 고장 등 사고 발생 시 즉각 대응 가능(인삼 등 농작물 변질 예방)

제 3절 유기농 인삼재배용 하우스 시설 구축

1. 유기농 인삼재배를 위한 하우스 설계

가. 2010년 하우스 구조

- 몽골형 하우스 : 기본하우스 구조에 윗부분에 몽골을 설치, 몽골 1.2×30×1.2m
- 온도조절시스템 하우스 : 기본하우스 구조에 냉난방기(LG전자)를 설치
- T형 하우스 : 기본하우스 구조에 차광을 수평으로 설치
- 비닐하우스 내 온도조절은 출아 전 15℃, 출아 후에는 온도 감지센서로 25℃ 이상으로 상승할 경우 측창과 천창의 비닐을 자동으로 개폐하였다.



사진 19. 유기농 하우스 초기 시설

(좌) 몽골형, (가운데) 온도조절시스템 하우스, (우) T형

나. 초기 시설의 문제점 발생

- 고온기 하우스 온도 조절이 미흡
 - T형의 경우 차광이 덜 된 부위로 직사광선 유입
- 이러한 문제점을 해결하기 위해 2011년도 하우스 구조 변경 실시

2. 하우스 구조 1차, 2차, 3차 변경

가. 하우스 구조 1차 변경

(1) 몽골형 하우스에 포그(fog) 설치

- 차광망 위에 포그(fog)를 설치하여 하우스 내부기온이 30℃ 이상이 되면 작동(사진 20)
- 포그처리로 인해 기본형 하우스보다 몽골형 하우스의 내부 기온이 2~4℃ 낮음(Fig. 27)



사진 20. 하우스 외부에 포그 설치

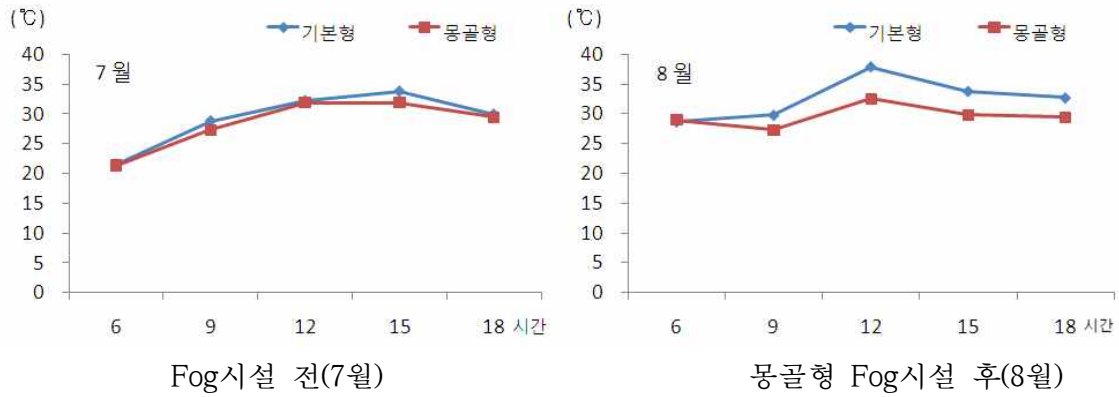


Fig. 27. 하우스 fog처리에 따른 온도 변화

(2) 몽골형 하우스 외형 구조 변경

- 고온기 하우스 온도를 낮추기 위해 몽골부분의 비닐을 제거하고 사진 22와 같이 하우스 바깥쪽에 프레임을 설치하여 차광망을 추가 설치함(사진 22)
- 아침의 직사광선 유입을 막기 위해 하우스 앞쪽에 차광망 설치(사진 23)

(3) 몽골형 하우스 시설 내 온도조절

- 하우스 내부 상층의 더운 공기를 빼내기 위해 팬(fan)을 설치(사진 24)
- 하우스 내부 천정 쪽에는 직사광선이 들어오는 부위에 차광망을 추가 설치



사진 21. 하우스 초기 모델 (변경 전)



사진 22. 몽골형 하우스 외부 프레임 추가 모델 (변경 후)



사진 23. 사진 앞쪽 차광망 설치



사진 24. 하우스 시설 내 fan 및 차광망 설치

(4) T형 하우스 구조 변경

- 직사광선이 들어오는 것을 막기 위해 앞과 옆 차광시설을 위쪽으로 1m 정도 올림(사진 25~26)

(5) 3단 포트시설에서 2단 베드시설로 변경

- 초기 3단 포트시설 재배에서 생육조사결과 1층에 광의 부족으로 생육이 불량하여 기존의 3층 구조에서 2층을 비우고 2단 베드시설로 변경(사진 27~28)
- 2단 베드시설은 1층은 베드재배로 기존의 1,2층 포트재배와 동일한 수량을 재배할 수 있으며, 2층은 비우고 3층에 포트재배로 실시(사진 28)



사진 25. 기본형 하우스 차광시설 변경 전



사진 26. 기본형 하우스 차광시설 변경 후



사진 27. 3단 포트재배 시설 (변경 전)



사진 28. 2단 베드시설 (변경 후)

나. 하우스 구조 2차 변경

(1) 앞뒤 비닐 제거 (철망작업 2012. 5. 11)

- 고온기 온도를 더 낮추기 위하여 앞뒤의 비닐을 제거 한 후 철망 설치(사진 29~30)
- 앞뒤로 바람이 통과하여 하우스 온도를 1~2°C 낮춤

(2) 온도 및 광량 측정

하우스 내부의 온도는 Thermo Recorder(T&D CO.)로 30분 간격으로 자동 기록되도록 설정하여 조사하였다. 광량의 변화는 LI-1400(LI-COR)을 이용하여 내부 유입 광량을 30분마다 기록하였으며, 하우스 내부를 9군데로 나누어 2개월 간격으로 1회 오전 7시부터 오후5시까지 매시 광량을 측정하여 인삼 생육 기간 동안 태양 궤도변화에 따른 하우스 내부의 위치별 광량변화를 조사하였다(Fig. 28).

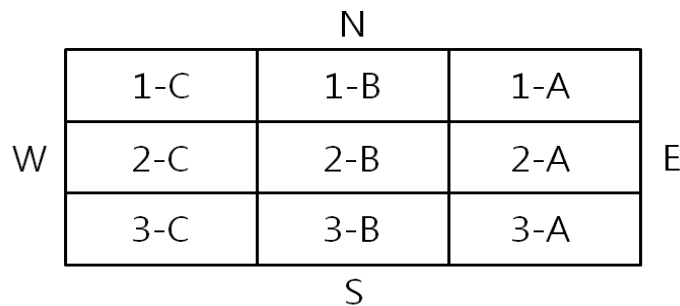


Fig. 28. The nine location of inner area of plastic house for the intensity of radiation.

(3) 하우스내의 온도 및 광량

유기농 인삼 재배용 하우스의 3월부터 9월까지의 평균 온도 변화율은 Fig. 29와 같다. 하우스 내부의 평균기온 변화율은 3월부터 7월 중순경까지는 -5.3~25.7°C로 외부온도의 -4.3~22.5°C와 비슷한 수준으로 유지가 되었으며, 이후 9월말까지 하우스 내의 온도는 19.2~26.2°C로 외부평균온도인 19.8~32.3°C 보다 낮은 온도로 유지되었고, 인삼의 생육에 피해를 줄만큼의 고온은 형성되지 않았다. 이는 하우스의 내부 기류 순환 장치 및 구조가 효과가 있는 것으로 판단된다.

하우스 내부 광량의 월별 변화율은 Fig. 30과 같다. 2중 차광망을 설치하기 전의 3월중 광량은 최소 0.155 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 이었으나, 최대 광량이 유입되는 오후1시경에는 67.69 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 까지 상승하였다. 4월부터는 2중 차광망을 설치하여 제어한 결과 광량의 최고치가 40 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 을 넘지 않았으며, 3월부터 9월까지 평균 하우스 내부 유입광량은 1.637~44.77 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 의 범위였다. 2중 차광망 설치전인 3월과 인삼이 낙엽지고 차광망을 제거한 9월의 광량에 의해 평균치가 상승하였으나(Fig. 31), 이 범위는 외부 광량의 유입을 최대 2.5%수준까지 조절이 가능하여 인삼의 생육에 필요한 광량의 적절한 제어가 가능하다고 판단된다.

