

완결과제 최종보고서

일반과제(○), 보안과제()

(과제번호 : PJ009413)

인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발

Development of direct-seeding technology using vinyl house
in *Panax ginseng* C.A. Meyer

국립원예특작과학원

연구수행기간
2013.03 ~ 2016.12

농촌진흥청

제 출 문

농촌진흥청장 귀하

본 보고서를 “인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발”(개발기간 : 2013.03 ~ 2016.12.) 과제의 최종보고서로 제출합니다.

제1세부연구과제 : (1~3년차)하우스 이용 인삼 직파재배 안정 입모을 확보기술 개발
 (4년차)인삼의 입모을 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명

제2세부연구과제 : (1~3년차)하우스 이용 인삼 직파재배 유기물 선발 및 시비량 설정 연구
 (4년차)인삼의 지상부 피해 시기가 뇌두형성에 미치는 영향

제1협동연구과제 : 하우스 이용 인삼 직파재배 수분관리 기술개발

제2협동연구과제 : 하우스 이용 인삼 직파재배 작후기준 설정 및 병해충 방제 기술 개발

제3협동연구과제 : 하우스 이용 인삼 직파재배 가공적성 품종선발

2017. 02. .

제1세부연구기관명 : 국립원예특작과학원

제1세부연구책임자 : 서수정

참여 연구원 : 권기범, 장인배, 유진, 현동윤, 이용호, 서태철, 모황성, 박홍우

제2세부연구기관명 : 국립원예특작과학원

제2세부연구책임자 : 권기범

참여 연구원 : 장인배, 유진, 서수정, 현동윤, 이용호, 서태철, 모황성, 박홍우

제1협동연구기관명 : 전라북도농업기술원

제1협동연구책임자 : 김동원

참여 연구원 : 김효진, 이용문

제2협동연구기관명 : 충청남도농업기술원

제2협동연구책임자 : 성봉재

참여 연구원 : 김선익, 김수동, 한승호, 지무근, 이가순

제3협동연구기관명 : 한국인삼공사

제3협동연구책임자 : 인준교

참여 연구원 : 김윤수, 서지호, 이준수, 장수원

주관연구책임자 : 권기범



기관장 : 국립원예특작과학원장



농촌진흥청 농업과학기술 연구개발사업 운영규정 제51조에 따라 보고서
열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제번호	PJ009413		연구기간	2013-2016
연구사업명	단위사업명	공동연구사업		
	세부사업명	FTA 대응 경쟁력 향상 기술개발		
	내역사업명	원예특용작물 경쟁력 제고		
연구과제명	주관과제명	인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발		
	세부(협동) 과제명	(1세부) : (1~3년차) 하우스 이용 인삼 직파재배 안정 입모율 확보기술 개발 (4년차) 인삼의 입모율 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명 (2세부) : (1~3년차) 하우스 이용 인삼 직파재배 유기물 선발 및 시비량 설정 연구 (4년차) 인삼의 지상부 피해 시기가 뇌두형성에 미치는 영향 (1협동) : 하우스 이용 인삼 직파재배 수분관리 기술개발 (2협동) : 하우스 이용 인삼 직파재배 작화기준 설정 및 병해충 방제 기술 개발 (3협동) : 하우스 이용 인삼 직파재배 가공적성 품종선발		
연구책임자	구분	연구기관		소속
	1세부	국립원예특작과학원		인삼과
	2세부	국립원예특작과학원		인삼과
	1협동	전라북도농업기술원		약용자원연구소
	2협동	충청남도농업기술원		인삼약초연구소
	3협동	한국인삼공사		연구개발팀
총 연구기간	총: 23	총 연구개발비	정부: 802,000천 원	
참여	내부: 9 명		민간: 121,000천 원	
연구원 수	외부: 14 명		계: 923,000천 원	
위탁연구기관명 및 연구책임자		참여기업명	한국인삼공사	
국제공동연구	상대국명:	상대국 연구기관명:		
(요약) 인삼의 하우스 직파재배법에 관한 연구를 추진하였다. 하우스 직파재배시 42립/m ² 또는 33립/m ² 밀도로 파종하는 것이 입모수 확보에 유리하고 생산량이 많았다. 인삼 봄파종시 종자 수분함량을 40%정도 건조하여 저장하는 것이 발아율을 향상시킬수 있었다. 직파재배에 적합한 유기물은 벗짚퇴비였으며 3톤처리구에서 입모율과 수량이 높았다. 인삼 지상부 피해 시기가 빠를수록 뿌리감모율이 높았으며 뇌두의 크기도 작았다. 하우스 직파재배 시 적합한 관수량은 -50kPa 이었으며 연풍 품종에서 균장, 동직경 생육이 좋았으며, 10a당 수량은 709kg으로 수량이 가장 높았다. 하우스직파재배 관수횟수별 4년생 인삼의 지하부 생육은 관수 8회처리에서 전체적으로 생육이 좋았으며, 품종별 수량성은 선향과 선운품종의 생육이 가장 좋았다. 하우스 직파재배에 적합한 두둑 폭 및 넓이는 110cm×30cm에서 균중과 수량이 많았다. 친환경생산을 위해 목초액을 월 1회 처리하면 점무늬병 및 탄저병 발생이 가장 적었다. 하우스 재배 적합품종은 고온내성으로 엽소에도 강하고 다수성인 연풍이 생산성이 많고 사포닌 함량도 높게 나타났다				115

〈 국 문 요 약 문 〉

연구의 목적 및 내용	<p>직파재배는 인삼 육묘와 이식이 필요 없어 노동력을 획기적으로 줄일 수 있는 재배법이다. 특히 비가림 하우스 직파재배는 노동력 절감 뿐만 아니라 작업성이 좋으며 단위면적당 생산량도 높고 비가림 효과에 의한 병해충 발생 및 방제 노력 또한 줄일 수 있다. 본 과제는 비가림 하우스 직파재배시 안정적인 입모율 확보기술 개발, 유기물 선발과 시비량 설정, 수분관리 기술개발, 작후 기준설정과 병해충 방제기술을 개발, 가공적성이 가장 좋은 품종을 선발하기 위해서 수행되었다. 이를 통하여 하우스 직파재배의 종합 재배기술을 확립하는 것을 목적으로 하였다.</p>								
연구개발성과	<ol style="list-style-type: none"> 1. 하우스 직파재배시 입모율 확보와 균중, 생산량을 고려하면 1립을 파종하고 $42\text{립}/\text{m}^2$ 또는 $33\text{립}/\text{m}^2$ 밀도로 파종하는 것이 입모수 확보에 유리하고 생산량이 많았다. 2. 인삼 종자의 봄파종시 휴면타파를 위한 저장조건은 내과피건조(종자 수분함량 약 40%) 후 영하2도에 저장하는 것이 무건조보다 출아율을 향상 시킬 수 있었다. 3. 하우스 직파재배시 유기물 종류에 따른 생육은 볏짚퇴비 3톤 사용구에서 균장, 균직경, 균중에서 좋은 결과를 얻었다. 4. 인삼의 지상부 피해시기가 빠를수록 균중의 감모율이 높았으며 뇌두의 크기도 작았다. 5월 상순 피해구에서는 균중과 뇌두의 크기가 대조구의 약 40%정도였다. 6월 중순피해구도 균중은 대조구의 60%정도 뇌두의 크기는 70% 정도였다. 8월 중순 피해구에서는 균중과 뇌두크기가 대조구의 85% 이상으로 감모율이 적었다. 5. 관수량에 따른 품종별 지하부 생육은 50kPa의 연풍품종에서 균장, 동직경 생육이 좋았으며, 10a당 수량은 709kg으로 수량이 가장 높았다. 하우스직파재배 관수횟수별 4년생 인삼의 지하부 생육은 관수 8회처리에서 전체적으로 생육이 좋았으며, 품종별 수량성은 선향과 선운품종의 생육이 가장 좋았다. 6. 하우스 직파재배에 적합한 두둑 폭 및 넓이는 110cm×30cm(두둑 폭 ×두둑높이)에서 균중과 수량(10a당 701.6g)이 많았다. 하우스에서 친환경 인삼생산을 목적으로 하였을 경우, 목초액을 월 1회 처리한 하우스에서 점무늬병 및 탄저병 발생이 가장 적었다. 하우스내의 직파재배 품종별 3년생의 광합성량은 천풍, 청선 및 선운 순으로 높았고, 지하부 수량은 금풍, 선원 및 연풍 순으로 높았다. 7. 하우스 재배 적합품종선발을 위해서 인삼 10품종의 종자를 하우스에 직파하여 생존율 및 생산성을 조사한 결과 고온내성으로 엽소에도 강하고 다수성인 연풍이 생산성이 많고 사포닌 함량도 높게 나타났다 								
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 인삼 하우스 이용 직파재배 안정생산 종합기술 농가 보급으로 인삼 하우스 재배를 통한 노력비 절감 및 안정생산 효과를 얻고자 하였으며, 친환경 유기농 인삼 생산 활성화로 원료삼의 품질 고급화에 기여하고자 한다. 2. 인삼 지상부 피해 농가의 영농지속 여부를 판단할 수 있는 기초 자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다. 								
중심어 (5개 이내)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">인삼</td> <td style="width: 25%;">하우스재배</td> <td style="width: 25%;">직파재배</td> <td style="width: 25%;">입모율</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">노동력 절감</td> </tr> </table>	인삼	하우스재배	직파재배	입모율			노동력 절감	
인삼	하우스재배	직파재배	입모율						
		노동력 절감							

〈 Summary 〉

Purpose& Contents	<p>Direct sowing cultivation is a cultivation method that does not require ginseng seedlings and transplantation and can dramatically reduce labor force. In particular, Direct-seeding culture under plastic rain-proof house has good workability as well as labor saving, high production per unit area, and can reduce the occurrence of pests. This project was carried out in order to develop stable seedling establishment technology, to select organic matter to set the application amount, to develop moisture management method, to establish appropriate cultivation type and to pest control technique, and to select the best cultivated varieties.</p> <p>The purpose of this study was to establish the integrated cultivation technique of direct sowing cultivation under plastic house.</p>
Results	<p>1. Seedling establishment was highest at 50 seeds/m², and thinning after sowing two seed per hole, but when combining many factors, such as final yield in unit area, root weight per plant, disease incidence, and cost for sowing and thinning, sowing seeds 1 seed per hole at 42 seeds/m² density would be proper for 3 year old ginseng production in direct-seeding culture under plastic rain-proof house.</p> <p>Storage of wet seeds resulted pre-germination or lower emergence rate than seed coat dehydrate condition. Dry of seed coat at 10.5% resulted 91 and 95% emergence of shoot. In conclusion, we suggest that storage of ginseng seed after seed coat dehydration during cold-stratification would improve emergence rate in the spring.</p> <p>2. For the direct sowing culture, 5 kinds of organic matter(cattle manure, cattle manure Earthworm casting, rice straw manure, rice husks charcoal, fallen leaves compost) and 4 kind of application amount(0, 1, 2, 3ton/10a) were tested. Rice straw manure was good in undergrowth and yield was high.</p> <p>The faster the damage period of the ginseng aboveground part, the smaller the root and rhizome. Root weight and size of rhizome was less than 40% of control in early May treatment. In the middle of June treatment, root weight was about 60% of the control, and the size of rhizome was about 70% of the control. In the middle of August treatment, the damage rate was less than 85% of the control area.</p>

3. The rate of seedling establishment according to soil moisture tension were 83.1%, 83.6% and 98.1% at 30kpa, 40kpa and 50kpa, respectively. The rate of seedling establishment was relatively good at 50kpa. As a result of investigating growth characteristics of under-ground part in ginseng varieties according to the soil moisture tension, length and diameter of root were relatively good in 50kPa(Yeonpung cultivar). Yield per 10a was indicated that Yeonpung was the highest in the 50kPa to 709kg.

The growth characteristics of under-ground part in 4-year-old ginseng according to the number of irrigation were good in 8 times treatments. Yield of ginseng varieties according to the number of irrigation was good in Seon-Hyang, Seon-Un.

4. Aerial growth of 4-year-old direct sowing ginseng based on the width and area of ridge inside the greenhouse was satisfactory in 110cm×30cm (ridge width x ridge height) and 120cm×10cm (ridge width x ridge height) treatment plots, whereas the underground root weight was satisfactory in 110cm×30cm, number of surviving ginseng in 120cm×10cm, and quantity in 110cm×30cm (ridge width x ridge height) at 701.6g per 10a. When environment-friendly cultivation of ginseng is intended in greenhouses, greenhouses with one pyroligneous liquor processing per month had the least spotting and anthrax occurrences. Photosynthesis amount of 3 year-old direct sowing varieties was the highest in Chungpoong, followed by Chungsun and Seonweon, and underground quantity was the highest in Gumpoong, followed by Seonweon and Yunpoong

5. Greenhouse was covered with 8% transmission blue polyvinyl and soil moisture was maintained with 15% to 20%. 9 Ginseng varieties developed by KGC and wild type Jakyoung were sowed 80 seeds per a square meter(m^2), respectively.

Survival rate among 4-year old ginseng 10 varieties (Chunpoong, Yeonpoong, Geumpoong, Kopoong, Sunpoong, Sunwon, Sunun, Chungsun, Sunhyang) and wild type Jakyoung was the most high with 69.6% at Yeonpoong, followed by 63.8% at Geumpoong, and 62.1% at Sunil. Sunil showed better growth and development at the stem length, stem diameter and leaflet. The photosynthetic rate was the most high with $4.35 \text{ umol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ at Geumpoong, followed by 4.34 umol

	<p>$\text{CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ at Chunpoong, and 3.85 umol $\text{CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ at Sunil. Yeonpoong have showed abundant productivity with 1.2 kg/m^2 and ginsenoside content with 13.16 mg/g dry weight at the underground part.</p> <p>The internal temperature of greenhouse is 1.5 °C to 2°C higher than customary ginseng shading systems. Yeonpoong have the tolerance against the high temperature than others. So, these results suggest that Yeonpoong may be a good variety to cultivate in greenhouse.</p>					
Expected Contribution	This research would contribute to provide the protocol for direct-sowing culture of ginseng in the greenhouse to have optimized production of ginseng in the yield and revenue. Also production of ginseng in the greenhouse will improve ginseng quality by organic culture.					
Keywords	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">ginseng</td> <td style="width: 20%; padding: 5px;">greenhouse</td> <td style="width: 20%; padding: 5px;">direct-sowing culture</td> <td style="width: 20%; padding: 5px;">labor saving</td> <td style="width: 20%; padding: 5px; text-align: right;">Seedling establishment</td> </tr> </table>	ginseng	greenhouse	direct-sowing culture	labor saving	Seedling establishment
ginseng	greenhouse	direct-sowing culture	labor saving	Seedling establishment		

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요	1
제 2 장 국내외 기술개발 현황	3
제 3 장 연구수행 내용 및 결과	4
제 4 장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	97
제 5 장 연구결과의 활용계획 등	98
제 6 장 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	98
제 7 장 연구개발성과의 보안등급	98
제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비현황	98
제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	98
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구실적	99
제 11장 기타사항	100
제 12장 참고문헌	101

제 1 장 연구 개발 과제의 개요

제1절 연구 개발 목적

직파재배는 인삼 육묘노력과 이식노력이 필요 없어 노동력을 획기적으로 줄일 수 있는 재배법이며 특히 비가림 하우스 직파재배는 노동력 절감 뿐만 아니라 작업성이 좋으며 단위면적당 생산량도 높고 비가림 효과에 의한 병해충 발생 및 방제 노력 또한 줄일 수 있는 재배법이다. 본 과제는 비가림 하우스 직파재배시 안정적인 입모율 확보기술 개발, 알맞은 유기물 선발과 시비량 설정, 하우스 직파재배시 적합한 수분관리 기술개발, 하우스 직파재배에 적합한 작 휴 기준설정과 병해충 방제기술을 개발, 하우스직파재배시 가공적성이 가장 좋은 품종 선발을 통하여 하우스 직파재배의 종합 재배기술을 확립하는 것을 목적으로 하였다.