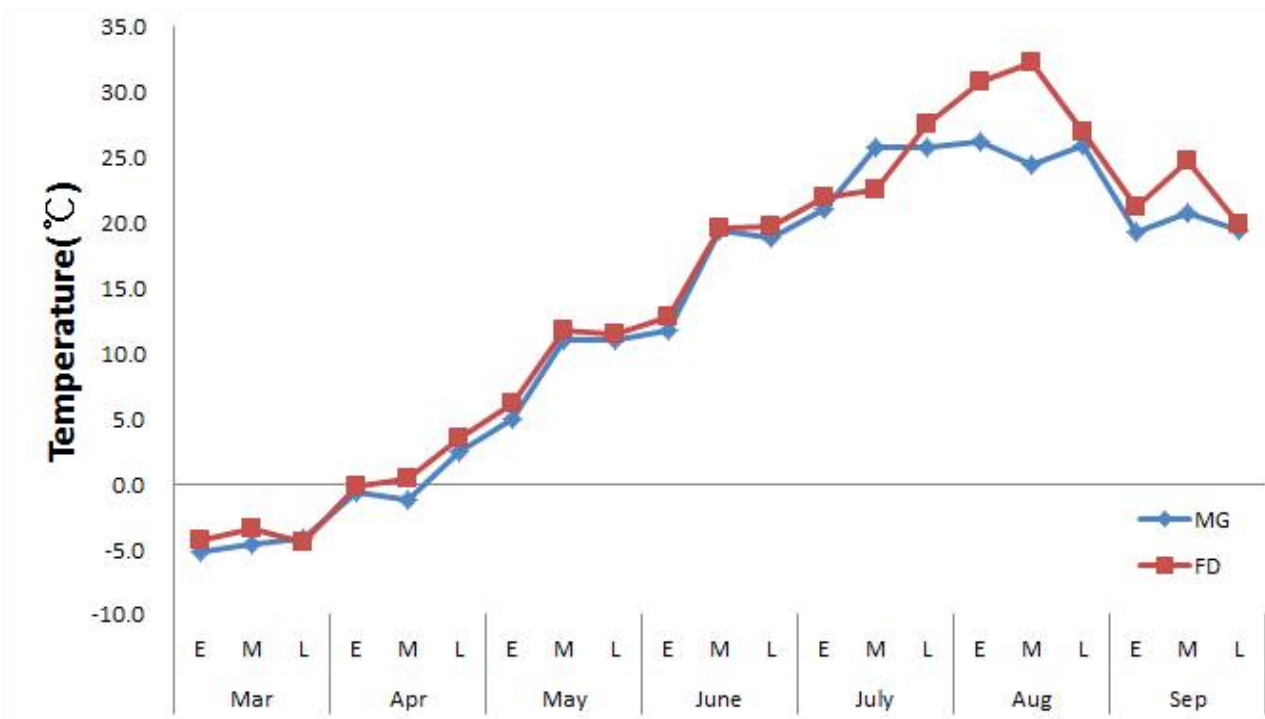


Fig. 29. Average temperature monthly change in plastic house.

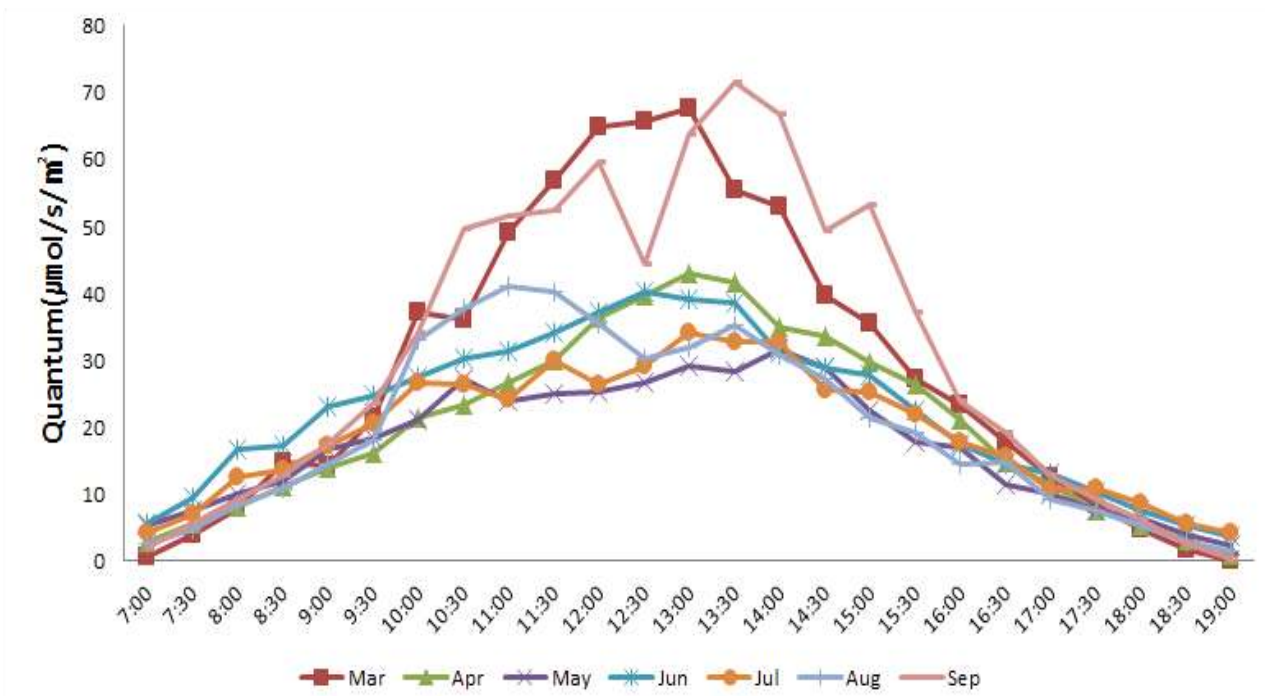


Fig. 30. Comparison of monthly quantum in the plastic house.

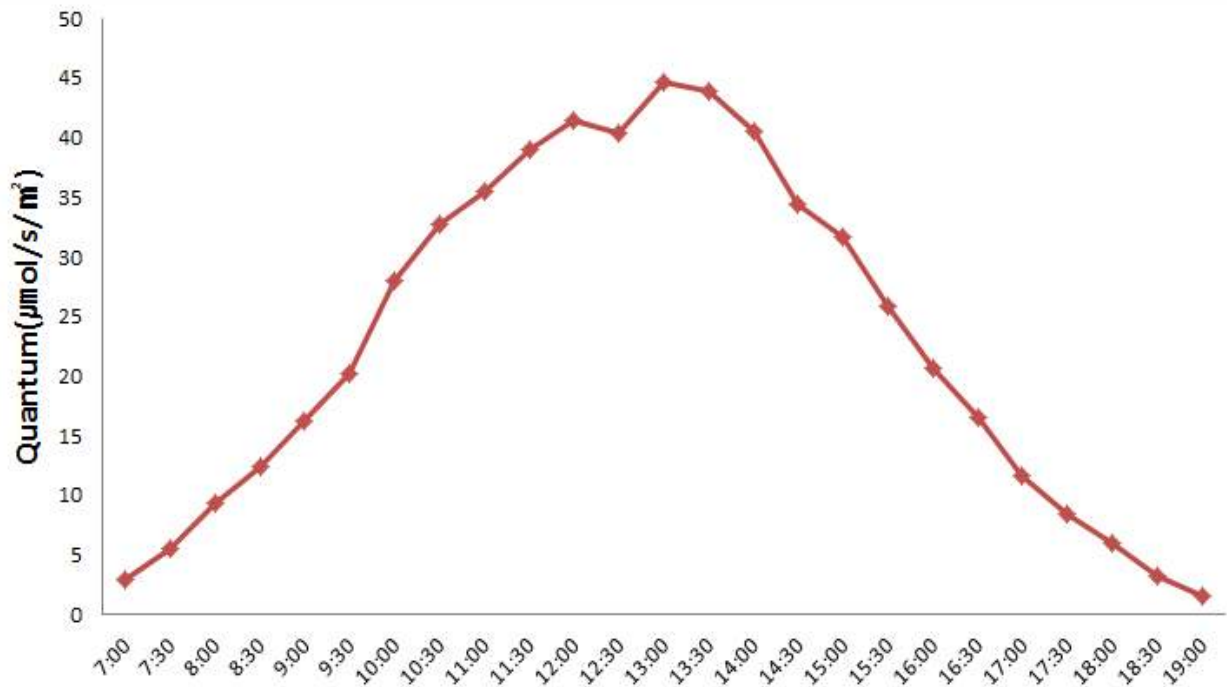


Fig. 31. Average of quantum in the plastic house during day.

또한 하우스의 위치별 광량을 측정한 결과는 Fig. 32 및 Table 29와 같다. 하우스 내부를 9군데로 분획하여 광량을 측정한 결과 1, 2Line의 광량은 최고 광량이 $60.57\mu\text{mol/s/m}^2$ 로 비교적 안정적인 수치를 보였으나 3Line의 유입 광량은 최대 $95.75\mu\text{mol/s/m}^2$ 로, 인삼의 최적광량은 외부 광량의 9~18%수준이 절적하다 밝혀진바 있으며, 묘삼은 생육환경에 굉장히 민감하여 쉽게 생육장애가 발생하므로, 묘삼에 생육불량을 초래할 우려가 있어 3Line의 유입광량 제어를 위한 추가 대책이 필요하다 판단되며, 하우스 내부의 온도가 상승함에 따라 더 낮은 수준의 광량이 유입을 위한 제어가 필요하다 사료된다.

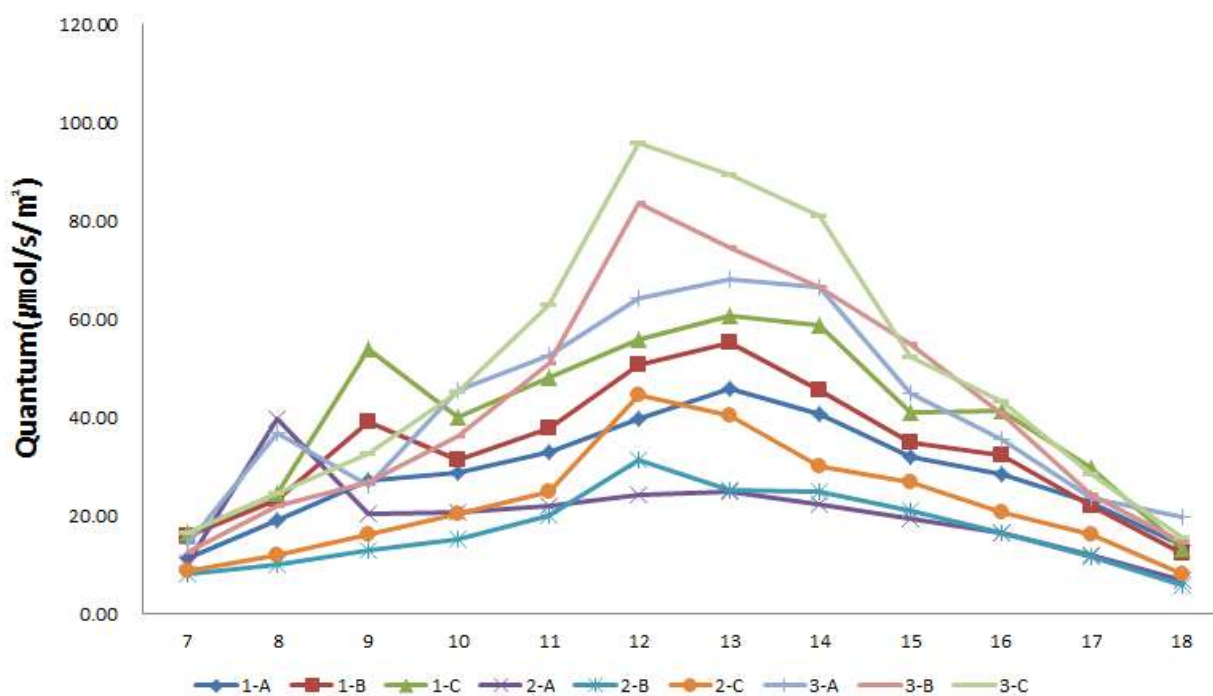


Fig. 32. Comparison of quantum by division inner area in plastic house.

Table 29. Change of quantum by division inner area in plastic house

Time (hr)	Quantum(µmol/s/m ²)									Field
	1-A ^{a)}	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
7	11.24	15.90	16.42	10.25	8.19	8.71	14.26	12.53	16.41	465.5
8	19.19	23.25	24.46	39.75	10.07	12.10	36.85	22.06	24.68	638.5
9	26.96	39.08	53.97	20.30	12.96	15.99	26.02	26.91	32.51	998.1
10	28.61	31.39	40.08	20.64	15.02	20.45	45.50	36.21	45.11	1382
11	33.05	37.93	48.26	21.83	20.17	24.99	52.50	51.11	63.04	1496
12	39.80	50.80	55.76	24.09	31.21	44.52	64.19	83.51	95.75	1612
13	45.99	55.35	60.57	24.81	25.08	40.22	68.17	74.51	89.35	1618
14	40.78	45.55	58.79	22.12	24.89	29.92	66.36	66.57	80.97	1552
15	31.83	34.82	40.90	19.45	21.07	26.71	44.92	54.75	52.35	1345
16	28.57	32.24	41.38	16.62	16.32	20.53	35.63	40.72	43.26	1111
17	22.68	21.88	29.78	11.83	11.69	16.19	23.54	24.11	28.37	809.9
18	13.89	12.29	13.28	6.77	5.74	8.08	19.63	14.47	15.41	427.9

^{a)} see fig. 28 for check division area



사진 29. 몽골형 하우스 앞뒤 비닐제거



사진 30. 기본형 하우스 앞뒤 비닐제거

다. 하우스 구조 3차 변경

(1) 하우스의 청색면과 백색면을 갖은 비닐 교체 (2013년도)

- 인삼재배에 알맞은 광량을 조사할 수 있는 청색면과 백색면의 비닐로 교체하였다(사진 31~32).
- 빛을 반사시켜 고온이 되지 않도록 한다.

(2) 하우스의 온도 및 광량에 미치는 영향을 조사 예정

(3) 인삼의 생육 및 ginsenoside 함량에 미치는 영향 조사 예정



사진 31. 온도제어시스템 하우스 청색 비닐 교체



사진 32. 기본형 하우스 청색 비닐 교체

(4) 측면 광 차단을 위해 하우스와 하우스를 연결하여 차광망 설치 (사진 33)

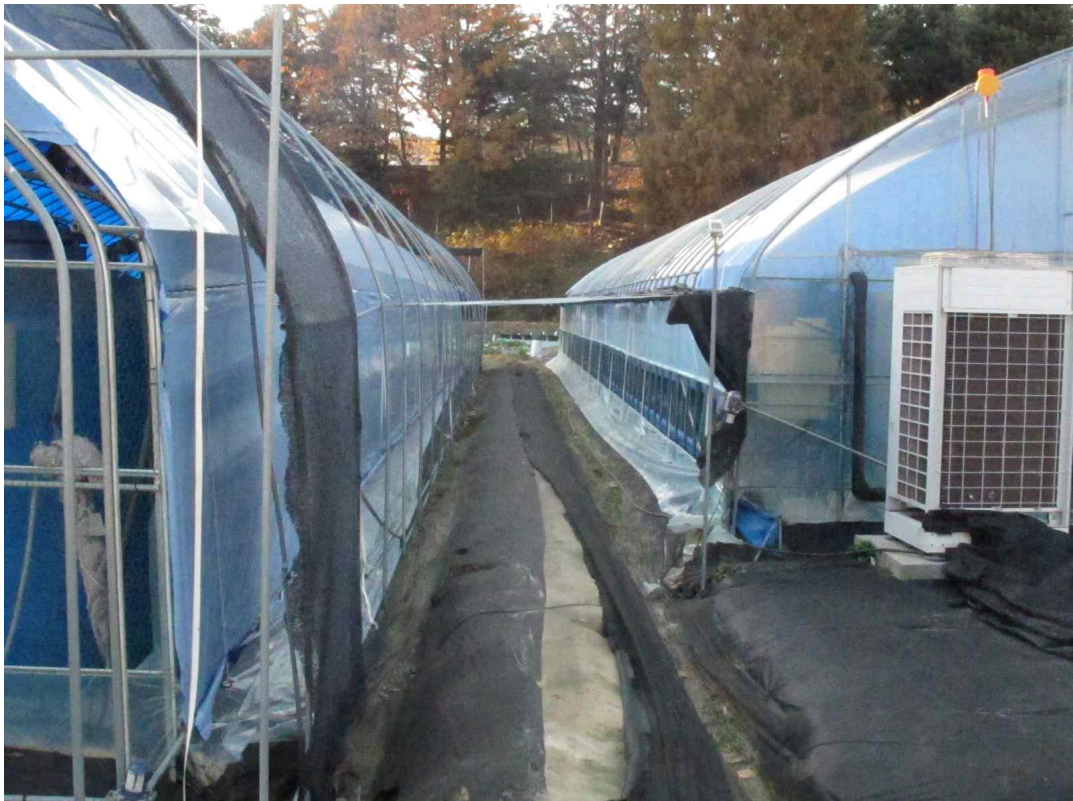




사진 33. 하우스 측면 광 차단을 위해 하우스 간 차광시설 설치

3. 유기농 인삼 재배 하우스의 설계

가. “ㄱ”자형 하우스

- “ㄱ”자형 하우스의 설계는 인삼 재배 하우스의 방향을 설정하고, 계절별 태양의 위치에 따라 전방, 후방, 좌측, 우측 및 천정에 설치된 차광막의 개폐 정도 및 시간 조절, 온도 및 강우에 따라 비닐막 개폐를 조절할 수 있도록 2중 하우스로 구성된 유기농 인삼 재배 하우스이다.
- 도 1은 유기농 인삼 재배 하우스의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 2는 도 1에 나타난 유기농 인삼 재배 하우스의 안쪽 하우스 본체의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- “ㄱ”자형 유기농 인삼 재배 하우스는 크게 나누어 복수의 파이프가 체결되어 하우스 형태로 이루어지는 하우스와 하우스 본체를 직사각형 형태로 둘러싸도록 복수의 파이프가 체결되는 하우스로 외부에 설치되는 설치프레임 및 설치프레임에 설치되는 차광막 및 하우스 본체에 설치되는 비닐막을 포함하여 구성되어 있다.
- 구체적으로는 “ㄱ”자형 하우스 본체는 도 1에 나타난 바와 같이 복수의 파이프를 체결하여 하우스 형태로 형성되며 설치프레임은 마찬가지로 복수의 파이프를 체결하여 하우스

본체를 둘러싸듯이 형성된다. 즉 유기농 인삼 재배 하우스는 비닐막(140)을 포함하여 비닐 하우스 형태로 형성되는 하우스 본체와 차광막(130)이 설치되는 설치프레임의 2중 구조로 이루어지는 것을 특징으로 하는 것이다.