제2절 연구 개발의 필요성

우리나라 농업환경과 여건이 점점 어려워지고 있는 시점에서 인삼산업 역시 예외일수는 없다. 인삼의 재배면적을 비롯하여 생산과 관련된 지수는 2009년을 기점으로 지속적으로 감소되고 있는 추세이다. 그 원인 중 하나로 농업 인력의 노령화와 인력부족을 들 수 있다. 인삼재배시 경영비는 조수입의 40%정도이며 경영비중 인건비는 비용적인 면으로 따지면 15%정도 차지한다. 그러나 실제 농업현장에서는 일할 노동력이 없어 돈으로 해결할 수 없는 경우가 많다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 노동력 절감을 위한 다양한 연구들이 추진되고 있다.

하우스 직파재배법 확립을 위해서 첫 번째 재식밀도 및 혈당 파종립수 설정을 통해 비가림 하우스 직파재배시 입모율 향상 및 적정 재식밀도설정에 관해 연구를 수행하고자 하였다. 둘째로는 인삼의 비가림 하우스 직파재배시 적합한 유기물의 종류와 시용량을 설정함으로 안정적인 입모율 확보와 생산성을 향상시키고자 수행하였다. 세 번째는 하우스시설에서 직파재배시 출현율 향상과 연근별 수분관리기술이 확립되지 않아 하우스시설에에서 안전하게 인삼재배가 가능한 수분관리기술을 확립하고자 하였다. 네 번째는 하우스 직파재배 인삼의 안정생산을 위한 병해충 방제체계기술을 개발코자 수행하였다. 다섯 번째는 하우스 인삼 직파재배에 적합하며 가공적성이 우수한 품종을 선발하고자 하였다.

본 과제는 이상과같이 비가림 하우스 직파재배 안정생산 종합기술을 개발함으로 농촌의 부족한 노동력에 도움이 되고 친환경 고품질 인삼 생산을 통하여 농가의 소득을 증대시키며 안전한 인삼 생산으로 소비자 신뢰를 향상시키기 위하여 연구를 수행하였다.

제3절 연구 개발 범위

비닐하우스 내에 4개의 재식밀도, 3개의 혈당 파종립수 처리구를 만들어 재래종 인삼을 직파재배 하고 연생별로 입모율, 지상부 생육, 지하부 생육을 조사하여 적정 재식밀도를 설정하고자 하였다. 인삼 종자의 생리적 휴면타파 적정 조건 설정을 위하여 4개 종자수분함량, 3개의 온도 처리구를 만들어 빌아율과 종자활력을 조사하였다.

인삼의 비가림 하우스 직파재배시 입모율과 수량향상에 적합한 유기물 종류와 시용량을 설정코자하였다. 유기물종류와 시용량에 따른 토양 이화학성분의 변화와 그에 따른 인삼의 출아

율과 생육 그리고 생산량에 미치는 영향을 보고자 하였다. 바람에 의해 인삼의 지상부 식물체가 피해를 입었을 경우 그 피해시기에 따라 영농의 지속여부를 결정해야 할 경우가 있다. 바람 피해 시기에 따라 지하부의 감모 정도와 놈두의 생장정도를 조사함으로 이후 영농의 지속 여부를 결정하는 기초자료 활용코자 하였다.

인삼 하우스직파재배 적정수분관리를 위하여 하우스내에 관수량을 30kPa, 40kPa, 50kPa 3개 처리와 관수 횟수를 6회, 7회, 8회 처리하여 연금별 토양수분함량 기준설정과 직파재배 품종별 토양수분관리 기준 설정을 위하여 입모율과 지상부 생육, 지하부 생육, 수량성 등을 조사하였다.

비닐하우스 내에 두둑높이를 10, 20 및 30cm로, 두둑 폭은 관행 90, 100, 110 및 120cm로 만 들어 인삼종자를 두둑길이 180cm에 156립이 파종되도록 직파하였고, 하우스내에서 발생되는 병해충방제를 위해 광이탄저 등 유기농자재 5처리하여 연생별로 생육 및 병 발생을 조사하였다.

인삼 하우스 직파재배용 우수품종 선발을 위해서 동일 비닐 하우스에 9품종(천풍, 연풍, 고풍, 금풍, 선풍, 선운, 선원, 청선, 선향)을 파종하고 대조구로서 이식포를 만들어 우수 품종선발 및 이식삼과의 차이점을 구명한다. 인삼 하우스내 미기상환경을 모니터링하여 하우스내부의 기상변화를 조사하여 해가림, 수분관리, 병해충방제 등에 정보를 제공한다. 인삼 하우스 이용 재배연구에 대한 기준 연구자료 수집 및 분석하고 관련 정보를 상시 수집하여 연구충실도를 높인다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

인삼은(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 기능성 물질을 다량 함유하고 있어 항암작용 등 약리적인 효능이 다른 작물에 비해 뛰어나서 고부가가치 산업으로 이어질 수 있는 매우 가치있는 작물이지만 다년생 반음지성 식물의 재배 특성상 병해충의 피해가 크다(Jo et al., 1996). 최근에는 이상기상 등으로 조기에 병 발생 및 화산에 따른 대책 마련이 시급한데 하우스 시설을 이용한 비가림 재배기술을 이용하면 병발생을 최소화 할 수 있어(Kim et al., 2006; Kim et al., 2014; Lee et al., 2011) 인삼 비가림 하우스 재배법에 대한 연구가 증가하고 있다.

인삼은 주로 직파와 이식재배에 의하여 생산되는데, 인삼의 품질은 주로 체형에 의해 결정되므로 농가에서는 직파재배보다 이식재배를 더 선호하고 있다. 그러나 노동력 부족과 고용 노동비의 상승에 따른 인삼 생산비의 증가로, 노동력과 단위면적당 생산성을 높일 수 있는 직파재배 농가가 꾸준히 증가하고 있다. 하지만 직파재배에 대한 연구는 그다지 많지 않다(Lee et al., 2005; Seong et al., 2010). 인삼 직파재배에 대한 기초·기반 연구로써 Park 등에 의해 (2013) 적정재식밀도 설정을 위한 재식밀도별 균권특성 연구와 직파재배용 품종 선발 및 생리장해 양상 연구가 진행되 바 있다. 그러나 비가림 하우스내에서 직파재배는 연구된 바가 없어 처음으로 시도하는 연구이며 국외에서도 인삼 하우스 직파재배에 관한 연구 결과는 발표된 바 없다. 인삼 비가림하우스 재배에 적합한 피복재료 선발(Kim et al, 2009)에 관한 연구와 하우스 직파재배에 적합한 유기물 종류에(Park et al., 2015)에 관한 연구 등 비가림 하우스재배 기반기술에 대한 연구가 추진중에 있다.

캐나다에서 트랙터 작업(파종, 병충해 방제, 수확 등)이 가능한 해가림구조(높이3m, 폭 6m 정도의 수평식 해가림)를 개발하여 3~4년생 인삼을 생산하고 있으나 누수가 되는 망(net) 형태의 해가림 피복물을 사용하므로 여름철 강우가 집중되는 우리나라에는 적용하기 어려운 시설구조로 되어있다.

중국(동북3성)은 위도가 높아 여름철 기온이 낮은 관계로 고온장해 발생이 적으며, 우리나라보다 생육기간이 짧으므로 생육기간을 늘리기 위한 소형 비닐 터널재배를 하고 있으며, 병해를 억제하고 수량증대를 위하여 중국전역에서 청색 비가림 차광비닐을 이용한 재배가 이루어지고 있다.

제 3 장 연구 수행 내용 및 결과

제1절 재료 및 방법

<1세부과제>(1~3년차) 하우스 이용 인삼 직파재배 안정 입모율 확보기술 개발

(1) 포장조성

본 연구는 강원도 평창군 진부면에 있는 시험포장의 비닐하우스에서 수행하였다. 비닐하우스는 2연동으로 츄고 2.3 m, 동고 4.3 m, 폭 6 m, 길이 52 m이었으며 피복자재는 투광률이 10%인 청색필름을 사용하였다. 2012년 3월 수단그라스를 파종하여 재배한 후 8월 중순 유박과 함께 토양에 혼입하여 예정지관리를 하고 2013년 3월 중순에 인삼 종자를 파종하였다. 종자는 2012년 8월에 채종한 자경종(재래종)으로 개갑 후 $-2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 범위로 온도가 유지되는 저온저장고 ((주)화인테크)에 저장해오던 것을 꺼내어 직경 4mm 이상의 건실한 종자를 골라 상온에서 24시간 동안 순화시킨 후 파종하였다. 파종 후 점적관수 시설을 설치하여 정기적으로 관수하였다. 시험포장의 토성은 사질토양이었으며 병해충방제 및 재배관리 등은 농촌진흥청 표준 인삼재배 지침서(RDA, 2011)에 준하여 실시하였고 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

(2) 하우스 이용 직파재배에 적합한 적정 재식밀도 및 파종립수 설정

재식밀도는 다음과 같이 4가지로 설정하고 각 재식밀도별로 3개의 혈당 파종립수 처리구를 설정하였다. 재식밀도(파종거리)는 ① 28주/ m^2 (10x20cm), ② 33주/ m^2 (10x15cm), ③ 42주/ m^2 (10x15cm), ④ 50주/ m^2 (10x20cm)로 하였으며, 파종립수는 혈당 1립, 2립, 그리고 3립/혈(穴)로 처리하였다. 2/3립 파종구는 반으로 나누어 2, 3립/혈 처리구를 반으로 나누어 2014년(2년생) 5월 건전구 1개체만 남기고 나면지주는 제거하였다. 연생별로 입모율, 지상부, 지하부 생육 특성을 조사하였다.

(3) 품종의 하우스 이용 직파재배 재식밀도별 파종립수 구명

2014년 단동으로 비닐하우스를 설치하고, 연풍과 천풍종자를 (2)와 같은 재식밀도 및 파종립수 설정으로 봄에 파종하였으며 재래종 실험구와 동일하게 관리하였다. 연풍은 3반복으로 실시하였으나, 천풍은 공간부족으로 1반복으로 시험을 수행하였다.

(4) 인삼 생리장애 및 발병 조사

발병정도는 5월부터 9월까지 2주 간격으로 병에 감염된 개체들을 육안으로 조사한 후 최종적으로 각각 감염된 개체들을 합산해서 이병률을 산출했다. 그러나 육안으로 식별이 불가능할 경우 이병조직체 검정 및 병원균 분리 및 동정을 통하여 판별하였다. 줄기로부터 오는 모잘록병(*Rhizoctonia solani*)과 뿌리썩음부터 오는 모잘록병(*Pythium ultimum*)의 감염 여부는 신선한 병반의 가장자리로부터 건전 부분과 병반부가 물리게 조직을 떼어내어 물한천배지 (한천 15-20 g/1L DW)에 놓은 후 25-30°C에서 24-48시간 동안 항온기에서 배양하였다. 조직에서 뻗어 나오는 균사 모양과 격막(septum)을 확인하여 감염된 병원균을 식별하였다. 탄저병(*Colletotrichum gloeosporioides*)과 접무늬병(*Alternaria panax*)의 감염 여부는 병반을 해부현미경으로 보아 분생포자가 보이면 그 병반을 물한천배지에 찍어 분생포자가 물한천배지에 묻도록 한 후에 현미경의 아래 조명을 적절히 조절하면서 물한천배지에 떨어진 분생포자를 확인

하여 감염된 병원균을 식별하였다. 적변, 은피, 달래삼, 영양결핍증상 등의 생리장애 발생정도를 각각 조사하였다. 적변과 은피는 1 = 0%, 2 = 10%미만, 3 = 11~30%, 4 = 31~50%, 5 = 50% 이상의 5등급으로 조사하였고 달래삼과 영양결핍증상은 전체 개체에 대한 발생률로 산출하였다.

<1세부과제>(4년차) 인삼의 입모율 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명

(1) 종자 건조 처리

2015년 가을 개갑 된 재래종 종자를 개갑장에서 회수하여 저온저장고(2도)에 보관하다가 12월 중순 건조처리를 하였다. 종자건조도에 따라 무건조, 내과피건조, 중간건조, 완전건조의 4개 처리구로 설정하고, 각 250g의 종자를 클린벤치 안에서 송풍조건에서 건조시키고 시간별로 무게를 측정하여 종자의 수분함량을 예측하는데 사용하였다(식 1). 정확한 종자수분함량을 조사하기 위해 종자를 내과피와 종자를 분리한 후 105도에 24시간 건조 후 무게를 측정하여 식2을 이용하여 수분함량을 조사하였다.

$$\text{Weight of seed(g) at DMC\%} = \frac{(100 - \text{initial MC\%}) \times \text{initial seed weight(g)}}{100 - \text{DMC\%}} \quad \text{식1}$$

* DMC(예측 종자수분함량): Determined moisture content

$$\text{Moisture content(\%)} = \frac{(\text{weight of initial seed} - \text{weight of dried seed})}{\text{weight of initial seed}} \times 100 \quad \text{식2}$$

(2) 휴면타파를 위한 저온 저장 조건

각 건조도의 종자를 3등분하여 지퍼백에 담았다. 산소를 공급할 수 있도록 A4용지를 구겨 넣어 공기 공간을 확보하여 준 후 다시 지퍼백에 담아 각 2도, -2도, 또는 -20도 저장고에 보관하였다. 건조처리 및 저장을 2015년 12월 중순에 실시하였고, 발아시험을 시작한 2016년 3월 중순까지 건조 후 저장기간은 총 95일, 2도 저장기간을 포함한 저온저장은 총 110일정도 소요되었다. -20도 저장 종자는 발아시험 2주전 -2도로 옮겼다가, 발아시험 3일전 -2도 저장 종자와 함께 2도로 옮겨 순화시켰다.

(3) 패트리디쉬 발아시험

저장고에서 종자를 꺼내 양파망에 담고 흐르는 물에 24시간 침지한 후 종자를 소독하였다. 종자소독을 위해 70% 에탄올을 1분 처리하고 시판 랙스를 1/4배 희석한 소독액(Sodium hypochloride 1% 이상)에 10분간 처리한 후 증류수로 5회 씻어주었다. 소독한 종자는 150 mm 패트리디쉬에 2장의 여과지(Advantec No.2)를 깔고 증류수를 16 ml 넣은 뒤 50립씩 3반복으로 치상하여 10도 배양실에서 발아시켰다. 1주일 간격으로 조사하여 종자로부터 유근이 1 mm 이상 돌출 시 발아로 판정하고, 지상부가 나오면 출아로 판정하여 백분율 조사하였다. 미개갑된 종자는 발아율 조사에서 제외하였다. 곰팡이 균사가 관찰되거나 눌러보아 썩은 것이 나오면 부패한 종자로 처리하였다.

(4) 상토시험

종자를 24시간 물에 침지한 후 50구 프러그에 상토(농경, 황금뿌리)를 넣고 1립씩 파종하였다. 관수 후 10도에 10일간 두었다가 LED실($50 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, 20도)로 옮겨 출아를 유도하였다.

(5) 종자활성조사

종자활성을 보기 위해 이장호 등(2004)이 사용한 테트라졸리움(TTC) 염색법을 사용하였다. 배가 노출될 수 있도록 인삼종자를 칼로 반을 가른 후에 인산완충용액(pH 7.0)에 녹인 0.5% TTC (2,3,4-Triphenyl-tetrazolium chloride, Sigma) 용액에 담근 후 호일에 싸서 상온에서 3시간 반응시키고 이후 4도에 보관하여 다음날 염색정도를 조사하였다.

(6) 통계분석

인삼의 입모율 및 생육 조사 결과를 다중비교를 위해 ANOVA 분산분석과 Duncan test로 분석하였으며, 휴면타파 정도를 비교하기 위해 student t-test를 실시하였다. 다중비교는 SAS v9.2 (SAS Institute inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 수행하였다.