- 도 2의 하우스 본체의 양 측면과 천장면에는 빗물 등의 침투를 방지하고 인삼의 생육에 적절한 습도 및 온도 유지를 위해 측면비닐막 및 천장비닐막이 각각 설치된다.
- 측면비닐막 및 천장비닐막은 각각 측면비닐막 제어바(143) 및 천장비닐막 제어바(140)에 감기듯이 설치되어 측면비닐막 제어바 및 천장비닐막 제어바의 일단에 설치된 측면비닐막 개폐수단(144) 및 천장비닐막 개폐수단(141)에 의해 각각의 제어바(142, 145)를 회전시킴에 따라 자동으로 개폐 가능한 동시에 개폐 면적도 용이하게 조절 가능하도록 구성될 수 있다.
- 또한, 측면비닐막 개폐수단 및 천장비닐막 개폐수단은 모터와 기어 등의 구동수단을 이용하여 구성될 수 있으며, 도 1에 있어서, 각각 측면비닐막 개폐수단 지지대(145) 및 천장비닐막 개폐수단 지지대(142)에 의해 지지되어 있다.
- “ㄱ” 자형 하우스의 비닐막의 개폐는 하우스 본체에 설치된 제어부(147)에 의해 제어되며, 제어부는 하우스 내부의 적절한 위치에 설치된 온도센서, 습도센서, 강우센서, 광센서 등의 각종 센서 및 타이머 등에 의해 온도, 습도, 일조량, 비나 눈 등의 기후 조건 및 현재 시간 등의 정보를 수신하여, 미리 설정된 온도 및 습도 범위나 정해진 시간대 등의 설정조건에 따라 자동으로 비닐막의 개폐를 조절하도록 구성될 수 있다.
- 또한, “ㄱ” 자형 유기농 인삼 재배 하우스는 도 2에 나타난 바와 같이 전면과 후면에도 비닐막이 설치될 수 있으며 전면 및 후면의 비닐막은 개폐 수단을 구비하지 않도록 구성될 수도 있다.
- “ㄱ” 자형 유기농 인삼 재배 하우스는 도 1에 나타난 바와 같이 우적감지센서(146)를 설치하여 맑은 날에는 비닐막을 개방하고 우천시에는 비닐막을 닫도록 설정함으로써 특별한 관리가 필요 없이 수시로 변화하는 날씨에도 유연하게 대처할 수 있다. 또한, “ㄱ” 자형 유기농 인삼 재배 하우스는 도 1에 나타난 바와 같이 햇빛을 차단하기 위한 차광막(130)이 자동으로 개폐 가능하도록 설치되어 있다. 차광막은, 전면차광막(134), 후면차광막(137), 측면차광막(132) 및 천장차광막(130)으로 구성되고, 각각 전면차광막 개폐수단(135), 후면차광막 개폐수단(138), 측면차광막 개폐수단(133) 및 천장차광막 개폐수단(131)에 의해 자동으로 개폐되도록 구성될 수 있다.
- 각각의 차광막(134, 137, 132, 130)의 구체적인 개폐동작은 각각의 개폐수단(138, 133, 135, 138)은 비닐막과 마찬가지로 각자 지지대를 통하여 지지되도록 구성되었다.
- 따라서 차광막과 비닐막은 설정온도나 설정시간 및 강의 등에 의하여 자동적으로 개폐되도록 구성됨으로써 기온이 높고 일조량이 많은 여름철에는 낮시간 동안 차광막(130)을 펼쳐서 햇빛을 가리고 천장, 측면 및 전후면의 비닐막은 개방하여 온도 및 습도를 조절하고, 또한, 기온이 낮고 일조량도 적은 겨울철에는 차광막을 걷어서 광량을 조절하고 비닐막은 항상 덮도록 조절하도록 설정하는 등으로 계절이나 날씨가 변할 때마다 차광막이나 비닐막

을 사람이 일일이 조작할 필요 없이 하우스 본체 내의 환경을 항상 적절하게 유지하도록 하였다.

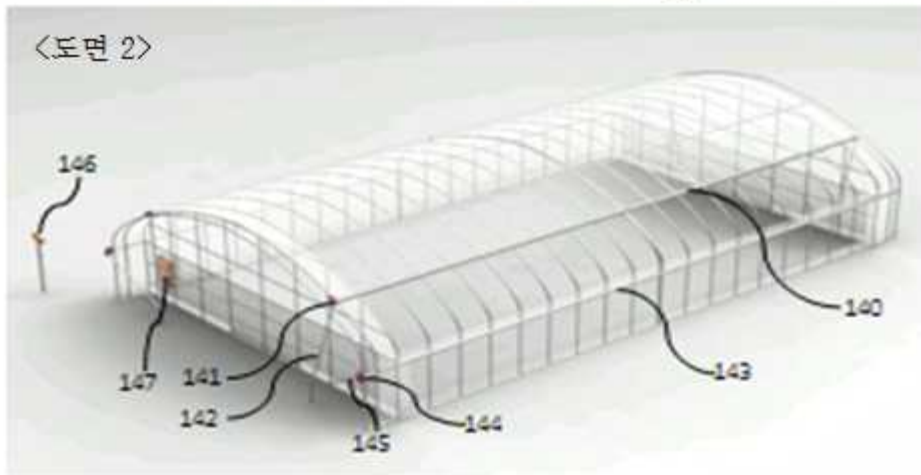
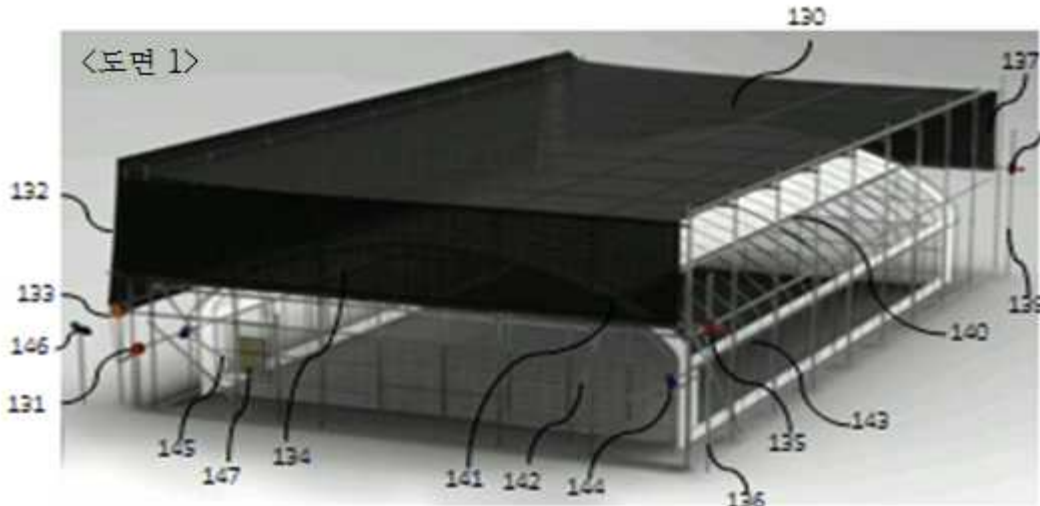
- 아울러 “ㄱ” 자형 유기농 인삼 재배 하우스는 비닐막 및 차광막이 자동으로 개폐되는 기능과 함께 필요에 따라 선택적으로 개폐를 임의로 조절 가능하도록 수동으로 개폐되는 기능을 동시에 가지도록 구성하였다.

나. “몽골형” 하우스

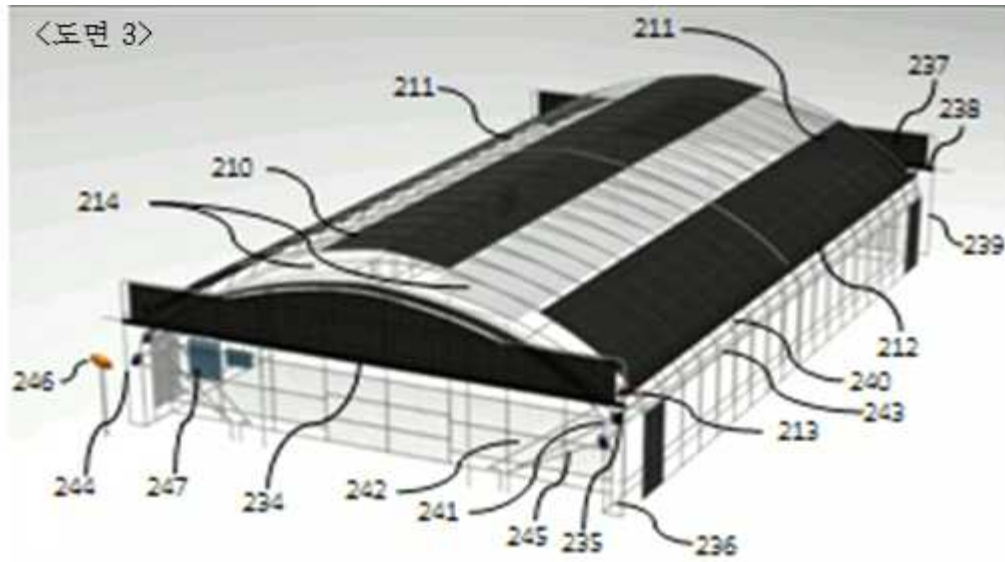
- 도 3은 “몽골형” 하우스의 전체적인 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 유기농 인삼재배 하우스는 2중 하우스로 구성되어, 바깥쪽 하우스에는 환기 및 광량을 조절하기 위한 부분을 제외하고 차광막을 설치하고, 안쪽 하우스에는 환기를 위한 공간을 제외하고 빗물을 방지하기 위한 비닐막을 설치하는 동시에, 바깥쪽 하우스의 환기 및 광량을 조절하기 위한 조절구에서 비치는 광을 막기 위한 차광막을 부분적으로 설치함으로써 광량 조절 및 온도 조절기능을 개선하였다.
- 바깥쪽 하우스의 앞면과 뒷면에 태양의 직사광선을 막기 위한 차광막(237) 및 직사광선이 들어오지 않을 때는 차광막을 걷어올리는 자동 개폐장치(213)가 설치되고, 안쪽 하우스에는 빗물이 들어오지 않도록 하기 위한 비닐막 및 비가 오지 않을 때는 비닐막을 개방하고 비가 오면 센서의 감지신호에 의하여 자동으로 비닐막을 덮도록 하는 자동 개폐수단(244)을 구비하였다.
- “몽골형” 유기농 인삼재배 하우스의 비닐막은 하우스 본체의 양 측면에 설치되는 측면 비닐 막 및 하우스 본체의 천장면에 설치되는 천장비닐막을 포함한다. 또한, 하우스 본체의 측면에 설치되어 측면 비닐막이 설치되는 측면비닐막 제어바(243), 하우스 본체의 천장면에 설치되어 천장비닐막이 설치되는 천장비닐막 제어바(242), 측면비닐막의 개폐를 조절하는 측면비닐막 개폐수단(244) 및 천정비닐막의 개폐를 조절하는 천장비닐막 개폐수단(241)을 더 포함 한다.
- 차광막은 설치프레임의 전면에 설치되는 전면차광막(234), 설치프레임의 후면에 설치되는 후면차광막(237), 설치프레임의 측면에 설치되는 측면차광막(211) 및 설치프레임의 천장면에 설치되는 천장차광막(211)을 포함한다.
- 설치프레임은 전면에 차광막이 설치되는 전면차광막 제어바(236), 설치프레임의 후면에 설치되어 후면차광막이 설치되는 후면차광막 제어바(239), 설치프레임의 측면에 설치되어 상기 측면차광막이 설치되는 측면차광막 제어바(245), 설치프레임의 천장면에 설치되어 상기 천장차광막이 설치되는 천장차광막 제어바(242), 전면차광막의 개폐를 조절하는 전면차광막 개폐수단(235), 후면차광막의 개폐를 조절하는 후면차광막 개폐 수단(238), 측면차광막의 개폐를 조절하는 측면차광막 개폐수단(244) 및 천장차광 막의 개폐를 조절하는 천장차광막 개폐수단(241)을 더 포함하여 구성된다.
- 측면비닐막 개폐수단, 천장비닐막 개폐수단, 전면차광막 개폐수단, 후면차광막 개폐수단,

측면차광막 개폐수단 및 천장차광막 개폐수단의 개폐동작을 각각 자동으로 제어하는 제어부(247)를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- 제어부는 하우스 본체 또는 외부에 설치된 온도센서, 광센서, 강우센서 및 타이머를 포함하는 센서부에 의해 온도, 습도, 일조량, 날씨, 현재시간을 포함하는 정보를 수신하여, 미리 설정된 온도, 일조량, 시간대 및 기후조건을 포함하는 환경설정 조건에 따라 상기 비닐막 및 상기 차광막의 개폐를 자동으로 조절하도록 구성된 것을 특징으로 한다.



- 130 : 천장차광막
- 131 : 천장차광막 개폐기
- 132 : 측면차광막
- 133 : 측면차광막 개폐기
- 134 : 측면차광막
- 135 : 측면차광막 자동 개폐기
- 136 : 측면차광막 자동 개폐기 지지대
- 137 : 측면차광막
- 138 : 측면차광막 자동 개폐기
- 139 : 측면차광막 자동 개폐기 지지대
- 140 : 천장비닐 control bar
- 141 : 천장비닐 자동개폐기
- 142 : 천장비닐 자동개폐기 지지대
- 143 : 측면비닐 control bar
- 144 : 측면비닐 자동개폐기
- 145 : 측면비닐 자동개폐기 지지대
- 146 : 우직감지센서
- 147 : Control Box



- 210 : 천장 중앙 차광막
- 211 : 측면 차광막
- 212 : 측면 차광막 Control Bar
- 213 : 측면 차광막 개폐기
- 214 : 내부 천장 차광막
- 234 : 전면 차광막
- 235 : 전면 차광막 자동 개폐기
- 236 : 전면 차광막 자동 개폐기 지지대
- 237 : 후면 차광막
- 238 : 후면 차광막 자동 개폐기
- 239 : 후면 차광막 자동 개폐기 지지대
- 240 : 천장비닐 control bar
- 241 : 천장비닐 자동개폐기
- 242 : 천장비닐 자동개폐기 지지대
- 243 : 측면비닐 control bar
- 244 : 측면비닐 자동개폐기
- 245 : 측면비닐 자동개폐기 지지대
- 246 : 우점감지센서
- 247 : Control Box

제 4절 유기농 인삼의 경제성 분석

관행 인삼의 생산량, 가격, 경영비, 농가소득은 농축산물 소득 자료집을 (RDA, 2011)을 참고 하였으며 유기농 인삼의 생산량 및 가격은 농촌진흥청에서 발간한 『용기 있는 사람들의 유기농 인삼 개척기』 및 『인삼제품 소비성향 조사 및 분석』 (2011)를 이용하였다. 경영비는 농가 조사와 실험에 수행된 내용과 유기농 인삼의 생육특성 및 경제성 분석(Lim, 2011)을 참고하여 분석하였으며, 상토를 이용한 유기농 인삼재배에서 가격과 수량은 수익성에 큰 영향을 미치는 요소로 가격과 수량의 변동에 따른 수익성 검토를 실시하였다.

1. 생산량 및 가격

상토를 이용한 유기농 인삼 재배시 적정 수량 및 가격을 알기 위해 우선 현재 유통되고 있는 유기농 인삼 및 관행재배의 가격에 대하여 알아보았다. 현재 유통되고 있는 유기농 인삼의 생산량 및 가격에 대한 통계자료가 없고 또한 기상 및 농업인의 재배 기술 차이에 따라 수량의 편차가 큰 관계로 농촌진흥청에서 발간한 『용기 있는 사람들의 유기농 인삼 개척기』 자료와 『인삼 제품 소비성향 조사 및 분석』 자료를 활용하여 평균 생산량을 추정하였으며 가격은 현재 수매되고 있는 가격을 조사하여 작성하였다.

또한 관행 4년 1기작 생산량 및 가격은 농촌진흥청에서 발간하는 『2011 농축산물 소득 자료집』을 참고하여 작성 하였다.

현재 유기농재배에서 생산량은 관행재배에 비해 10a당 1/2 수준으로 306. 5kg이며 가격은 kg 당 49,860원으로 2.3배 정도 높게 받고 있는 것으로 나타났으며 그 내용은 아래 Table 30과 같다.

Table 30. Comparison of ginseng yield and price between organic ginseng and conventional cultivation methods.

(Unit : 10a, A mechanism of four years)

Division	Conventional cultivation(a)	Organic cultivation(b)	b/a
Yield(kg)	613	306.5	0.5
Price (won/kg)	22,007	49,860(won/kg)	2.3

2. 경영비

2011년 4년근 1기작 기준으로 전국평균 인삼 10a 당 조수입은 13,537,208원이며, 경영비는 5,769,359원으로 소득은 7,767,359원이다(2011년 농축산물 소득자료 자료집). 상토를 이용한 유기농 인삼 재배에 대한 경영비 산출을 위하여 현재 상토를 이용하여 재배하고 있는 충북 보은 농가의 면접 조사와 『'09 농업과학기술개발 경제성분석 방법 및 사례』(RDA, 2009)의 인삼 비가림 하우스 재배기술 고정 자본재 관련부문 경제성 분석과 『2011년 농축산물 소득 자료집』 및 『농산물 소득조사 분석방법』(농촌진흥청, 2012)을 참고하였다.

종묘비는 표준소득 자료집의 묘삼 비용을 인용하였으며, 유기질 비료비는 농가에서 현재 사용하고 있는 친환경 비료비로 계산하였고, 제재료비는 인공모판의 상토비 13,200,000원(6,000원*2,200포)으로 관행재배 대비 10배 정도 더 투입되는 것으로 나타났다.

광열동력비는 관행에 비해 소득을 하지 않는 관계로 1/10 수준으로 하였고, 수리비, 수선비, 기타요금, 농기계 시설임차료, 고용 노력비는 관행재배와 동일하게 했으며, 무기질 비료비, 농약비, 토지임차료, 위탁 영농비는 투입되지 않는 것으로 가정하였다.

10a당 영농시설 삼각비는 시설하우스 및 내부 인공모판 시설비로서 하우스 모형은 충남대학교 부속농장의 기본형 하우스와 규격이 비슷하면서 현재 농가에서 벼 육묘장으로 많이 활용하는 8.2m×41m×4m 3동 기준으로 하여 3,780,000원 [7,000,000원×3동×0.9%(잔존가치)/15년(내구연한)×3년(묘삼 식재에 따른 작목부담률)] 을 산출하였다. 단 시설하우스 내구 연한은 타 시설 작목에 비하여 손실 부분이 적은 관계로 15년으로 가정 하였으며 상토를 이용하여 유기농으로 재배할 경우 4년근을 기준으로 한 10당 경영비 산출내역은 Table 31과 같다.