<2세부과제>(1~3년차)하우스 이용 인삼 직파재배 유기물 선발 및 시비량 설정 연구

(1) 포장조성 및 유기물 처리

본 연구는 강원도 평창군 진부면에 있는 시험포장의 비닐하우스에서 수행하였다. 비닐하우스는 2 연동으로써 측고 2.3 m, 동고 4.3 m, 폭 6 m, 길이 52 m이었으며 피복재는 투광률이 10%인 청백필름을 사용하였다. 토성은 사질양토이며, 2012년 3월에 유박 1,200kg/10a을 시용하고 호밀과 수단그라스를 재배한 후 8월 중순경 토양에 혼화하여 예정지관리를 하였다.

예정지 관리한 하우스에 폭 90cm 이랑을 만들고 시험을 위해 처리구별 180cm 길이로 구획을 정리하였다. 유기물 선발을 위하여 5종(우분퇴비, 우분분변토, 벗짚퇴비, 왕겨숯, 갈잎퇴비)의 퇴비를 이용하고 왕겨숯을 제외한 4종의 퇴비는 각각 10a당 1, 2, 3ton씩, 왕겨숯은 10a당 1, 2, 3kl씩을 파종 7주전 사용하고 토심 30cm 깊이로 혼합하였다. 유기물은 Solvita Digital Clolr Reader(Woods End Laboratories Inc., Mount Vemon, ME, USA)를 이용하여 부속도를 측정 후 이용하였으며 유기물과 토양화학성 분석은 농촌진흥청 식물체 및 토양 분석법에 준하여 실시하였다.(NIAST, 2000)

(2) 종자 파종 및 재배관리

시험을 위해 사용한 종자는 국립원예특작과학원 인삼특작부 육종포장에서 2012년 8월에 채종한 재래종을 이용하였다. 종자를 개갑 후 $-2 \pm 1^\circ\text{C}$ 범위로 온도가 유지되는 저온저장고((주)JEILFINETECH, Cheonam, Korea)에 저장하였으며 파종 전 직경 4mm 이상의 건실한 종자를 골라 침종한뒤 선별한 종자를 사온에서 24시간 동안 음건하여 2013년 4월 3일에 파종하였다. 재식밀도는 9행x12열로 하였고 모든 처리구는 입모율 확보를 위하여 혈당 3립씩 파종하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였고 처리구당 면적은 3.24m^2 로 하였다. 파종 후 점적 관수 시설을 설치하여 정기적으로 관수하였으며 병해충방제 및 재배관리는 농촌진흥청 표준 인삼재배 지침서(RDA, 2011)에 준하여 실시하였다.

(3) 생육특성조사

비닐하우스 내 온도 상대습도 및 광도는 Skye Dataloger (Skye Ibstruments Ltd.k Llandrindod Wells, England)를 이용하여 측정하였다. 지상부 생육은 초장, 경장, 경직경, 엽장, 엽폭 등을, 뿌리는 근장, 근중, 잠아폭, 잠아길이, 근경, 지근수 등을 각각 조사하였고, 엽록소 측정은 SPAD-502Plus(Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였다. 파종 후 1년생 연생별 인삼의 입모율과 생육조사를 하였는데 입모율은 전체 주수를, 생육은 반복당 15개체를 채취하여 각각 조사하였다. 파종후 입모율과 지상부 생육은 6월 20일에, 지하부는 10월 18일에 채취하여 조사하였다. 실험 통계처리는 SAS(Satisfical Analysis System, version 4.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하였다.

<2세부과제>(4년차) 인삼의 지상부 피해 시기가 놉두형성에 미치는 영향

(1) 인삼의 지상부 피해시기 설정

2016년 봄 직파한 인삼을 4년차 하우스재배 중 돌풍에 의해 하우스와 재배중인 인삼이 큰 피해를 입었다. 생존개체가 전체의 23% 정도였으며 생존한 것도 잎이 부분적으로 탈락했거나 바람에 백화 된 잎들도 있었다.

시험을 위해서 하우스에서 생존한 개체를 활용하였으며 피해시기는 돌풍피해시기인 5월 4일을 기점으로 6월 20일, 8월 4일 약 45일 간격으로 3처리를 하였고 10월 20일은 피해를 받지 않은 대조구로 하였다. 지상부 피해 처리방법은 5월 4일은 바람에 의해 지상부가 피해를 입은 개체를 활용하였고 나머지는 6월 20일과 8월 4일에 인삼의 지상부(잎, 줄기)를 가위로 잘라 처리하였다.

(2) 지하부 생육특성 및 놉두 형성 정도 조사

각 건조도의 종자를 3등분하여 지퍼백에 담았다. 산소를 공급할 수 있도록 A4용지를 구겨 넣어 공기 공간을 확보하여 준 후 다시 지퍼백에 담아 각 2도, -2도, 또는 -20도 저장고에 보관하였다. 건조처리 및 저장을 2015년 12월 중순에 실시하였고, 발아시험을 시작한 2016년 3월 중순까지 건조 후 저장기간은 총 95일, 2도 저장기간을 포함한 저온저장은 총 110일정도 소요되었다. -20도 저장 종자는 발아시험 2주전 -2도로 옮겼다가, 발아시험 3일전 -2도 저장 종자와 함께 2도로 옮겨 순화시켰다.

<1협동과제> 하우스 이용 인삼 직파재배수분관리기술 개발

(1) 인삼 하우스 직파재배 관수량별 연차간 수량성 구명

인삼 하우스직파재배 토양수분관리를 위하여 전북농업기술원 약용자원연구소 내 해발 300m의 시험포장에서 수행하였다. 비가림하우스의 규격은 폭 7m, 동고 3.9m, 측고 1.8m, 길이 38m 이었으며, 하우스 차광재료는 수광률이 13%인 백색+청색차광비닐을 사용하였다. 시험포장의 예정지관리는 2011년 11월 호밀을 파종하여 2012년 5월초에 경운 후 2012년 5월 하순에 수단 그라스를 재배 한 후 8월 하순에 가축퇴비 1,500kg/10a를 기비로 처리 하였다. 두둑폭은 100cm, 고랑넓이는 90cm로 하여 하우스내 3개의 이랑을 만들었고 시험품종은 천풍, 연풍, 금

풍 3개 품종을 3.3m^2 당 72주를 파종하였다. 파종 후 벗짚이엉을 피복한 후 점적관수시설을 두둑당 3줄을 설치하였으며, 관수개시점을 30kPa, 40kPa, 50kPa 설정하였고, 관수중단점을 20kPa로 설정하여 시험을 수행하였다. 토양수분 조절을 위하여 토양수분센서 (WT1000B)를 이용하였으며, 관수방법은 자동관수시설을 설치하여 관수에 대한 종합적인 데이터를 저장하였다.

시험포장의 토성은 양토이었으며, 병해충방제 및 재배관리는 농촌진흥청 표준인삼재배 지침서 (RDA, 2011)에 준하여 조사하였다.

(2) 인삼 하우스 직파재배 연근별 관수시기 및 적정 수분함량 구명

인삼 하우스직파재배 토양수분관리를 위하여 전북농업기술원 약용자원연구소 내 해발 300m의 시험포장에서 수행하였다. 비가림하우스의 규격은 폭 7m, 동고 3.9m, 측고 1.8m, 길이 38m 이었으며, 하우스 차광재료는 수광률이 13%인 백색+청색차광비닐을 사용하였다. 시험포장의 예정지관리는 2011년 11월 흙밀을 파종하여 2012년 5월초에 경운 후 2012년 5월 하순에 수단그라스를 재배 한 후 8월 하순에 가축퇴비 1,500kg/10a를 기비로 처리 하였다. 두둑폭은 100cm, 고랑넓이는 90cm로 하여 하우스내 3개의 이랑을 만들었고 시험품종은 선풍, 선운 등 10개 품종을 3.3m^2 당 72주를 파종하였다. 파종 후 벗짚이엉을 피복한 후 점적관수시설을 두둑당 3줄을 설치하였다. 관수횟수 및 시기는 6회 관수(4, 6, 7, 8, 10, 12월), 7회 관수(3, 4, 6, 7, 8, 10, 12월), 8회 관수(3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12월) 실시하였으며, 시험포장의 토성은 양토이었다. 병해충방제 및 재배관리는 농촌진흥청 표준인삼재배 지침서(RDA, 2011)에 준하여 조사하였다.

<2협 동과제> 하우스 이용 인삼 직파재배 작휴기준 설정 및 병해충 방제기술 개발

가. 하우스 인삼 직파재배 적정 두둑높이 및 두둑 폭 설정

(1) 시험포장 예정지관리 및 조성

본 연구는 충청남도 금산군 제원면에 있는 인삼약초연구소 시험포장의 비닐하우스에서 수행하였다. 시험에 수행된 비닐하우스 4동은 측고 1.5m, 동고 3.5m, 폭 8m, 길이 20m였으며, 피복자재는 투광률이 10%인 청백필름을 사용하였다. 하우스 예정지관리를 위하여 2012년 4월 유기질퇴비(풀림-20kg, 10a당 75포)와 부식토(20kg, 10포)를 살포하여 토양혼합한 후, 5월에 수단그라스를 파종 및 재배하여 7월 하순에 갈아엎고 예정지관리를 하였고, 2013년 3월 중순에 인삼 종자를 파종하였다. 인삼종자는 2012년 7월에 채종한 자경종(재래종) 및 11개 품종으로 개갑 후 $-2\pm1^\circ\text{C}$ 범위로 온도가 유지되는 저온저장고 [(주)서빙고]에 저장해오던 것을 꺼내어 직경 4mm 이상의 건실한 종자를 골라 상온에서 24시간 동안 순화시킨 후 파종하였다. 파종 후 점적관수 시설을 설치하여 정기적으로 관수하였고, 시험포장의 토성은 사양토이었으며, 병해충 방제 및 재배관리 등은 농촌진흥청 표준 인삼재배 지침서(RDA, 2011)에 준하여 실시하였고 시험구 배치는 단괴법 3반복으로 하였다.

(2) 하우스 이용 인삼 직파재배 파종밀도 및 재배작형

하우스 직파재배 작형설정을 위해 두둑높이는 10, 20, 30cm, 두둑폭은 90, 100, 110, 120cm로 설정하였고, 파종밀도는 두둑길이 1.8m당 156립으로 파종하였으며, 연생별로 입모울, 지상부, 지하부 생육 특성을 조사하였다.

(3) 직파재배 작형설정 시험용 하우스 설치

2012년 두둑높이(10, 20, 30cm) 및 두둑폭별(90, 100, 110, 120cm)로 두둑을 설치한 후, 단동으로 비닐하우스를 설치하였고, 피복재료는 청백필름을 설치하여 2013년 3월 중순에 자경종 및 11품종을 3반복으로 파종하여 관리하고 조사하였다.

(4) 직파재배 작형별 생육조사

두둑높이 및 두둑 폭별 지상부 생육특성 조사는 6월 하순에서 7월 상순까지 조사하였고, 지하부 생육조사는 매년 10월 하순경에 채굴하여 근중 및 근장 등 지하부 특성을 조사하였다.

나. 하우스 인삼 병해충 방제기술 확립

(1) 친환경농자재 처리

하우스 직파재배 인삼의 병해충 방제를 위하여 1년차에는 잔류가 되지 않는 친환경농자재(팡이·탄저 등 4종)를 5월부터 8월까지 월 2회 단독 또는 복합처리 하여, 모잘록병과 탄저병 발생을 조사하였으며, 생리장해는 고온장해 발생 여부를 조사하였다. 2년차 부터는 석회보르도액 등 4종을 단독 또는 복합처리한 후 점무늬병과 탄저병 발생여부 및 깍지벌레 발생율을 조사하였다.

(2) 하우스 인삼 병해 및 충해 피해조사

하우스 직파재배 인삼의 병해 및 충해를 조사하기 위하여, 1년차에는 토양으로부터 전염되는 모잘록병과 탄저병 피해주수를 조사하였고, 2년차부터는 점무늬병과 탄저병 발생주수를 조사하였으며, 하우스내에서의 파종채벌레 피해주수를 조사하였다.

다. 인삼 직파재배용 하우스 미기상 분석

(1) 하우스 미기상 조사

인삼 직파재배 하우스내의 미기상 분석을 위하여, testo data logger 175-H와 (주)유셈인스트루먼트사의 데이터수집장치(ZF-10R)을 이용하여 광량, 온·습도 및 지중온도 등을 측정하였다.

(2) 하우스 직파재배인삼의 광합성 조사

하우스 직파재배 작형별, 품종별 광합성량 조사를 위하여 ADC사의 LCpro+를 이용하여 PAR 50, 100, 200, 300, 400, 500의 조건으로 연생별 광합성량을 측정하였다.

라. 하우스 직파재배 인삼의 ginsenoside 함량 분석

하우스에서 직파재배 작형별로 생육된 4년생 인삼의 뿌리는 세척하여 동결건조한 후 70 mesh로 분쇄한 다음 70% 메탄올로 50℃에서 6시간 추출하여 분석시료로 사용하였다. 추출한 시료를 membrane filter ($0.2 \mu\text{m}$ pore size, Whatman Co., Kent, England)로 여과, HPLC(Agilent 1200, Agilent technologies, Santa Clara, CA, USA)에 $10 \mu\text{L}$ 씩 주입하여 분석하였으며, 검출기는 YMC Pro C18 RS(YMC Co., Ltd, Kyoto, Japan)을 장착한 HPLC system(Agilent 1200 series system with DAD detector at 203 nm)을 이용하여 분석하였다. 분석조건은 이동상으로 용매 A(water)와 용매 B(acetonitrile)를 사용하여 gradient 조건으로 용

매 B의 비율을 초기 20%로 흘려주고 25분까지 24%, 30분까지 33%, 42분까지 37%, 57분까지 80%, 58분까지 100%, 68분까지 60%, 70분까지 20%로 순차적으로 유속 1 mL/min로 흘려주었다(Lee et al., 2015). 진세노사이드 표준물질은 순도 99% 이상의 Rg₃(Chengdu Biopurify Phytochemicals, Sichuan, China)등 20종의 진세노사이드를 이용하여 검량곡선으로 하여 피크 면적에 의하여 환산하여 정량하였다.

마. 통계분석

통계분석은 통계처리 프로그램인 SAS 9.2를 이용하여 분산분석 후 평균값 비교(DMRT)를 하였다.

<3협동과제> 인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발

가. 하우스 시설 구축 및 품종별 직파

(1) 이랑조성

예정지 관리한 토양에 50평 규모의 비가림 하우스 시설 2동을 구축하고 기준선을 설치하여 땅은 고른 다음 두둑을 180cm 간격으로 기준선과 평행선을 긋고 골을 표시하여 고랑이 될 곳의 흙을 두둑이 될 곳에 쌓아도록 관리기를 이용하여 두둑 폭 90cm, 고랑폭 90cm, 두둑높이 35cm 이상으로 작업한다.

(2) 인삼 품종 직파 및 발아율 조사

종자파종 : 품종별로 개갑처리한 종자는 직파용 장착기(14×10)를 사용하여 구멍을 뚫고 칸당 140립 기준으로 종자를 파종하였다. 파종은 품종별로 반복수를 두어 처리하고 종자의 발아율 조사는 파종 후 5월 초순~중순에 걸쳐 발아가 된 묘삽의 개수를 세어 발아율로 한다.

나. 하우스 관리 및 병해충 방제

(1) 관수처리

토양내 수분관리는 토양수분센서(densiometer)를 사용하여 10~25 kPa 정도로 관리하고 칸당 1회에 20~30 L 관수하였다. 하우스 시설내에 점적관수를 설치하여 토양수분 25kPa을 관수개시점으로 하여 2년생은 1~2회, 3년생은 2~3회, 4년생은 4~5회 관수를 실시하여 토양수분을 유지시켰다.