3. 유기농 인삼 가격 및 수량의 변화에 따른 소득 민감도

상토를 이용하여 유기농 인삼을 수확한 적이 없기 때문에 가격과 수량의 변동에 따른 수익성 검토를 실시하였다. 유기농 인삼재배를 몇 년에 1기작으로 할 것인가를 고려해야 함은 물론 얼마만큼의 수량과 가격이 농가에 도움이 되는지를 추정하고자 Table 31에서 산출된 경영비 19,713,558원을 이용하여 유기농 인삼의 가격 및 수량에 대한 수익성 민감도 분석을 4년 1기작을 기준으로 실시하였다.

단 추정된 경영비는 수량의 증감에 따라 변동비는 없는 것으로 한정 하였으며 그 내용은 Table 32와 같다.

상토를 이용한 유기농 인삼재배를 위해 현재 비닐하우스를 새로이 투자해서 기존 관행재배와 비슷한 10a당 8백만원의 소득을 올리려면 최소한 수량은 400kg/10a 이상과 70,000원/kg 가격이 필요한 것으로 나타났으며 400kg/10a 생산량에서 가격이 현재 수매되고 있는 유기농 인삼의 가격 5만원에 판매 된다면 소득은 286천원까지 하락한 것으로 나타났다.

또한 상토를 이용한 유기농 인삼재배를 위하여 하우스(8.2m×41m×4m 3동 기준) 초기 시설 비용 21,000,000원을 투자하여 관행재배와 비슷한 정도의 소득을 얻기 위해서는 550kg/10a의 수량과 75,000원/kg의 가격 또는 500kg/10a의 수량과 80,000원/kg이상 가격 정도가 필요한 것으로

사료 된다. 따라서 상토를 이용한 유기농 시설 인삼 재배기술을 농가에 보급하기 위해서는 현재 관행재배에서 생산되는 평균수량과 비슷한 수량 550kg/10a 이상을 생산할 수 있는 표준 재배 기술 개발과 유기농 인삼이 kg당 75,000원 이상의 값을 받을 수 있는 차별화된 마케팅 전략 및 유통체계 확립이 필요한 것으로 사료된다.

그러나 유기농 하우스재배 상토의 원가 절감이 된다면 경제성은 충분하다고 판단된다. 상토의 원가절감 방법으로는 저렴한 재료의 개발이나 묘삼의 생산 후에 상토의 재활용 방법이 있을 것이다. 국내에서는 변 등(2011)이 대목용 배지로 사용한 상토의 이화학적 특성이 새 상토에 비해 물리상, 무기이온의 흡수능력, 묘소질 등이 불량하여 상토의 재활용을 위해서는 물리상 개선이 필요하다고 하였다. 변 등(2012)은 이화학적 특성, 묘소질을 고려 할 때 펠라이트의 적정 혼합비율은 공정묘 육묘로 사용된 상토에는 20%, 새 상토와 재활용 상토를 1:1(v:v)로 혼합한 상토에서는 10%가 적당하다고 하였다.

따라서 상토의 재활용을 위해서는 묘삼생산 후에 버려지는 상토와 펠라이트의 적정 혼합비율을 구명할 목적으로 혼합비율에 따른 상토의 이화학적 특성과 묘소질에 미치는 영향 등의 조사가 필요하다고 생각된다.

신과 정(2000)은 페코이어(75%)+펠라이트(25%)의 처리에서 페추니아와 팬지의 생육이 양호하였고, 폐배지보다 페코이어가 혼합된 배지의 이화학적성이 더 우수하고 생육도 양호하다고 하였다. 이상의 결과로 볼 때 폐배지의 이용시에는 펠라이트나 입상압면을 혼합하는 것이 좋다고 하였다. 박 등(2003)은 재활용 폐압면과 피트모그를 1:2(v/v)로 혼합한 구에서 오이와 토마토 모두에서 묘의 생육이 가장 좋았다고 하였다.

인삼 재배용 상토의 재료는 피트모스, 코코피트와 같은 유기성 재료와 펠라이트, 버미큘라이트와 같은 무기성 재료가 주로 사용하고 있으며(Choi 등) 이 중 피트모스와 코코피트는 전량 수입에 의존하고 있다. 유기농 인삼재배용 상토는 2차적인 시비가 없이 장기간 육묘를 해야하므로 인삼생육에 필요한 영양분이 충분하고, 작업의 편리성, 균질성, 보습성 등이 좋아야 할 것이다.

유기농 인삼 육묘과정에서 묘삼원가의 상당부분을 상토가 차지하므로 경영합리화를 위해서는 상토의 원가를 절감하여야 한다. 그러므로 인삼의 묘삼육묘로 사용되는 상토는 경영비 절감의 차원에서 1회 사용한 상토를 재활용할 필요가 있다. 그러나 사용된 상토는 물리성과 화학성의 변화 및 병 발생 위험성도 있으므로 이를 위한 개선이 필요하다. 병원균의 사멸을 위해서는 증기소독 등이 필요하나 소독에 따른 이화학적 특성의 변화도 검토되어야 할 것이다.

Table 31. Comparison of agricultural expenditures per 10a between organic and conventional cultivation by bed soil substrates.

(Unit : Won, A mechanism of four years)

Details		Conventional cultivation(a)	Organic cultivation(b)	(b/a)
Agricultural expenditures	Seeds costs	497,659	1,218,564	
	Mineral fertilizers costs	117,818	0	
	Organic fertilizers costs	423,015	240,000	0.5
	Pesticide costs	411,771	0	
	Photothermal energy costs	170,116	17,000	0.1
	Repairs and maintenance	7,051	7,051	
	Material costs	1,250,568	13,200,000	10
	Peasants options	6,904	6,904	
	Big farm expense	715,183	0	
	Amortization of agricultural facilities	51,758	3,780,000	74
	Repairs	43,856	43,856	
	Other Charges	24,628	24,628	
	Farm Facilities Rental	33,771	33,771	
	Land lease	818,603	0	
	Foster agricultural costs	54,874	0	
	Employment effort costs	1,141,784	1,141,784	
Total	5,769,359	19,713,558	3.3	

Table 32. Numbers in each cell indicate income sensitivity in won determined by yield and price.

(Unit : A mechanism of four years)

Division		Yield(kg/10a)					
		300	350	400	450	500	550
Price (1,000 Won/kg)	30	-10,713	-9,213	-7,713	-6,213	-4,713	-3,213
	35	-9,213	-7,463	-5,713	-3,963	-2,213	-463
	40	-7,713	-5,713	-3,713	-1,713	286	2,286
	45	-6,213	-3,963	-1,713	536	2,786	5,036
	50	-4,713	-2,213	<u>286</u>	2,786	5,286	7,786
	55	-3,213	-463	2,286	5,036	7,786	10,536
	60	-1,713	1,286	4,286	7,286	10,286	13,286
	65	-213	3,036	6,286	9,536	12,786	16,036
	70	1,286	4,786	<u>8,286</u>	11,786	15,286	18,786
	75	2,786	6,536	10,286	14,036	17,786	<u>21,536</u>
	80	5,786	10,036	14,286	18,536	<u>22,786</u>	27,036
	85	7,286	11,786	16,286	20,786	25,286	29,786
	90	8,786	13,536	18,286	23,036	27,786	32,536
100	10,286	15,286	20,286	25,286	30,286	35,286	

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

가. 1차년도

구분	연도	연구개발의 목표		연구개발의 내용	달성도
1차 년도	2010.7 ~ 2011.6	제1 세부	유기농 묘삼생산기술 확립	- 유기농 묘삼 생산 상토개발 - 다단재배에서 인삼생육특성 - 무농약 묘삼 재배법 확립	100
			태양광 활용 육묘식물 공장 구축	- 인삼재배에 알맞은 식물공장설계 - 관수 및 배수시스템 개발 - 시설내 온도조절시스템 개발	
	제1 협동	인삼재배에 적합한 온 습도 조절장치개발	- 생육기간 단축을 위한 최적 온습 도 조절장치 개발	100	
		에너지절약형 온습도 조절장치 개발	- 히트펌프 활용을 통한 냉난방 소 비전력 및 운전비 절감량 시뮬레이 션		
		다단식 인삼재배에 적 합한 조명시스템 설계 및 적용	- 태양광 및 인공광을 이용한 에너 지절약형 다단식 조명시스템 설계 및 적용		

나. 2차 년도

구분	연도	연구개발의 목표		연구개발의 내용	달성도
2차 년도	2011.7 ~ 2012.6	제1 세부	유기농 주년 및 단기 재배 기술 확립	-유기농 인삼재배용 상토개발 -무농약 재배법 확립 -인삼휴면타파 조건 구명 -인삼 생육증진을 위한 보광 조건 구명 -다숙확을 위한 인삼재배조건 구 명	100
			태양광 활용 인삼 재 배용 하우스 구축	-인삼 재배에 알맞은 하우스 설계 -시설 내 온도조절 시스템 개발 -하우스재배 인삼의 진세노사이드 분석	
	제1 협동	인삼재배에 적합한 온 습도조절장치 개발	-히트펌프의 온습도 조작기능 모 니터링, 분석, 온습도 최적제어 알 고리즘 개발	100	
		에너지절약형 온습도 조절장치 개발	-히트펌프의 연간에너지 소비량 및 운전비 도출 -전기히터, 보일러대비 운전비 비교 -잉여열 미발생을 위한 히트펌프 운전기술개발 및 보완 -초기시설비에 따른 비용대비 효 율성 비교		
		다단식 인삼재배에 적 합한 조명시스템 설계 및 적용	-에너지절감 및 생육증진측면의 태양광 및 인공광 조합조명시스 템 모니터링, 수정, 보완		

다. 3차 년도

구분	연도	연구개발의 목표		연구개발의 내용	달성도
3차 년도	2012.7 ~ 2013.10	제1 세부	유기농 묘삼생산 상토개발	묘삼용 상토비교시험 -주요성분, 유기물, pH, EC별로 상토제조 -지상부, 지하부 생육, 적변삼, 염 류피해 비교	100
			다단재배에서 인삼 생육특성	-지상부 및 지하부 생육 차이조사 -우량묘삼 생산 효율 검정	
			무농약 묘삼 재배법 확립	-무병토양에 의한 잘록병 발생억 제 -관수에 의한 지상부 병 발생억제	
			인삼재배에 알맞은 식물공장 설계	-다단계 재배시 풍량, 풍속, 온도, 습도, 이산화탄소량, 광량조사	
			관수 및 배수 시스템 개발	-인삼생육에 알맞은 수분조절	
			시설내 온도 조절 시스템 개발	-차광자재, 환기시설 등	
	제1 협동	인삼재배에 적합한 온 습도조절장치 개발	-생육기간 단축을 위한 최적 온습도 조절장치 개발 -히트펌프를 활용한 냉방난방제습 기능 장치 개발 및 설계, 설치	100	
		에너지절약형 온습도 조절장치 개발	-히트펌프 활용을 통한 냉난방 소비전력 및 운전비 절감량 시뮬레이션 -잉여열 발생을 방지하기위한 최 적 시스템 구성 및 운전방식 검토 (덕트 및 디퓨처 설치를 통한 잉여열 발생 방지 시스템 구축)		
		다단식 인삼재배에 적 합한 조명시스템 설계 및 적용	-태양광 및 인공광을 활용한 에너지절약형 다단식 조명시스템 설계 및 적용		

제 2 절 관련분야에의 기여도

- 유기농 재배용 무병 묘삼(상품화) 생산
- 유기농 인삼 생산을 위한 밀폐식 자동화 하우스 재배법
- 유기농 건강 기능식품의 재료로 활용
- 경엽 및 꽃을 활용한 건강 및 화장품 원료로 활용(사포닌은 뿌리의 5~10배)
- 인삼의 주년 및 단기재배 생산에 의한 연중 수삼공급 사업
- 식물공장의 실용화를 위한 에너지 및 자원 절감 기술로 활용
- 도시근교의 채소 등의 식물공장화 모델로 활용
- 식물공장 외국 수출 기술로 활용

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1절 연구개발 실적

1. 특허출원

연도	출원명	출원인	출원번호
2011	유기농 묘삼의 하우스 재배 방법	최재을, 이누리, 김정선, 조서리	10-2011-0078569
2011	유기농 인삼의 하우스 재배 방법	최재을, 이누리, 김정선, 조서리	10-2011-0081575
2012	유기농 인삼 재배 하우스 및 이를 이용한 유기농 인삼 재배방법	최재을, 이누리, 김정선, 조서리, 탁현성, 이강선	10-2012-0102091
2013	실내 및 실외 겸용 인삼재배장치 (특허등록결정)	최재을, 탁현성	10-2012-0043367

2. 연구논문 발표

- 최재을, 이누리, 조서리, 김정선, 최영규. 2012. 폐쇄형 하우스를 이용한 인삼재배에서 상토의 조성이 2년근 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 20(4) : 217~221.
- 이누리, 김정선, 조서리, 최영규, 최재을. 2012. 하우스 인삼재배에서 상토의 조성이 유기농 2년근 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 충남대학교농업과학회지 39(1) : 35~41.

3. 기술이전

연도	기술이전명	대상업체 및 농가명
2011	유기농 묘삼의 하우스 재배 방법	신성미네랄
2012	유기농 인삼의 하우스 재배 방법	한국 산양산삼농장
2012	유기농 인삼의 하우스 재배 방법	삿갓봉
2012	유기농 인삼 재배 하우스 및 이를 이용한 유기농 인삼 재배방법	주승환 농가

4. 사업화

- 인삼 재배용 상토 생산 판매 : (주)신성미네랄
- 유기농 인삼 재배기술 보급 현황

지역	경기	충남	충북	전남	전북	경남	경북	강원	진흥청	기타	계
건수	2	2	2	2	1	4	1	2	1	1	18

5. 인력양성

- 충남대학교 대학원으로부터 석사 4명, 박사 1명 배출하였다.

년도	구분	이름	논문제목
2014	박사	한진수	고사포닌 인삼을 생산하기 위한 적정 재배법 및 계통선발
2012	석사	이누리	시설하우스 인삼재배에서 상토의 조성이 2년근 생육에 미치는 영향
2012	석사	조서리	생장조절제의 처리 농도 및 처리시기에 따른 인삼의 장과 착생 억제 효과
2014	석사	탁현성	유기농 하우스 인삼재배에서 상토의 혼합이 인삼생육에 미치는 영향
2014	석사	이강선	유기농 인삼 재배에서 상토의 종류가 인삼의 생육 및 ginsenosides 함량에 미치는 영향

6. 언론홍보

 <p>최재욱 충남대 응용식물학과 교수 인삼을 재배한 포장은 병원균이 있어 연작이 불가능하지만, 이 상토를 사용한 경우는 상토만 갈아주게 되면 모든 문제가 해결됩니다.</p>	 <p>'하우스 인삼' 등장</p>
<p>KBS9시뉴스(2011.4.25), KBS뉴스광장(2011.4.26)</p>	<p>MBC 뉴스테크(2011.4.24) MBC 9시뉴스(2011.4.25)</p>

 <p>22 충청·강원 2011년 4월 27일 수요일 평양일보</p> <p>식물공장 개발해 인삼 재배 충남대 농업생명과학대 최재욱(오른쪽)교수 연구팀이 비닐하우스형 식물공장에서 자라고 있는 인삼을 살펴보고 있다. 유기농 인삼 재배가 가능한 비닐하우스형 식물공장은 최 교수 연구팀이 국내 처음으로 개발했다. 프라센서 김성태</p>	 <p>大田日報 2011년 4월 25일 월요일 제18955호</p> <p>‘인삼 식물공장’ 개척자 탄생 충남대 최재욱 교수팀, 비닐하우스형 재배기술 첫선</p> <p>비닐하우스에서 유기농 인삼을 재배할 수 있는 기술이 대학 연구팀에 의해 개발됐다. 충남대최교수는 최재욱(응용식물학과·사단) 교수 연구팀이 유기농 인삼 생산기반인 비닐하우스형 식물공장 재배기술에 성공했다고 24일 밝혔다. 최 교수팀이 개발한 식물공장은 폐쇄형과 통풍형, 표층형 등 3가지다. 폐쇄형 하우스식 식물공장은 온도·습도·광도를 정밀하게 조절할 수 있어 사철 비와 관리비용 줄이기 위해 광원은 태양광을 이용한다. 표층형은 3단 재배에 편리하다. 최교수는 “비닐하우스형 재배가 가능했던 인삼의 하우스형 식물공장 재배가 가능해 질에 따라 농가는 물론 도시에서도 최소의 비용으로 재배가 가능해 질 것”이라며 “무농약 재배로 뿌리뿐만 아니라 잎과 줄기 모두 이용이 가능해져 부가가치 증대에 도움이 될 것”이라고 밝혔다.</p> <p>송충원 기자 on@daesepil.com</p>
<p>중양일보(2011.4.27 게재)</p>	<p>대전일보(2011.4.25 게재)</p>

제 2절 연구개발 성과 활용 계획

- 유기농 재배용 무병 묘삼(상품화) 생산
- 유기농 인삼 생산을 위한 밀폐식 자동화 하우스 재배법
- 유기농 건강 기능식품의 재료로 활용
- 경엽 및 꽃을 활용한 건강 및 화장품 원료로 활용(사포닌은 뿌리의 5~10배)
- 인삼의 주년 및 단기재배 생산에 의한 연중 수삼공급 사업
- 식물공장의 실용화를 위한 에너지 및 자원 절감 기술로 활용
- 도시근교의 채소 등의 식물공장화 모델로 활용
- 식물공장 외국 수출 기술로 활용

제 6 장 참고문헌

Ahn YN, Lee YS, Choung MG, Choi KJ and Kang KH. 2002. Ginsenoside concentration and chemical component as affected by harvest time of four-year ginseng. Korean Journal of Crop Science 47 : 216-220.

Argo WR. 1998. Root medium physical properties. HortTechnology 8:481-485.

Byun, Hyo Jeung, Kim Young Shik, Kang Ho Min and Kim Il Seop. 2012. Physico-chemical characteristics of used plug media and its effect on growth response of tomato and cucumber seedlings. Journal of Bio-Environment Control 21(3):207-212.

Chang H. 1998. Changes of saponin contents in *panax ginseng* leaves by different harvesting months. Korean Journal of Food & Nutrition 11 : 82-86.