(2) 하우스 관리

인삼의 짹이 올라올 때 바람을 막아주는 등의 특별한 경우를 제외하고는 측면 차광망을 걸어 올려주었고 장마기나 비가 올 때도 측면을 걸어올린 상태로 차광망을 바깥으로 유인하여 빗물이 치마비닐 안쪽으로 떨어지지 않도록 관리하였다.

(3) 병충해 방제

인삼의 주요 지상부 병인 잎/줄기 점무늬병, 탄저병, 잣빛곰팡이병 등을 방제하기 위해서 월 1회(5월~8월) 포리옥신B/다이센, 포리옥신D/다이센을 교호 처리하고 9월과 10월에는 석회보르도액을 월 1회 살포한다. 인삼의 주요 발생 병은 11종으로 생육시기에 따라 병발생시기와 연근별 발생현황에 차이가 있고 기상 중 강우량과 연관이 있다(표 1).

표 1. 주요 병해 종류 및 발생특성

종류	발병부위	발생시기	발병연근
(모)잘록병	줄기	4월 중~5월 상순	묘포, 본포
모썩음병	줄기	5월 상~중순	묘포
역병	잎, 줄기, 뿌리	5월 중~6월 중순	묘포, 본포
균핵병	뿌리	4월 하순~5월 중순	묘포, 본포
흑색균핵병	뿌리	4월 하순~5월 중순	묘포, 본포
잿빛곰팡이병	줄기, 뿌리	6~7월	묘포, 본포
점무늬병	잎, 줄기, 열매, 뿌리	4월 하~5월 중순(줄기) 5월 하순 이후(잎)	묘포, 본포
줄기속무름병	줄기, 뿌리	7월 중~하순	4년근 이상
탄저병	잎, 줄기, 열매	7월 중순 이후	묘포, 본포
뿌리썩음병	뿌리	6월 중~하순	묘포, 본포
줄기마름병	줄기, 뿌리	7~8월 장마 이후	본포

다. 미기상 환경 및 병발생 모니터링

(1) 미기상 환경 모니터링

하우스와 대조구 관행해가림 시설에 자동기상측정장치(AWS)를 설치하고 하우스 시설 내부의 온도, 습도, 광량을 측정·비교한다.

(2) 병해충발생 모니터링

병해충은 월 1회 주기적으로 조사하고 해충발생시 유기농업자재를 이용하여 구제한다. 과거 관행 해가림시설에서의 줄기 점무늬병은 출아시점부터 발생되어 강우량과 연관이 높고, 4월 중~하순 강우량이 50mm 이상이면 줄기 점무늬병 발생이 증가하는 경향을 보였다.

강우량	'81~'90	'91~'00	'01~'10	'11~'13
평균	26.7 ± 19.4. 24.3 ± 16.2	21.9 ± 19.7	40.4 ± 36.4	85
50mm 이상 연도	2개년도 (83, 87)	2개년도 (93, 95)	3개년도 (02, 03, 10)	2개년도 (11, 12)

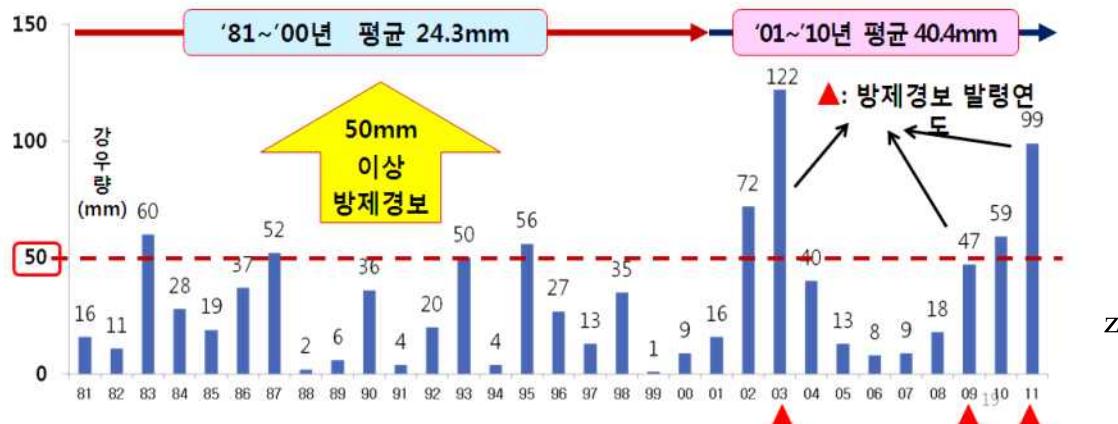


그림 1. 연도별 출아기 강우량 및 줄기 점무늬병 발생 모니터링.

라. 인삼의 생육특성조사

(1) 품종별 생육특성 및 광합성 조사

출아율은 5월 2~3째 주에 현장조사를 실시하여 비가림 하우스내 식재되어 있는 직파 삼, 이식삼의 출아율을 조사한다. 지상부 생육특성 조사는 인삼의 품종특성표 중 잎(장엽수, 소엽수, 엽장, 엽폭, 엽병장)을 조사한다(표 2).

(2) 품종별 생육특성 및 광합성 조사

정상적으로 생육한 개체를 7월 3행에서 생육한 동일한 개체의 잎에서 광합성 속도(Net photosynthesis rate), 기공전도도(Stomatal conductance), 세포내 간극의 CO₂농도(Intercellual CO₂ concentration) 및 증산작용(Transpiration ratio)을 LI 6400XT (Li-Cor, USA) 휴대용 광합성 측정기를 이용하여 측정한다. Leaf chamber 내로 유입되는 공기의 유량은 500 μmols^{-1} , CO₂ 농도는 400 μmol^{-1} , 습도는 50 ~ 70%이고 chamber내의 온도는 20°C로 맞추고 광량에 따른 광합성 속도의 변화는 LI 6400XT (Li-Cor, USA)의 인공광선을 이용하여 800 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 의 포화광량을 인위적으로 조절하여 light cover을 측정한다.

표 2. 인삼의 형태적 특성조사표

No	형 질	표 현 형태								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	식물체 : 줄기의 길이(mm)			짧다		중간		길다		
2	줄기 : 줄기 수	1 경	2경	3경						
3	줄기 : 안토시아닌 색	없다								있다
4	줄기 : 안토시아닌의 분포	기부	기부+ 상부	상부	전체					
5	잎 : 줄기 당 소엽수			적다		중간		많다		
6	잎자루 : 길이			짧다		중간		길다		
7	잎자루 : (화경기준)각도	직립		중간		수평				
8	잎 : 탁엽의 발생정도	약하다	중간	강하다						
9	잎 : 표면 주름정도			약하다		중간		강하다		
10	잎 : 녹색정도			약하다		중간		강하다		
11	소엽 : 길이			짧다		중간		길다		
12	소엽 : 너비			좁다		중간		넓다		
13	소엽 : 모양	넓은타 원형	타원형	주걱형						
14	소엽 : 가로 자른면의 모양	오목	평편	볼록						
15	소엽 : 거치	없거나 매우약	중간	강						

* UPOV(국제식물신품종보호연맹) 기준 준용.

마. 인삼의 생육특성조사

(1) 사포닌 함량 조사

뿌리를 뇌두, 동체, 지근, 세근 부위로 구분하고 50°C에서 2일간 건조시키고 1 g에 80% 메탄올 50 mL를 가한 후 80°C에서 1시간씩 3회 추출한 후 50°C에서 감압·농축하여 5 mL의 증류수에 녹인다. C-18 column을 이용하여 사포닌 분획을 분리 정제한 다음 Waters사의 HPLC를 이용하여 진세노사이드를 분석한다.

(2) 유리당 분석

균질화된 배양삼분 약 0.1 g을 정확히 달고 DW 10 mL를 첨가하여 초음파 추출한다. 원심분리하여 상징액 1 mL을 취하여 DW를 사용하여 최종 10 mL로 정용하고 syringe filter(0.2 μm)로 여과한 시험액을 정량시험용으로 사용한다. 정량시험은 Bio-LC_PAD를 사용하며 본 분석법의 정밀성은 RSD 2.05~6.28 %를 나타낸다. 분석기기는 Bio-LC(ICS-3000, Dionex, USA)를 사용하고, 컬럼은 CarboPac PA-1 Column (4×250 mm)로 시료 5 uL를 주입하여 1.0 mL/min으로 분석한다. 검출은 Amperometric Detector를 사용하며, 검량선을 이용하여 시료에 함유되어 있는 수용성 성분을 계산하여 함량을 분석한다.

(3) 대사체(metabolome) 분석

실험에 이용한 모든 시약 및 용매는 특급시약 및 HPLC grade의 용매를 구입하여 사용하며, LC-MS/MS는 Agilent Technologies의 Agilent 6530 qTOF (Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)을 이용하여 측정한다. 각각의 샘플 200 mg을 round형의 2.0 mL tube에 넣은 후 1 mL의 70% MeOH 용액으로 50초간 교반 한 후 120분간 sonication 추출한다. 이렇게 추출된 수삼과 홍삼 샘플을 1,000 rpm, 4°C에서 20분간 원심분리하여 상등액을 취하고 다시 0.2 um syring filter을 이용하여 filtering 한다. LC-qTOF-MS 분석하고 생성된 data를 이용하여 PCA, PLSD 등의 분석기법과 각종 Plotting 기법을 활용한다.

바. 생산성 및 뿌리 생육특성조사

하우스 시설 이용 직파 4년생을 채굴하여 칸당 생산성과 지하부 뿌리의 생육특성(무게, 동장, 동직경, 지근수)을 조사한다.

사. 홍삼품질 및 농축액 수율 조사

하우스 직파재배 4년근을 채굴한 후 98°C에서 3시간 증심한 후 55°C 열풍건조기에서 48시간 건조한다. 홍삼은 체형별 천삼, 지삼, 양삼을 구분하고 내공, 내백, 백피 유무를 조사한다. 농축액 수율은 배치식으로 추출용매 7배수를 첨가하여 86°C에서 12시간씩 4회추출한 후 감압 농축하여 조사한다.

제2절 결과 및 고찰

<1세부과제>(1~3년차) 하우스 이용 인삼 직파재배 안정 입모율 확보기술 개발

(1) 파종밀도 및 파종립수에 따른 출아율

1년차의 1립 파종구의 입모율은 평균 81.3%였는데, 년생에 따라 감모율은 평균 9%정도 발생하여 4년생은 1립기준 평균 54.2%가 되었다(표 1). 재식거리에 따른 입모율은 1년생에서는 42립/m²과 50립/m²이 우수하였으나 3년과 4년생에서는 42립/m²이 우수하였다(그림 1). 그러나 3년생 기준 면적당 생산 주수를 고려하면 50립/m²이 가장 높았다(표 22, 그림 3).

2년생까지는 파종립수가 증가할수록 입모율이 높아 3립 > 2립 > 1립의 순이었는데 3, 4년생의 입모율에서는 2립 > 3립 > 1립이었으며 처리구간의 차이는 크지 않아 유의성은 없었다(표 1). 혈당 2립 또는 3립을 파종한 경우 1주만 출아하는 경우와 2-3주가 동시에 출아하는 경우가 발생하여 입모율은 2립 또는 3립 파종구가 1립 파종구보다 상대적으로 높았으나 년수가 늘어날수록 생육이 불안정하여 통계적 유의성이 떨어진 것으로 생각된다. 2립 > 3립 > 1립으로 숙음처리를 한 경우 1립보다는 입모율이 높았으며, 숙음처리 미수행보다 다소 낮은 입모율을 보이지만 이들간에 통계적으로 유의성은 없었다(표 3).

표 1. 연생별 파종밀도 및 파종립수에 따른 입모율

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	입모율 (%)			
		1년생(2013)	2년생(2014)	3년생(2015)	4년생(2016)*
28립/m ² (10×20cm)	1립	78.9c	64.1c	55.0 ^{ns}	39.1 ^{ns}
	2립	94.4ab	81.5ab	69.3	59.9
	3립	97.8a	83.3ab	71.9	57.4
33립/m ² (10×15cm)	1립	75.9c	66.4c	60.4	53.8
	2립	94.8ab	87.7a	77.5	51.4
	3립	99.7a	89.2a	64.1	55.4
42립/m ² (10×12cm)	1립	85.2b	74.1b	77.8	65.1
	2립	93.8ab	80.0ab	81.1	72.9
	3립	94.1ab	90.0a	84.9	66.3
50립/m ² (10×10cm)	1립	85.2b	66.3c	58.7	58.7
	2립	96.5ab	83.1ab	68.9	55.4
	3립	97.9a	87.4a	74.1	47.8
평균		91.2	79.4	70.4	56.9
감모율 (전년-당해)		8.8	11.8	9.0	13.5

* DMRT: 5% 유의수준, *4년생 돌풍피해

표 2. 연생별 파종밀도 및 파종립수에 따른 혈당 출아주수 별 입모율

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	출아율(%)		
		1년생 (2013)	2년생 (2014)	3년생 (2015)
(10 x 20cm) 28립/m ²	1립	78.9	64.1	55.0
	2립	94.4(26.7+67.8)	81.5(23.3+40.0) [↓]	69.3(35.5+33.8) [↓]
	3립	97.8(4.8+35.2+57.8)	83.3(13.3+25.6+44.4)	71.9(13.1+27.0+31.8)
(10 x 15cm) 33립/m ²	1립	75.9	66.4	60.4
	2립	94.8(25.0+69.8)	87.7(31.5+55.6)	77.5(40.1+37.4)
	3립	99.7(4.0+29.3+66.4)	89.2(9.3+30.6+49.1)	64.1(6.5+26.9+30.7)
(10 x 12cm) 42립/m ²	1립	85.2	74.1	77.8
	2립	93.8(28.4+65.3)	80.0(26.9+47.6)	81.1(33.1+48.0)
	3립	94.1(7.4+28.6+58.0)	90.0(9.0+29.7+44.8)	84.9(7.0+39.5+38.4)
(10 x 10cm) 50립/m ²	1립	85.2	66.3	58.7
	2립	96.5(27.6+68.9) [↓]	83.1(34.6+48.1)	68.9(40.2+28.7)
	3립	97.9(9.9+27.8+60.3)	87.4(14.2+27.8+45.1)	74.1(12.8+31.3+30.0)

↓ : (1주+2주+3주)/혈당

표 3. 속음작업 후 연생별 입모율

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	입모율 (%)	
		3년생 (2015)	4년생 (2016)
(10 x 20cm) 28립/m ²	1립	55.0 ^{ns}	39.1 ^{ns}
	2립	71.5	38.5
	3립	72.6	48.1
(10 x 15cm) 33립/m ²	1립	60.4	53.8
	2립	74.6	60.4
	3립	63.4	53.2
(10 x 12cm) 42립/m ²	1립	77.8	65.1
	2립	79.1	66.9
	3립	83.6	72.4
(10 x 10cm) 50립/m ²	1립	58.7	58.7
	2립	70.8	55.3
	3립	64.1	36.4
평균		67.0	54.0

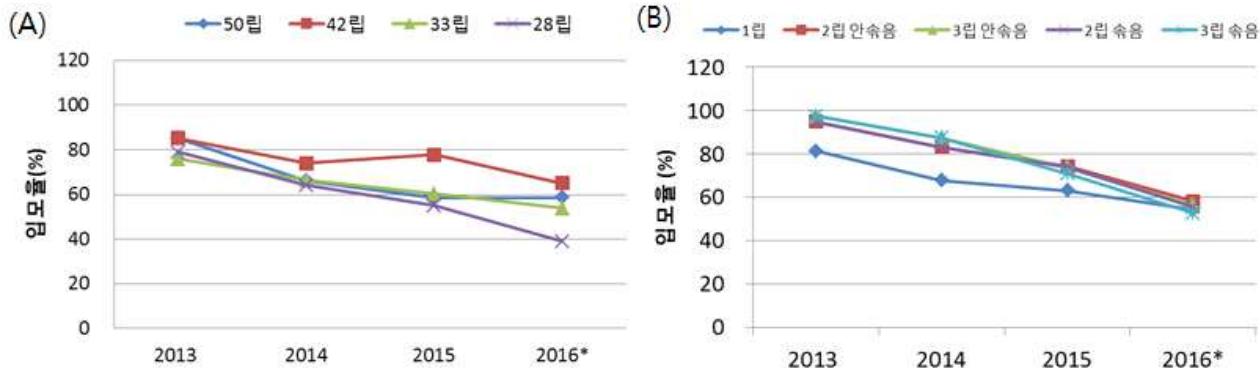


그림 1. 연생별 입모율 변화. (A) 1립 파종구 재식밀도별, (B) 혈당 파종립수별

(2) 파종밀도 및 파종립수에 따른 지상부 생육

1년차에는 소식조건인 28립/m²과 33립/m²에서 생육이 저조한편이었다(표 4). 2년생 인삼에서 초장은 파종밀도가 증가 할수록 증가 하였고 파종립수 또한 증가 할수록 증가했고 엽장과 엽폭은 파종밀도와 파종립수에 따른 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다(표 5). 3년생 인삼의 초장은 42립/m²에서 증가하였고(p=0.1292) 파종립수 3립 > 2립 > 1립 순으로 증가하였으나 유의성은 없었다((p=0.9055, 표 6). 엽장, 엽폭, 엽록소(SPAD)는 파종밀도와 파종립수에 따른 유의성 있는 차이가 없었다.

표 4. 파종밀도 및 파종립수에 따른 1년생 인삼의 지상부 생육(2013)

파종립수	형질 재식거리 (cm)	초장(cm)				엽면적 (cm ²)				SPAD			
		10x 10	10x 12	10x 15	10x 20	10x 10	10x 12	10x 15	10x 20	10x 10	10x 12	10x 15	10x 20
1립		14.0	14.5	13.4	15.1	11.0	10.4	9.8	10.4	35.0	34.4	36.1	36.1
2립	첫 번째 출 아	14.2	14.1	13.4	14.3	11.1	10.9	10.5	10.4	34.9	35.2	37.1	34.4
	두 번째 출 아	13.8	13.4	12.8	14.8	9.9	10.1	8.8	9.7	34.8	35.3	36.8	33.7
3립	첫 번째 출 아	15.8	13.6	15.6	15.3	11.9	10.3	10.9	11.1	34.8	35.3	33.8	33.7
	두 번째 출 아	15.6	12.4	15.3	14.4	10.1	9.9	10.3	9.4	35.8	34.3	34.8	35.7
	세 번째 출 아	15.4	12.6	14.3	13.9	9.8	8.9	9.4	8.9	34.9	35.1	34.2	35.1
LSD		1.35	1.33	2.0	1.93	1.54	2.0	1.85	1.60	0.48	0.56	0.42	0.43

* LSD : 5% 유의수준

표 5. 재식밀도 및 파종립수에 따른 2년생 인삼의 지상부 생육(2014)

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD
28립/m ² (10 x 20cm)	1	18.5b	6.7b	3.2a	25.5a
	2	21.1ab	7.5a	3.6a	23.6b
	3	21.0ab	7.0a	3.5a	23.3b
33립/m ² (10 x 15cm)	1	19.2b	7.1a	3.3a	25.0a
	2	20.2ab	7.4a	3.4a	25.4a
	3	21.3ab	7.3a	3.5a	23.5b
42립/m ² (10 x 12cm)	1	20.9ab	7.7a	3.5a	24.2ab
	2	20.8ab	7.4a	3.5a	23.7b
	3	22.2a	7.4a	3.5a	23.7b
50립/m ² (10 x 10cm)	1	20.4ab	7.4a	3.4a	24.3ab
	2	20.9ab	7.3a	3.5a	23.9b
	3	22.7a	7.7a	3.5a	23.6b

※ DMRT: 5% 유의수준

표 6. 재식밀도 및 파종립수에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD
28립/m ² (10 x 20cm)	1	31.8c	10.3 ^{ns}	4.6 ^{ns}	28.8 ^{ns}
	2	37.6abc	11.1	5.0	32.3
	3	36.5abc	10.2	4.4	32.5
33립/m ² (10 x 15cm)	1	35.2bc	11.5	5.1	31.4
	2	37.6abc	10.5	4.7	32.9
	3	37.0abc	10.1	4.4	31.3
42립/m ² (10 x 12cm)	1	40.6abc	10.9	4.9	31.6
	2	42.1a	10.8	4.8	32.4
	3	42.9a	10.8	4.7	34.8
50립/m ² (10 x 10cm)	1	32.5bc	10.0	4.5	30.2
	2	36.2abc	9.6	4.2	31.3
	3	39.1ab	9.6	4.3	31.5

(3) 파종밀도 및 파종립수에 따른 지하부 생육

1년생 인삼은 밀식에서 소식보다 생육이 좋은 경향이었는데(표 7), 2년생 인삼의 근장과 근직경은 33립/m², 42립/m²에서 높게 나타났으며 파종립수가 증가 할수록 감소하는 경향을 보였다(표 8). 근중은 42립/m²에서 높게 나타났으며 2-3립 파종보다 1립을 파종할 때 더 높았다. 3년생 인삼의 근장은 파종밀도 50립/m²에서, 파종립수 2립과 3립에서 낮은 경향을 보였다(표 9). 근직경은 42립/m² > 33립/m² ≥ 28립/m² 순으로 크게 나왔고, 근중은 42립/m² > 28립/m² =

33립/m² 순으로 높게 나왔다. 파종립수가 많을수록 균직경과 근중이 감소하였다. 균장, 균직경, 근중 모두 50립/m²에서 최저치를 보였다.

솎음 처리를 한것과 안한것의 지하부 생육은 전반적으로 크지 않아 통계적 유의성은 없었지만, 밀식구인 42립/m²와 50립/m² 파종구에서 미수행 처리구보다 솎음 처리구에서 인삼생육이 더 증가했다(표 10,11).

표 7. 재식밀도 및 파종립수에 따른 1년생 인삼의 지하부 생육(2013)

파종립수	재식거리 (cm)	균장 (cm)				근직경 (mm)				근중 (g)			
		10x 10	10x 12	10x 15	10x 20	10x 10	10x 12	10x 15	10x 20	10x 10	10x 12	10x 15	10x 20
1립		11.3	11.5	10.9	9.6	4.4	4.4	4.2	4.2	0.7	0.7	0.5	0.5
2립	첫 번째 출아	12.1	10.7	11.3	10.3	4.8	4.2	4.0	4.9	0.7	0.7	0.6	0.6
	두 번째 출아	9.9	11.4	11.5	9.8	4.5	4.2	3.7	4.2	0.6	0.5	0.5	0.5
3립	첫 번째 출아	9.8	12.6	11.8	9.7	4.6	4.0	4.0	5.1	0.8	0.7	0.6	0.6
	두 번째 출아	9.0	10.4	10.6	9.2	4.6	4.0	3.9	4.7	0.6	0.6	0.5	0.6
	세 번째 출아	9.4	8.5	10.4	8.5	4.2	3.8	3.7	4.3	0.5	0.4	0.4	0.4
LSD		2.61	2.25	2.46	1.62	0.85	0.62	0.6	0.61	0.10	0.10	0.10	0.09

※ LSD : 5% 유의수준

표 8. 재식밀도 및 파종립수에 따른 2년생 인삼의 지하부 생육(2014)

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g/주)
28립/m ² (10 x 20cm)	1립	17.1c	10.5c	3.3d
	2립	16.6cd	10.4cd	3.9c
	3립	17.6bc	10.1cd	3.8c
33립/m ² (10 x 15cm)	1립	19.0a	11.6ab	5.3ab
	2립	18.1b	10.3cd	3.9bc
	3립	16.9c	9.8d	3.2d
42립/m ² (10 x 12cm)	1립	19.1a	12.2a	5.6a
	2립	18.6ab	11.3b	4.5b
	3립	16.3cd	11.2b	4.8b
50립/m ² (10 x 10cm)	1립	15.8d	11.3b	3.4d
	2립	16.6cd	10.6c	3.4d
	3립	16.5cd	10.5c	3.6cd

표 9. 재식밀도 및 파종립수에 따른 3년생 인삼의 지하부 생육 (2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g/주)
28립/m ² (10 x 20cm)	1립	21.4a	14.1bcd	11.1abc
	2립	22.1a	15.5abc	14.1ab
	3립	20.4ab	13.5dc	10.0abc
33립/m ² (10 x 15cm)	1립	21.6a	17.0a	15.6a
	2립	21.1ab	14.8abcd	11.5abc
	3립	20.3ab	12.9d	8.0bc
42립/m ² (10 x 12cm)	1립	21.9a	16.4a	14.2ab
	2립	21.2a	14.8abcd	12.7abc
	3립	20.5ab	14.3bcd	10.7abc
50립/m ² (10 x 10cm)	1립	20.0ab	13.7dc	8.8bc
	2립	19.4ab	13.5dc	8.8bc
	3립	17.2b	12.5d	6.7c
재식밀도(D)		ns	*	*
파종립수(S)		ns	**	*
D x S		ns	ns	ns

표 10. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 2년생 인삼의 생육특성(2014)

파종밀도 (재식밀도)	파종립 (립/혈)	속음	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g/주)
28립/m ² (10 x 20cm)	2	x	16.6c	10.36bc	3.9b
		o	17.3bc	10.88ab	3.9b
	3	x	17.6bc	10.13c	3.8b
		o	17.7bc	10.03c	3.7bc
33립/m ² (10 x 15cm)	2	x	18.1b	10.33bc	3.9b
		o	17.2bc	10.15c	3.3cd
	3	x	16.9c	9.82cd	3.2c
		o	17.6bc	10.08c	3.5c
42립/m ² (10 x 12cm)	2	x	18.6ab	11.28a	4.5ab
		o	19.1a	11.59a	4.8a
	3	x	16.3cd	11.20a	4.2b
		o	17.5bc	11.12a	4.8a
50립/m ² (10 x 10cm)	2	x	16.6c	10.55b	3.4c
		o	18.0b	10.56b	4.4ab
	3	x	16.5c	10.48b	3.6bc
		o	16.8c	10.93ab	4.0b

표 11. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 3년생 인삼의 지하부 생육특성(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	속음	근장 (cm)	근직경 (mm)	근중 (g/주)
28립/m ² (10 x 20cm)	2	x	22.1 ^{ns}	15.5 ^{ns}	14.1 ^{ns}
		o	21.1	14.9	12.1
	3	x	20.4	13.5	10.0
		o	19.0	13.7	11.1
33립/m ² (10 x 15cm)	2	x	21.1	14.8	11.5
		o	20.8	14.7	11.9
	3	x	20.3	12.9	8.0
		o	18.9	14.0	9.5
42립/m ² (10 x 12cm)	2	x	21.2	14.8	12.7
		o	21.3	15.6	13.1
	3	x	20.5	14.3	10.7
		o	21.5	15.1	13.6
50립/m ² (10 x 10cm)	2	x	19.4	13.5	8.8
		o	19.2	13.6	10.6
	3	x	17.2	12.5	6.7
		o	18.4	13.6	10.2

(4) 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 생육 및 병 발생양상

경사식 해가림 시설에서는 점무늬병과 탄저병의 발생이 높은데 하우스 직파재배 시험구에서는 점무늬병과 탄저병의 발생이 저조하였다. 파종밀도는 병발생이 있어 차이가 없었지만 파종립수에 있어서는 영향이 있어서 파종립수가 증가할수록 모잘록병(*Rhizoctonia*, *Pythium*)과 영양결핍에 의한 황증이 증가하였다. 2년생 인삼에서 속음 처리를 한 후 미 수행한 처리 구에 비해서 *Rhizoctonia*와 *Pythium*에 의한 모잘록병이 더 발생했으며 파종립수에 따른 1립보다 2립, 3립 파종구에서 더 많이 발생했다(표 12,13). 적변의 경우 재식밀도 42립/m², 50립/m²에서, 파종립수 3립에서 높게 나타났다(표 14). 은폐의 경우 50립/m², 28립/m²에서 높게 나타났으나 유의성은 없었다. 속음처리는 적변과 은폐발생에 영향을 주지 않았다

표 12. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 2년생 인삼의 병 발생양상(2014)

파종밀도 (재식밀도)	파종립 (립/혈)	속음	점무늬병 (%)	탄저병 (%)	Rhizoctonia (%)	Pythium (%)
(10 x 20cm) 28립/m ²	1	x	0.00	0.00	8.50	11.28
	2	x	0.00	0.00	5.37	11.70
		o	0.00	0.00	7.78	13.47
	3	x	0.00	0.00	7.70	25.49
		o	0.00	0.00	9.66	10.89
	1	x	0.00	0.00	5.65	2.61
(10 x 15cm) 33립/m ²	2	x	0.00	0.00	9.74	10.65
		o	0.00	0.00	18.55	9.37
	3	x	0.00	0.00	15.92	22.98
		o	0.00	0.00	26.50	20.34
	1	x	0.00	0.00	5.58	2.84
	2	x	0.00	0.00	6.16	4.68
(10 x 12cm) 42립/m ²		o	0.00	0.00	8.84	8.10
	3	x	0.00	0.00	14.06	2.94
		o	0.00	0.00	20.51	3.61
	1	x	0.00	0.00	8.24	7.35
	2	x	0.00	0.00	6.54	14.54
		o	0.00	0.00	11.56	20.61
(10 x 10cm) 50립/m ²	3	x	0.00	0.00	9.28	25.29
		o	0.00	0.00	19.74	23.45

표 13.. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 2년생 인삼의 생리장애 발생양상(2014)

파종밀도 (재식밀도)	파종립 (립/혈)	속음	영양결핍(%)	황증	적변	은피
(10 x 20cm) 28립/m ²	1	x	5.05	0.0	2.1	1.8
	2	x	6.69	0.0	2.1	2.2
		o	5.78	0.0	1.7	1.8
	3	x	5.45	0.0	2.5	2.3
		o	3.43	0.0	1.5	1.5
	1	x	0.00	0.0	1.6	1.2
(10 x 15cm) 33립/m ²	2	x	5.08	0.0	1.8	1.3
		o	4.40	0.0	2.1	1.5
	3	x	7.78	0.0	1.7	1.3
		o	3.47	0.0	2.1	1.2
	1	x	4.51	0.0	1.8	1.1
	2	x	11.14	0.0	1.8	1.5
(10 x 12cm) 42립/m ²		o	1.95	0.0	2.0	1.2
	3	x	4.50	0.0	2.5	1.7
		o	2.00	0.0	2.1	2.0
	1	x	0.00	0.0	2.1	2.0
	2	x	4.92	0.0	1.6	1.8
		o	1.67	0.0	2.3	1.7
(10 x 10cm) 50립/m ²	3	x	14.72	0.0	1.9	1.7
		o	1.73	0.0	1.9	1.9

* X: 속지 않음, O: 속음, 적변, 은피, 황증: 1: 0%, 2: 10미만, 3: 11~30%, 4: 31~50%, 5: 50 이상

표 14. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 3년생 인삼의 생리장애 발생양상(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	속음	황증 (%)	적변 (1-5)	은폐 (1-5)
28립/m ² (10 x 20cm)	1	x	0.7	1.0	1.6
	2	x	0.8	1.2	1.4
		o	0.8	1.1	1.8
	3	x	1.1	1.8	1.7
		o	0.0	1.5	1.8
	1	x	0.4	1.2	1.3
33립/m ² (10 x 15cm)	2	x	0.0	1.1	1.5
		o	0.0	1.6	1.6
	3	x	1.5	1.6	1.4
		o	0.0	2.1	1.5
42립/m ² (10 x 12cm)	1	x	0.0	1.0	1.4
	2	x	0.0	1.1	1.3
		o	0.0	1.2	1.2
	3	x	0.0	1.3	1.2
		o	0.0	1.2	1.2
	1	x	0.6	1.3	1.7
50립/m ² (10 x 10cm)	2	x	0.0	1.3	1.4
		o	0.0	1.2	1.9
	3	x	0.0	1.3	2.0
		o	0.0	1.2	1.6

※ X: 속지 않음, O: 속음, 적변, 은폐 : 1: 0%, 2: 10미만, 3: 11-30%, 4: 31-50%, 5: 50이상

(5) 품종의 하우스 이용 직파재배 파종밀도 및 파종립수 구명

2015년 단동에 파종하였던 연풍과 천풍은 출아율이 저조하였는데(표 16), 이는 이듬해 재파종하여 입모율을 조사한 결과 품종적 특성은 아닌 것으로 확인되었으며(표 17) 봄파종으로 인한 출아실패가 큰 이유로 판단된다. 1년생 1립평균 입모율이 46.9%였을 때 2립/혈 파종시 60.6%, 3립/혈 파종시 75.7% 출아로 입모율이 3립에서 1.6배를 높았다. 2년생 역시 같은 양상을 보여 3립 > 2립 > 1립 순으로 입모율이 향상되었다(표 16). 3년생은 2016년 5월 돌풍피해로 역시 입모율 및 생육조사가 불가능하였다.