Cheon SK, Mok SK, Lee SS and Shin DY. 1999. Effects of light intensity and quality on the growth and quality of korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) I. Effects of light intensity on the growth and yield of ginseng plants. Journal of Ginseng Research 15 : 21-30.

Cheon SK, Lee TS, Yoon JH and Lee SS. 2003. Effect of light transmittance control on the growth status of aerial parts during the growing season of *Panax ginseng*. Journal of Ginseng Research. 27:202-206.

Choi JE, Lee NR, Han JS, Kim JS, Jo SR, Shim CY and Choi JM. 2011. Influence of various substrates on the growth and yield of organically grown ginseng seedlings in the shaded plastic house. Korean Journal of Medicinal Crop Sci. 19: 441-445.

Choi JE, Lee NR, Jo SR, Kim JS and Choi YK. 2012. Effects of various bed soil substrates on the growth and yield of 2-year-old ginseng grown in the closed plastic house. Korean Journal of Medicinal Crop Science 20 : 217-221.

Choi JM, Ahn JW and Ku JH. 2007. Growth and nutrient uptake of tomato plug seedlings influenced by elevated blending rate of perlite in coir and peatmoss substrates. Horticulture, Environment and Biotechnology. 48:270-276.

Hong HD and Eom MN. 2012. Research on ginsenoside characteristics of Gyeonggi ginseng. *Bulletin of Food Technology* 25 : 258-266.

Jang JG, Lee KS, Kwon DW and Oh HK. 1987. Chemical compositions of Korean ginseng with special reference to the part of ginseng plant. *Journal of Ginseng Research* 11 : 84-89.

Jeong PG. 1995. Use of vermiculite in agriculture. *Journal of Mineralogical Society of Korea*. 8:23-26.

Jeong CM. 2007. Standard ginseng cultivation method. Joongbu Publisher. Chongju. Chungbuk, Korea. p. 530.

Jeong YH, Kim JE, Kim JH, Lee YD, Lim CH and Huh JH 2004. Recent pesticide sciences. Sigma press, Korea. p. 1-586.

Jo JS, Kim CS and Won JY. 1992. Crop rotation of the Korean ginseng and the rice in taddy field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 4:19-26

John MF, John TAP, Eric FW, Helen LB, Catherine M and James AD. 2004. Carbohydrate and ginsenoside changes in ginseng roots growth in the Bay of Plenty, New Zealand. *Journal of Ginseng Research* 28 : 165-172.

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB and Kim YB. 2010. Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. *Korean Society for Horticultural Science*. 28: 216-226.

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SW, Kim YC, Lee SE, Son YD, Lee MJ, Park CB, Park HK, Cha SW and Song KS. 2008. Extraction and preprocessing methods for ginsenosides analysis of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 16 : 446-454.

Kim MJ, Li Xiangnuo, Han JS, Lee SE and Choi JE. 2009. Effect of Blue and Red LED irradiation on Growth Characteristics and Saponin Contents in *Panax Ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* 17(3): 187-191.

Kim MW, Ko SR, Choi KJ and Kim SC. 1987. Distribution of saponin in various sections of

Panax ginseng root and changes of its contents according to root age. Journal of Ginseng Research 11 : 10-16.

Kim MW, Lee JS and Nam KY. 1983. Saponin contents in various parts of raw red ginseng. Journal of Ginseng Research 8 : 8-14

Kim YB, Hyun DY, Kim GS, Lee SW, Cha SW and Song BH. 2013. Effect of LED Irradiation on Ginsenoside Contents and Growth of *Panax Ginseng* C. A. Meyer Cultured by Hydroponic System. Korean Journal of Horticultural Science & Technology. 31:196-196

Kim YB, Kim GS, Hyun DY, Lee SW, Kim JW, Kang SW and Cha SW. 2011. Effect of LED irradiation on Growth Characteristics and Saponin Contents in *Panax Ginseng* C. A. Meyer Korean J. Ginseng by Hydroponic Culture. Korean Journal of Horticultural Science & Technology. 29:199-199

Kim YH, Yu YH and Lee JH. 1990. Effect of shading on the quality of raw, red and white ginseng and the contents of some minerals in ginseng roots. Journal of Ginseng Research 14 : 36-43.

Lee CY. 2007. Effects of shading material of rain shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science 15 : 291-295

Lee GA, Chang YK, Park SY, Kim GA, Kim SH, Park KC, Kim YB, Cha SW and Song BH. 2012. Comparative analysis on concentration and uptake amount of mineral nutrients in different growth stages and temperatures of *panax ginseng* c. a. meyer grown with hydroponic culture. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:251-258

Lee GS, Lee SS and Chung JD. 2003. Effect of several kinds of composts on growth status of aerial parts in ginseng seedling. Journal of Ginseng Research. 27:24-31

Lee JC, Kim HJ and Oh SH. 1989. Review of studies on ginseng replanting problems. Journal of Crop Science and Biotechnology. 34:115-120

Lee NR, Kim JS, Jo SR, Choi YK and Choi JE. 2012. Effects of various bed soil on the growth and yield of organically grown 2-year-old ginseng in the shaded plastic house.

Chounam National University Journal of Agricultural Science. 39:35-41

Lee SA. 2007. Effect of organic fertilizer on the growth and root yield of *Panax ginseng*. Master Thesis. Pusan National University. 1-29

Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW. 2011. Comparison of growth characteristics and ginsenoside content of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with green house and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science 19 : 157-161.

Lee SW, Kim GS, Park KC, Lee SH, Jang IB, Eo JN and Cha SW. 2012. Growth characteristics and ginsenosides content of 4-year-old ginseng by spraying lime-bordeaux mixture in panax ginseng c. a. meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:89-93

Li TSC. 2005. Hydroponic and organically grown American ginseng. Journal of Ginseng Research. 29: 182-184.

Li X, Kang SJ, Han JS, Kim JS and Choi JE. 2010. Comparison of growth increment and ginsenoside content in different parts of ginseng cultivated by direct seeding and transplanting. Korean Journal of Medicinal Crop Science 18 : 70-73.

Mok SG, Lee IH and Chun SG. 1996. Korea ginseng. In Choi et al (ed.) Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. DaeJeon, Korea. p.145-147.

Nam KY. 1990. Concentration on the growth and yield of Korean ginseng plant(*Panax ginseng* C.A. Meyer). Chungnam National University Press. DaeJeon, Korea. p.63-64.

Olympious CM. 1992. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Horticulturae. 323:215-231.

Park H, Lee MK and Lee CH. 1986. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on ginsenoside composition of *Panax ginseng* root grown with nutrient solution. Journal of Korean Agricultural Chemical Society. 29:78-82.

Park H. 1980. Physiological response of *Panax ginseng* to temperature. II. Leaf physiology, soil

temperature, air temperature, growth of pathogene. Journal of Ginseng Research 4 : 104-120.

Park HR. 2011. Pesticide residue studies during the processing of ginseng and its commodities. Ph. D. Dissertation. Kangwon National University. p. 1-122.

Park KW, Yang DS and Lee GP. 2002. Effect of substrate on the population of Korean ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) in nutrient culture. Journal of Bio-Environment Control 11:119-204.

Park KW, Lee HS, Kang HM and Jeong BR. tomato seedlings. Journal of Bio-Environment control 12(4):190-194.

Proctor JTA, Palmer JW and Follett JM. 2010. Growth, dry matter partitioning and photosynthesis in American ginseng seedlings. Journal of Ginseng Research 34: 175-182.

Rural Development Administration (RDA). 2003. Agricultural science technique research investigation and analysis standard. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p. 15-240.

Rural Development Administration (RDA). 2011. Standard cultivation method of ginseng. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p. 1-2

Seo MJ, Shin HS, Jo SH, Gawk CS, Kwon HR, Park MW, Kim SH, Chol DH, Yu YM, and Youn YN. 2011. Selection of environmental-friendly control agents for controlling the comstock mealybug. The Korean Journal of Pesticide Science. 15:479-484.

Shi W, Wang Y, Li J, Zhang H and Ding L. 2007. Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. Food Chemistry 102 : 664-668.

Shim JW and Lee MW. 1991. Identification of streptomyces species antagonistic to *Fusarium solani* or *Cylindrocarpum destructans* causing ginseng root rots. The Korean Journal of Mycology 19 : 66-73.

Shin WG and Jeong BR. 2000. Growth of plug seedlings of petunia ‘Madness Rose’ and

pansy ‘Magesticmixtures GT’ in various mixtures of recycled horticultural media. Kor. J. Hort. Sci. & Technol 18(4) 523-528.

Sin YM, Son YU, Lee SH, Jeong JY, Won YJ, Lee CH, Kim WS, Chae KR and Hong MK. 2005. Studies on the development of removal technique of residual pesticides in ginseng concentration. The Korean Journal of Pesticide Science 9 : 41-50.

Wilson GCS. 1986. Use of vermiculite as a growth medium for tomatoes. Acta Horticulturae. 150:283-288.

Yi ES, Choi BY, Yoon ST and Kim YH. 2007. Effect of nurseries on production of high quality seedlings in Panax ginseng C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:177-1182.

농촌진흥청. 2009. 표준영농교본. 103:94-100.

농촌진흥청. 2012. 용기 있는 사람들의 유기농 인삼 개척기

주 의

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