표 15. 파종밀도 및 파종립수에 따른 품종 2년생 입모율(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	입모율 (%)			
		연풍		천풍	
		1년생 (2014)	2년생 (2015)	1년생 (2014)	2년생 (2015)
28립/m ² (10×20cm)	1립	59.5b	36.3d	29.9	30.9
	2립	69.3ab	67.8ab	44.4	45.6
	3립	79.2a	74.8a	63.3	66.7
33립/m ² (10×15cm)	1립	40.4c	34.3d	24.1	18.5
	2립	57.1b	49.7bcd	31.5	40.7
	3립	78.7a	70.7a	54.6	53.7
42립/m ² (10×12cm)	1립	39.5cd	34.8d	39.3	37.8
	2립	55.3b	49.9bcd	44.4	39.3
	3립	72.3a	68.1ab	45.9	53.3
50립/m ² (10×10cm)	1립	48.6c	44.9cd	27.2	30.9
	2립	60.7ab	59.1abc	51.9	59.3
	3립	72.6a	60.5abc	64.2	57.4
		61.0	54.2	43.4	44.4

※ DMRT: 5% 유의수준

표 16. 파종밀도 및 파종립수에 따른 1년생 연풍의 입모율(2015)

(입모율: %)

파종밀도 (재식거리)	파종립수(립/혈)		
	1	2	3
28립/m ² (10×20cm)	82.8abc	90.1ab (27.6+17.5) ^j	89.6ab (17.54+38.2+41.4) ^j
33립/m ² (10×15cm)	76.0bc	94.0a (25.6+63.0) ^j	93.4a (11.1+36.6+43.1) ^j
42립/m ² (10×12cm)	67.7c	88.6ab (37.0+57.0) ^j	90.8ab (8.1+37.0+48.1) ^j
50립/m ² (10×10cm)	76.8bc	89.0ab (29.9+60.2) ^j	97.1a (9.4+37.4+42.8) ^j

^j : (1주+2주+3주)/혈당

1년생과 2년생 연풍과 천풍의 지상부 생육은 재식밀도와 파종립수에 따라 큰 영향을 받지 않았다. 지하부생육의 경우 연풍, 천풍 모두 50립/m²에서 가장 좋은 생육을 보였는데 2년생에서는 차이를 보이지 않았다. 천풍의 경우 밀식에서 생육이 좋은 경향이 있었으나 반복이 없어 처리되어 유의성은 알 수 없으며, 파종밀도 보다는 위치적 영향을 받은 것일 수 있어 확인 실험이 필요하다. 재래종의 경우 초기 생육도 파종밀도에 영향을 받았지만 품종의 경우 처음부터 출아율이 저조하여 재식밀도에 의한 경쟁영향을 받지 않아 생육에 차이를 적게 주었을 것으로 판단된다.

표 17. 품종의 재식밀도 및 파종립수에 따른 1년생의 지상부 생육(2014)

파종밀도 (재식밀도)	파종립수 (립/혈)	연풍				천풍			
		초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD	초장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	SPAD
28립/m ² (10×20cm)	1	7.4a	3.3a	1.9a	36.0ab	7.8a	3.6a	1.8a	38.5b
	2	7.7a	3.3a	1.9a	35.0b	7.2a	3.2a	1.8a	37.7b
	3	8.0a	3.3a	1.9a	36.5ab	7.2a	3.1a	1.7a	38.2b
33립/m ² (10×15cm)	1	7.8a	3.0a	2.1a	37.4a	6.7a	2.7a	1.7a	42.3a
	2	7.8a	3.2a	1.9a	37.0ab	7.8a	3.0a	1.7a	40.9a
	3	7.7a	3.0a	1.8a	37.0ab	6.7a	3.0a	1.7a	39.8ab
42립/m ² (10×12cm)	1	8.2a	3.1a	1.8a	37.2a	6.5a	2.7a	1.7a	42.3a
	2	8.2a	2.9a	1.8a	38.2a	6.5a	2.9a	1.8a	41.8a
	3	8.2a	3.0a	1.8a	35.5	7.2a	3.0a	1.8a	40.1a
50립/m ² (10×10cm)	1	8.1a	3.1a	1.8a	36.4ab	7.3a	2.9a	1.6a	37.3b
	2	8.4a	3.4a	2.0a	35.8b	7.2a	3.3a	1.9a	36.6c
	3	8.6a	3.4a	2.0a	35.5b	7.4a	3.2a	1.7a	38.5b

※ DMRT: 5% 유의수준

표 18. 품종의 재식밀도 및 파종립수에 따른 1년생 지하부 생육(2014)

파종밀도 (재식밀도)	파종립수 (립/혈)	연풍			천풍		
		근장 (cm)	동직경 (mm)	근중 (g/주)	근장 (cm)	동직경 (mm)	근중 (g/주)
28립/m ² (10 x 20 cm)	1	14.4b	4.5a	0.6b	10.4c	4.6a	0.3b
	2	12.6c	4.5a	0.7a	11.4bc	4.4ab	0.3b
	3	12.8c	4.3a	0.6b	11.9bc	3.9bc	0.4ab
33립/m ² (10 x 15 cm)	1	14.1b	4.7a	0.6b	8.8d	4.0b	0.3b
	2	14.4b	4.4a	0.6b	10.5c	3.1c	0.4ab
	3	12.7c	4.4a	0.6b	15.4ab	4.0b	0.5a
42립/m ² (10 x 12 cm)	1	15.4a	4.5a	0.6b	9.5cd	3.8bc	0.3b
	2	15.0a	4.5a	0.6b	12.9b	4.3ab	0.3b
	3	13.8bc	4.5a	0.6b	14.3b	4.0b	0.4ab
50립/m ² (10 x 10 cm)	1	15.8a	4.9a	0.7a	9.8cd	4.8a	0.3b
	2	14.7ab	4.4a	0.7a	14.0b	4.4ab	0.5a
	3	14.9ab	4.7a	0.7a	16.4a	4.6a	0.6a

※ DMRT: 5% 유의수준

표 19. 재식밀도 및 파종립수에 따른 2년생 연풍의 생육(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	연풍						
		초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g/주)
28립/m ² (10 x 20 cm)	1	17.4 ^{ns}	7.0 ^{ns}	3.3 ^{ns}	27.7 ^{ns}	20.9 ^{ns}	9.9 ^{ns}	3.9 ^{ns}
	2	17.4	6.9	3.3	28.3	21.0	10.0	4.1
	3	19.1	7.2	3.5	28.1	19.4	10.6	4.3
33립/m ² (10 x 15 cm)	1	18.3	7.5	3.5	26.4	19.4	10.5	4.6
	2	19.6	7.4	3.4	27.3	20.0	9.0	3.6
	3	19.7	7.2	3.5	27.0	20.5	9.2	3.6
42립/m ² (10 x 12 cm)	1	18.9	7.2	3.6	28.3	18.8	9.6	4.2
	2	19.0	7.3	3.4	27.0	20.7	10.0	4.0
	3	20.0	7.4	3.5	27.6	21.0	10.1	4.1
50립/m ² (10 x 10 cm)	1	17.4	7.3	3.5	29.6	19.3	10.3	4.9
	2	17.3	7.0	3.4	28.1	18.3	9.5	3.6
	3	19.0	7.4	3.5	27.3	22.6	9.8	4.0

* DMRT: 5% 유의수준

표 20. 재식밀도 및 파종립수에 따른 천풍 2년생 생육(2015년, 연풍 2년생)

파종밀도 (재식거리)	파종립 (립/혈)	천풍						
		초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	SPAD	근장(cm)	근직경(mm)	근중(g/주)
28립/m ² (10 x 20 cm)	1	15.4	6.6	3.1	27.3	14.8	6.0	1.0
	2	15.3	7.0	3.3	27.5	18.0	7.7	2.3
	3	16.9	6.7	3.1	26.5	15.6	7.8	2.2
33립/m ² (10 x 15 cm)	1	16.4	7.0	3.2	27.5	16.6	7.0	1.8
	2	16.9	7.2	3.4	27.6	18.6	6.1	1.5
	3	17.6	7.4	3.3	26.9	17.6	7.8	2.4
42립/m ² (10 x 12 cm)	1	16.9	6.8	3.5	29.0	18.8	6.7	1.7
	2	16.8	7.1	3.3	28.4	17.7	7.6	2.3
	3	17.3	6.9	3.4	28.2	18.4	7.0	1.9
50립/m ² (10 x 10 cm)	1	18.2	7.8	3.6	29.6	19.2	8.5	2.8
	2	17.2	7.3	3.3	29.2	20.2	8.4	3.3
	3	18.3	7.6	3.4	27.4	22.5	9.0	3.2

* DMRT: 5% 유의수준

(6) 4년차 연구과제 수행 중 돌풍피해 발생 : 과제 협약변경

2016년 5월 4일 진부시험지에 기상대기록 25m/sec의 강풍발생으로 하우스가 붕괴되고 지상부가 심하게 손상되어 생존주수 부족 및 생육의 불균형으로 인해 정상적인 생육 조사가 어려워졌다(표 2,1 그림 2) 이에 협약 변경을 하여 ‘인삼의 입모울 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명’으로 2016년 과제를 수행하였다.



그림 2. 2016년 5월 돌풍으로 인한 하우스 붕괴로 시험구 파손

표 21. 돌풍 피해 후 생존주수 조사 결과

처 리		출아율	지상부 생존주수	생존율(%)
50립/m ² (10×10cm)	1립	58.7	25.7	16.5
	2립	55.4	14.0	12.1
	3립	47.8	6.0	7.4
42립/m ² (10×12cm)	1립	65.1	11.7	6.5
	2립	72.9	8.0	7.5
	3립	66.3	5.7	8.0
33립/m ² (10×15cm)	1립	53.8	18.3	10.7
	2립	51.4	1.7	3.2
	3립	55.4	13.3	16.7
28립/m ² (10×20cm)	1립	39.1	4.7	4.6
	2립	59.9	7.3	14.8
	3립	57.4	1.7	3.7
평균		56.9	9.8	9.3

(7) 단위면적당 수확량 분석

본 과제는 하우스 직파재배시 안정적인 입모율 설정을 위해 적정한 재식밀도를 조사하는 것으로서 일반적인 혈당 1립 파종 외에 혈당 2립 또는 3립을 파종을 한 후, 숙음 작업을 하여 입모율을 높이는 방법으로 활용가능한지 조사하였다. 4년생 인삼의 생육 결과를 돌풍피해로 인해 조사할 수 없었으므로 3년생 인삼의 생육결과로부터 입모율, 개체당 근중, 단위면적당 수확주수와 수확량을 종합하여 적정재식 밀도를 도출하였다.

3년근의 입모율에서 42립/m²구가 높았고, 주당 근중은 33립/m²이나 42립/m²이 좋았으며 단위면적당 수확주수는 파종밀도에 비례하여 1립파종의 경우 50립/m²이 높았다(표22, 그림 3). 그러나 단위면적당 수확량을 조사한 결과로는 42립 > 50립 > 33립 > 28립의 순으로 높았다 ($p=0.0134$).

입모율을 높이기 위해 파종립수를 늘린 후 숙음처리를 한 2립숙음과 3립숙음구는 1립 파종구에 비해 단위면적당 수확량에서 큰 차이는 없었다(표 22, 그림 4). 이것은 혈당 파종립수를 늘릴 경우 1년생에서 밀식하여 생육이 떨어진 결과가 3년생까지 이어지고 또한 숙음 처리를 하면서 발생한 병으로 인해 입모수 향상으로 인한 생산량 증가를 상쇄시켰기 때문인 것으로 판단된다. 결론적으로 주당 근중까지 고려하였을 때 1립을 파종하고 33립/m² 또는 42립/m²으로 파종하는 것이 안정입모율 확보 및 생산성 향상에 적합할 것으로 판단된다.

표 22. 재식밀도 및 파종립수에 따른 3년생 인삼의 지상부 생육(2015)

파종밀도 (재식거리)	파종립수 (립/혈)	입모율 (%)	주당근중 (g/주)	단위면적당 [†] 수확주수 (주수/m ²)	단위면적당 [‡] 수확량 (kg/10a)
(10 x 20cm)	28립/m ²	1립	55 ^{ns}	11 ^{ns}	15b
		2립솎음	72	12	16b
		3립솎음	73	11	20ab
(10 x 15cm)	33립/m ²	1립	60	16	24ab
		2립솎음	75	12	23ab
		3립솎음	64	9	17b
(10 x 12cm)	42립/m ²	1립	78	14	29ab
		2립솎음	79	13	37ab
		3립솎음	84	14	37ab
(10 x 10cm)	50립/m ²	1립	59	9	37ab
		2립솎음	71	11	40a
		3립솎음	64	10	38ab
파종밀도(D)		*	ns	***	*
파종립수(S)		ns	ns	ns	ns
DxS		ns	ns	ns	ns

† 고랑포함면적, * : p <0.05, *** : p <0.001

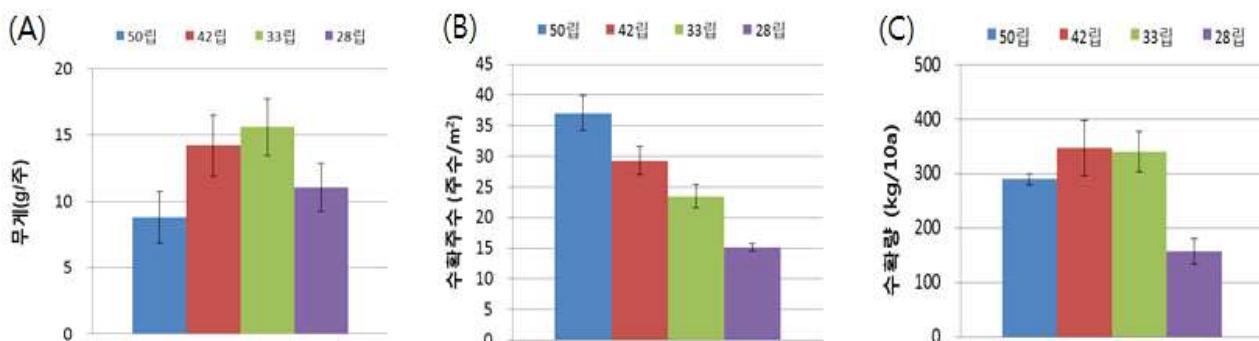


그림 3. 3년생 1립 파종구의 생산성 비교

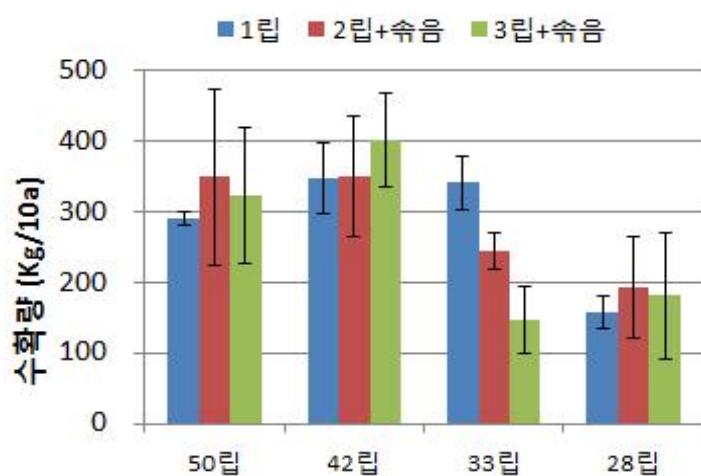


그림 4. 3년생 솔음처리구와 1립 파종구의 수확량 비교

[참고그림]



그림 5. 파종밀도에 따른 재래종 1년생 뿌리 생육(2013)



그림 6. 파종밀도에 따른 재래종 2년생 뿌리 생육(2014)



그림 7. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 재래종 2년생 뿌리 생육(2014)



그림 8. 파종밀도에 따른 재래종 3년생 뿌리 생육(2015)



그림 9. 속음작업 수행과 계속 미 수행에 따른 재래종 3년생 뿌리 생육(2015)



그림 10. 파종밀도에 따른 연풍 2년생 뿌리 생육(2015)

<1세부과제> (4년차) 인삼의 입모을 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명

(1) 건조처리 후 시간별 종자 수분함량 조사

개갑이 완료된 종자의 수분함량은 58.7%였으며, 100립중은 6.9g였다. 우선 ‘식 1’을 이용하여 50립의 무게로부터 수분함량을 예측하고 종자 건조 작업을 중간하였는데 예측치보다 실제 수분함량이 낮았다. 이는 처음 측정한 100립중에 오차가 있기 때문으로 생각된다. 종자갯수를 세고 내과피를 제거하는 과정중에 내과피가 쉽게 건조되므로 100립중은 정확하게 결정하기 어려운 면이 있어, 정확한 예측은 어려울 것으로 생각된다. 건조 시간별로 수분함량을 측정한 결과 내과피의 건조속도는 종자의 건조속도에 비해 빠르게 진행되었다(그림 11). 내과피가 열려 있어 종자의 건조도 같이 진행될 것으로 생각되었으나, 내과피가 종자의 건조를 막아주는 것으로 생각된다.

종자를 건조시키는데 4단계를 설정하였다. 건조 0, 7, 12, 24시간에 종자를 회수하였는데 각각 내과피를 포함한 수분함량이 55.8%, 36.8%, 20.2%, 8.1%였고(표23), 각 처리구를 I, II, III, IV로 이름 붙였다. 처리구 II는 내과피는 10.5%로 수분함량이 감소하여 건조가 느려지는 지점에 이르렀지만 종자의 수분함량은 건조전과 비교하여 10% 이내의 수분함량 감소만 보였다. 특이한 점은 중간건조구(III)의 종자는 반투명화되어 내부의 배를 볼 수 있었는데 완전건조(IV)시에는 다시 불투명해졌다(그림 12).

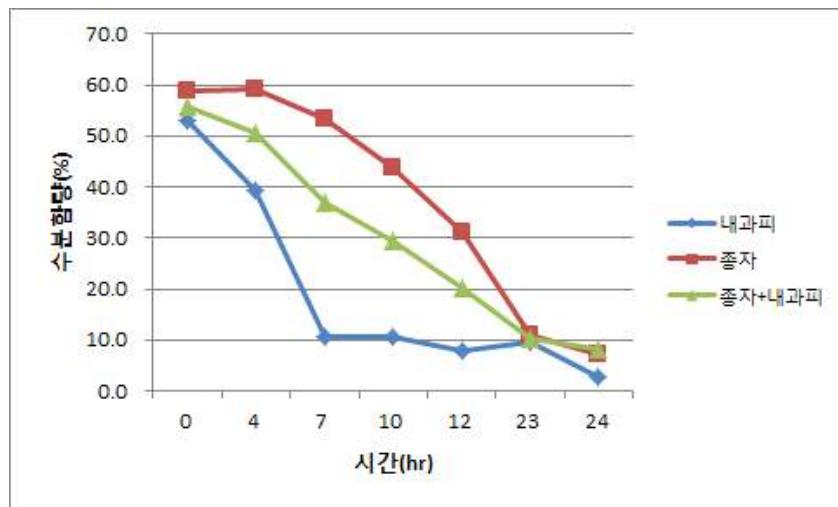


그림 11. 시간에 따른 종자 수분함량 변화 곡선

표 23. 건조시간에 따른 종자 수분함량과 백립중

Group	건조시간	수분함량(%)			건조 후	
		합	내과피	종자	100립중 (g)	
I	무건조	0hr	55.8	53.0	58.7	6.9
II	내과피건조	7hr	36.8	10.5	53.5	4.5
III	중간건조	12hr	20.2	7.8	31.2	3.6
IV	완전건조	24hr	8.1	2.7	7.3	2.9



그림 12. 시간별 종자건조 후 종자 형태. (상) 외관, (하) 내과피 제거한 종자.

(2) 휴면타파 처리 후 발아율 조사

영상 2도에 저장한 무건조구(I)는 발아시험 전 저장 상태에서 이미 50% 이상 발아해 있었고 침지하는 동안 추가로 발아가 시작되기도 하였다(그림 13.I). 지중 30-50 cm 깊이는 한 겨울철에도 저온이긴 하지만 영하로 떨어지지 않는데, 이 결과는 종자를 토양에 묻을 경우와 유사하므로 노지 저장시 파종전 발아할 우려가 있음을 보여주는 결과라고 할 수 있다.

저장 조건에 따라 종자 발아 속도는 달라서, '2도,I' 처리구는 치상 후 곧 발아를 시작했고 '2도,II', '-2도,I', '-2도, II'는 1주 후에, 나머지는 2주 후에 발아를 시작하거나 전혀 발아하지 않았다(그림 14). 발아속도가 다른 것은 건조된 종자들이 24시간의 침지만으로는 종자 수분함량을 충분히 회복하지 못한 것과, 건조된 상태에서 휴면타파가 충분히 일어나지 않은 것이 원인으로 생각된다.

2도와 -2도에 저장한 I, II 처리구는 모두 90% 이상의 발아율을 보였으나, III과 IV처리구는 발아율이 저조하였고, -20°C로 저장 종자의 발아율 및 출아율은 저조하여 저장조건으로 적당하지 않은 것으로 판단된다(표 24, 그림 15).

지상부 출현율(출아율)은 발아율과 동일하지는 않았다. 발아율이 높았던 무건조(I)로 2도에 저장한 종자들은 출아율이 60%에 머무른 반면, 내과피건조 처리구(II)는 2도와 -2도 모두 출아율이 90% 이상을 기록하였다(그림 12). 출아율은 $-2\text{도,II} \geq 2\text{도,I} > -2\text{도,II} > 2\text{도, I}$ 의 순으로 높았다. 종자 발아시험 결과가 토양에서도 반복되는지 상토 발아시험을 진행하였을 때 내과피건조구(II)는 무건조(I, -2도)보다 50% 출아율이 높았다. 그러나 영하 20도에 저장한 II 처리구는 모두 전혀 발아하지 않았다(그림 16). 내과피 건조구의 출아율 향상결과는 봄파종시 입모율 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



그림 13. 2도에 보관 후 95일 경과 후 종자. I:무건조, II:내과피건조, III:중간건조, IV:완전건조.

표 24. 종자 휴면타파시 저장조건에 따른 발아율과 출아율

종자수분함량	온도	처리	
		발아율	출아율
I (무건조)	2°C	97.8a	61.6c
	-2°C	90.2ab	81.4b
	-20°C	0.0f	0.0e
II (내과피건조)	2°C	100a	91.3a
	-2°C	98.1a	94.9a
	-20°C	0.0f	0.0e
III (중간건조)	2°C	68.2c	38.3d
	-2°C	58.7c	32.5d
	-20°C	19.9e	0.0e
IV (완전건조)	2°C	80.1b	0.0e
	-2°C	87.3b	0.6e
	-20°C	48.4c	0.0e

※ DMRT: 5% 유의수준

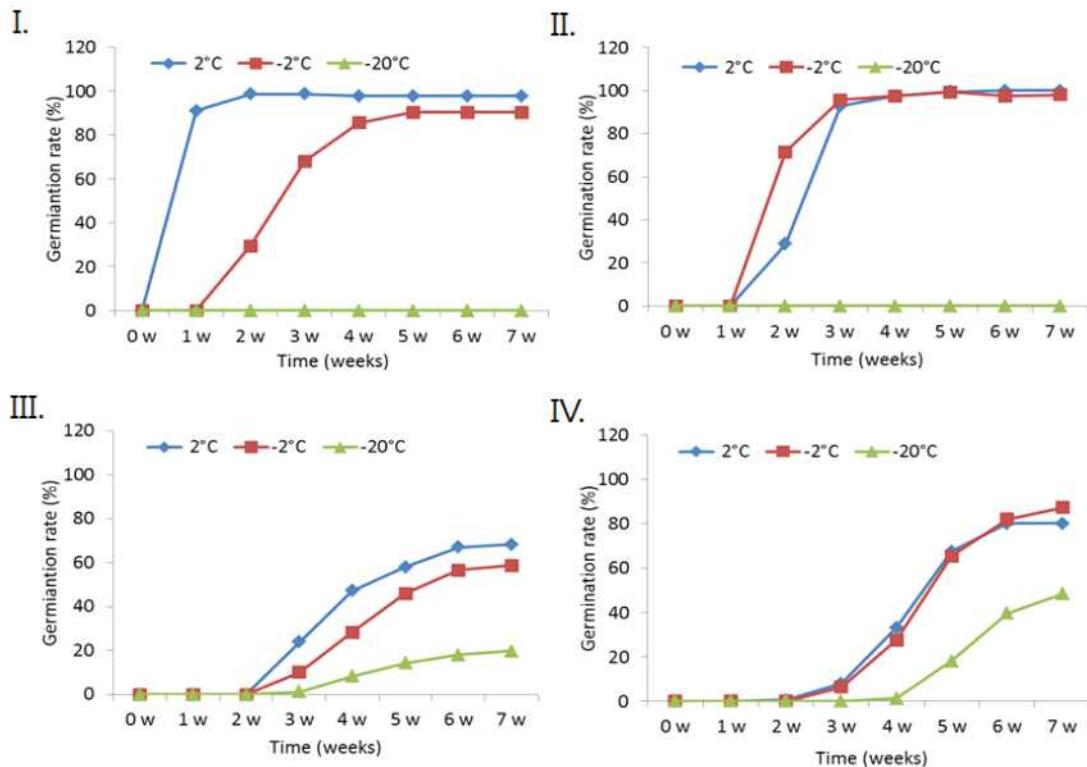


그림 14. 저온-휴면타파 저장 조건별 발아속도. I: 무건조, II: 내과피건조, III: 중간건조, IV: 완전건조

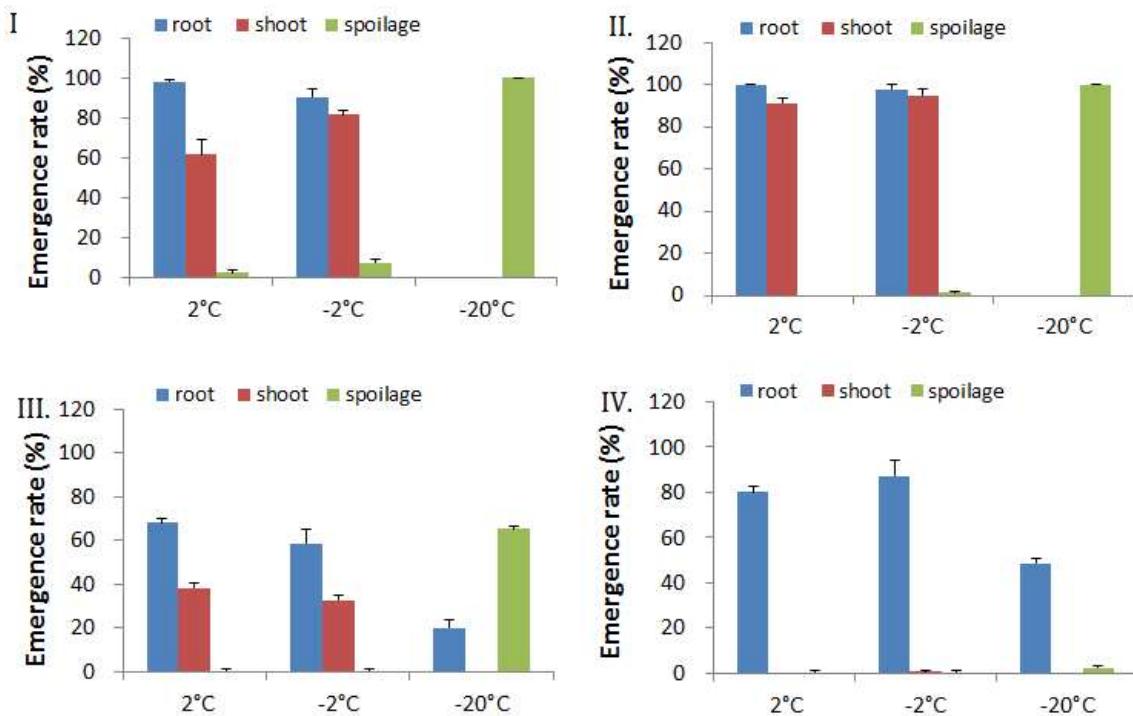


그림 15. 저장 조건별 발아율과 출아율 및 부패율. I: 무건조, II: 내과피건조, III: 중간건조, IV: 완전건조

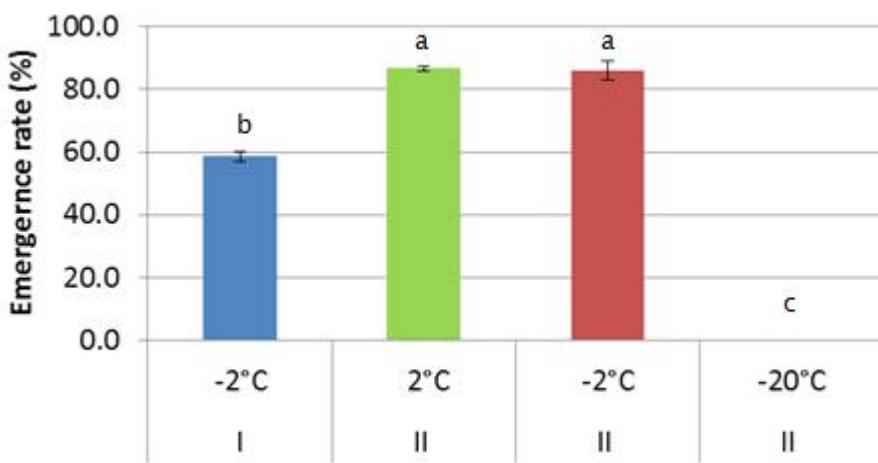


그림 16. 건조처리/무처리 종자의 상토파종후 출아율 조사. DMRT 5% 유의수준

(3) 종자활력조사 (TTC 검정)

발아와 출아가 양호했던 ‘2도,II’ 종자는 배유는 분홍색으로 배는 붉은 색으로 염색이 되었는데 나머지 ‘-2도,I’과 ‘-2도,II’도 비슷한 방식으로 염색이 되어 건전 종자의 기준으로 삼았다. 2도에 저장한 I 처리구는 종자가 발아시험 전에 발아해 버렸는데 이를 종자를 염색한 결과 종자 밖으로 나온 유근이 염색에 실패하였다. 이는 저장기간 중 발아한 유근들이 이미 활력을 잃었거나, 종자 침지 후 소독과정을 거치면서 죽어서 활력이 없는 것으로 생각된다(그림 17).

발아에 실패하였던 -20도에 저장한 종자들을 염색하였을 때 I 처리구는 배와 배유 모두 염색되지 않았다. II 처리구는 배는 일부 염색이 되었으나 배유는 역시 염색이 되지 않았다(그림 17). -20도 저장 종자들이 염색에 실패한 것은 높은 종자 수분상태에서 냉동 후 해동과정에서 세포막의 손상이 심했기 때문인 것으로 보인다. 중간건조(III) 및 완전건조(IV)는 같은 붉은색으로 염색되었는데 이것은 죽지는 않았지만 세포의 활력이 떨어져 있음을 보여주는 것으로, 일반적으로 건조된 종자는 냉동온도에서도 내성이 증가하는 것과 일치한다.



그림 17. 종자활력조사를 위한 TTZ 염색 결과: -20°C 저장구

(4) 2차 휴면타파 처리 결과

발아가 불량했던 중간건조구(III)와 완전건조구(IV)에 수분을 가한 후 저온처리를 하여 2차 휴면타파를 유도하였다. 중간건조구는 발아가 90% 이상 이루어지고 지상부의 출현율도 증가했는데, 이는 건조에 의해 휴면타파가 지연되었다가 2차 저온처리로 휴면타파가 일어났음을 보여 준다(그림 18). 완전건조구는 2차 휴면타파에도 발아에 실패하였는데, 이는 완전건조구는 한계 수분 이하로 건조되어 종자활력을 잃어버렸기 때문으로 판단된다.

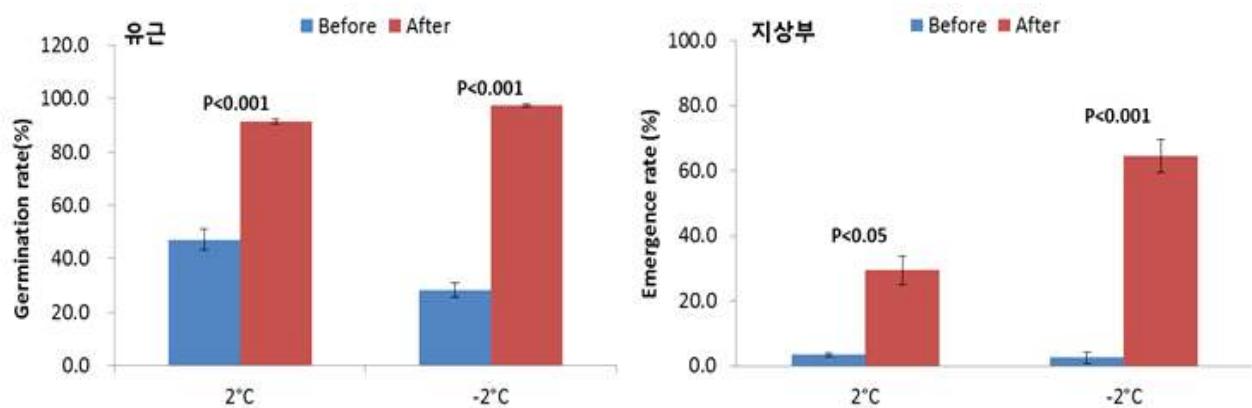


그림 18. 종자 건조 처리구(III)의 2차 휴면타파 처리에 의한 발아율(4주차)과 출아율(5주차) 향상

<2세부과제>(1~3년차) 하우스 이용 인삼 직파재배 유기물 선발 및 시비량 설정 연구

(1) 하우스 직파재배 유기물 처리에 따른 토양(사양토) 화학성 변화

유기물의 종류와 사용량에 따른 토양화학성의 연차별 분석결과 1년차에서는 유기물 사용량이 많을수록 EC와 NO₃-N와 P₂O₅ 유기물함량이 높게 분석결과가 나왔으나 2년차 3년차 해가 갈수로 그 차이가 줄어드는 경향이었으며 3년차에는 사용량에 따른 토양내 무기성분 농도가 거의 차이가 나지 않았다. 왕겨숯의 경우 사용량에 따라서 EC와 NO₃-N와 P₂O₅의 농도차가 다른 퇴비를 사용한 것에 비해 적었으며 유기물함량은 사용량에 따른 차이가 크게 나타났다. 이는 전반적으로는 토양내 유기물 함량이나 무기성분이 낮은 상태에서 예정지관리를 추진하고 유기물 처리를 했기 때문으로 생각된다.(표1, 2, 3)

<표1> 토양분석 결과(1년차, 2013년)

유기물		pH (v/v)	EC (dS/m)	NO ₃ -N (mg/L)	P ₂ O ₅ (mg/L)	OM (g/kg)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
							cmol ⁺ /L			
우분퇴비 (ton/10a)	1ton	6.2	0.28	10.7	182.6	9.7	0.08	6.09	1.21	0.08
	2ton	6.4	0.52	20.0	240.6	11.3	0.06	6.07	1.16	0.12
	3ton	6.7	0.79	32.0	387.6	11.8	0.08	6.03	1.51	0.24
우분분변토 (ton/10a)	1ton	6.3	0.14	3.7	194.6	4.1	0.09	4.81	0.95	0.04
	2ton	6.4	0.20	7.1	359.6	5.6	0.09	5.03	0.98	0.05
	3ton	6.5	0.69	26.8	600.3	11.0	0.12	7.15	1.60	0.13
볏짚퇴비 (ton/10a)	1ton	6.1	0.18	3.3	202.6	4.1	0.10	4.07	0.80	0.05
	2ton	6.3	0.21	5.4	223.3	7.4	0.12	5.82	0.95	0.05
	3ton	6.3	0.38	9.0	190.6	7.8	0.19	6.09	1.21	0.07
왕겨숯 (ton/10a)	1ton	6.1	0.12	1.5	162.4	4.0	0.08	3.94	0.75	0.04
	2ton	6.3	0.12	2.4	177.2	7.7	0.07	6.03	1.13	0.04
	3ton	6.8	0.19	4.2	163.9	10.1	0.09	6.13	1.05	0.04
갈잎퇴비 (ton/10a)	1ton	6.1	0.26	13.3	172.5	7.6	0.10	5.11	1.01	0.04
	2ton	6.4	0.34	20.7	203.0	10.8	0.07	7.18	1.29	0.05
	3ton	6.5	0.51	35.0	232.4	10.7	0.07	6.63	1.27	0.07
무처리구	-	6.2	0.13	3.3	168.1	4.1	0.09	5.62	0.98	0.04

* 무처리구 : 예정지관리 시 유박 1.2톤/10a을 사용하고 호밀과 수단그라스를 재배하여 토양에 혼화

<표2> 토양분석 결과(2년차, 2014년)

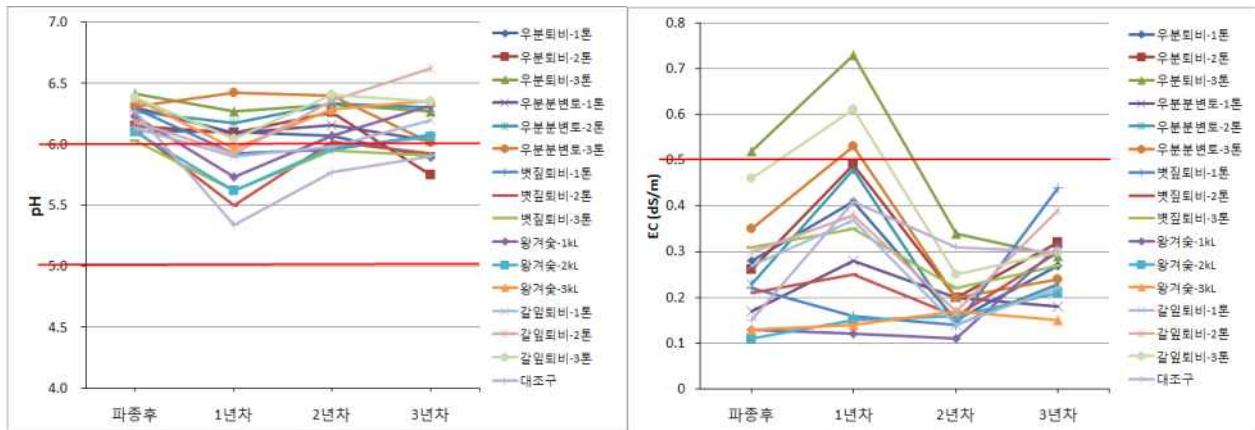
유기물		pH (v/v)	EC dS/m	NO ₃ -N mg/L	P ₂ O ₅ mg/L	OM (g/kg)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
							cmol ⁺ /L			
우분퇴비 (ton/10a)	1ton	6.07	0.15	10.0	152.2	5.43	0.07	1.09	0.07	5.52
	2ton	6.26	0.20	15.4	159.4	6.26	0.08	1.19	0.07	5.65
	3ton	6.33	0.34	18.0	253.86	10.21	0.09	1.34	0.09	5.85
우분분변토 (ton/10a)	1ton	6.16	0.20	15.3	202.47	4.96	0.08	1.12	0.07	5.83
	2ton	6.33	0.14	8.6	238.23	6.51	0.09	1.17	0.07	5.89
	3ton	6.40	0.20	14.3	332.99	7.46	0.09	1.31	0.08	6.51
볏짚퇴비 (ton/10a)	1ton	5.96	0.14	7.4	152.19	4.90	0.11	1.03	0.07	5.58
	2ton	6.02	0.16	12.7	192.76	6.73	0.13	1.10	0.08	6.06
	3ton	5.95	0.22	16.9	157.89	8.30	0.14	1.21	0.08	6.07
왕겨숯 (ton/10a)	1ton	6.07	0.11	5.7	154.98	8.06	0.08	0.99	0.06	5.73
	2ton	5.97	0.16	10.8	135.67	8.35	0.11	1.11	0.07	6.02

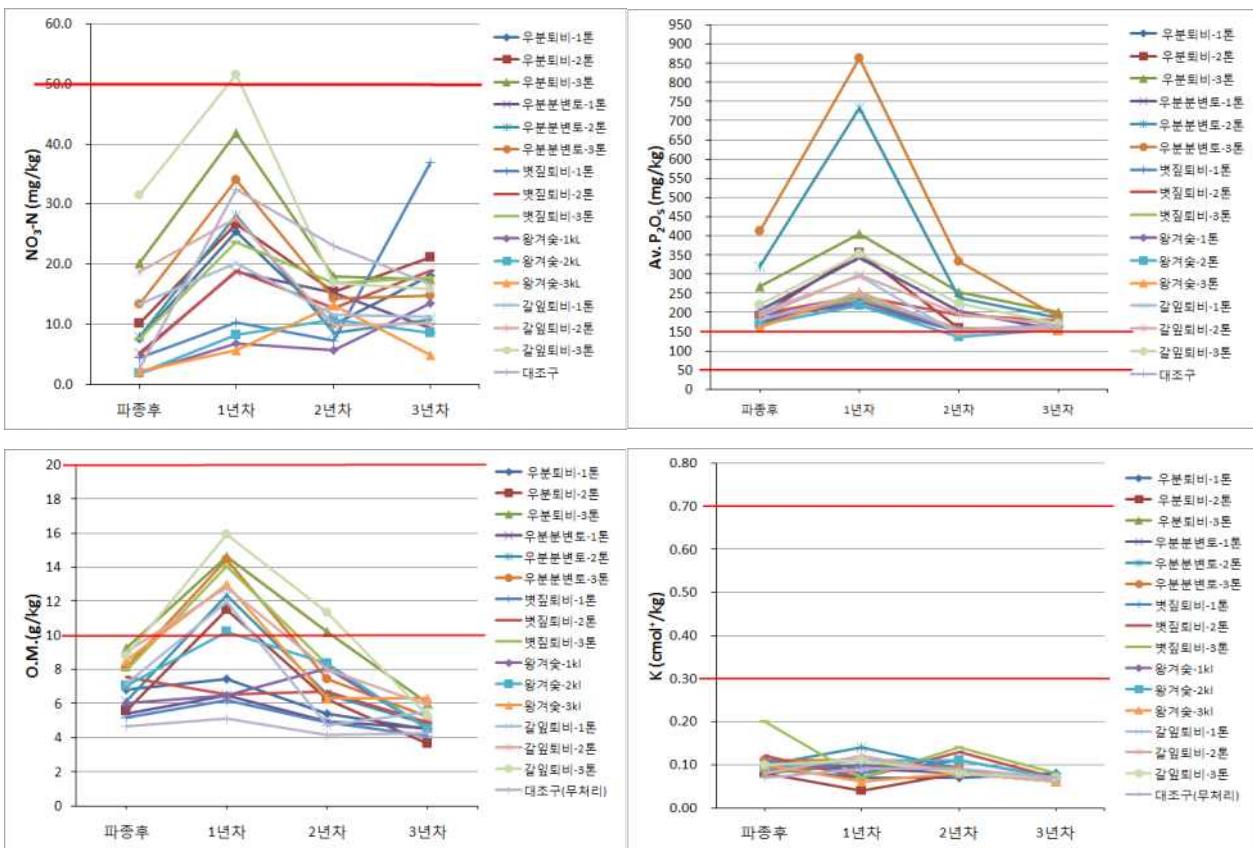
	3ton	6.29	0.17	13.3	150.15	6.31	0.08	1.03	0.07	5.60
갈잎퇴비 (ton/10a)	1ton	5.98	0.14	11.6	144.55	4.70	0.08	1.07	0.07	5.78
	2ton	6.36	0.17	9.9	196.52	7.99	0.08	1.19	0.06	6.18
	3ton	6.40	0.25	16.9	223.36	11.37	0.08	1.21	0.07	6.62
무처리구	-	5.77	0.31	23.2	153.98	4.17	0.09	1.12	0.08	5.89

<표3> 토양분석 결과(3년차, 2015년)

유기물	(v/v)	pH	EC	NO ₃ -Nm	P ₂ O ₅	OM	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
		dS/m	g/L	mg/L	(g/kg)	cmol ⁺ /L				
우분퇴비 (ton/10a)	1ton	5.89	0.27	18.15	160.63	4.51	0.08	5.51	1.11	0.09
	2ton	5.75	0.32	21.23	151.61	3.65	0.07	5.49	1.13	0.11
	3ton	6.27	0.29	17.45	201.19	6.02	0.06	5.87	1.14	0.10
우분분변토 (ton/10a)	1ton	6.03	0.18	9.40	154.33	4.54	0.06	4.77	0.95	0.08
	2ton	6.30	0.23	10.85	185.04	4.76	0.06	5.92	1.09	0.09
	3ton	6.01	0.24	14.74	189.43	5.23	0.06	5.36	1.08	0.09
볏짚퇴비 (ton/10a)	1ton	6.08	0.44	36.87	161.52	4.08	0.07	4.33	0.87	0.10
	2ton	5.93	0.30	18.91	179.66	4.87	0.07	5.64	1.04	0.09
	3ton	5.91	0.27	17.84	156.19	4.58	0.08	5.67	1.13	0.10
왕겨숯 (ton/10a)	1ton	6.32	0.31	13.59	169.16	4.54	0.07	5.76	1.03	0.10
	2ton	6.06	0.21	8.67	157.17	4.48	0.07	5.50	1.03	0.09
	3ton	6.36	0.15	4.90	153.67	6.32	0.06	5.66	0.98	0.08
갈잎퇴비 (ton/10a)	1ton	6.20	0.22	11.32	164.82	5.54	0.06	5.97	1.09	0.09
	2ton	6.62	0.39	10.22	169.86	5.92	0.06	5.91	1.08	0.09
	3ton	6.35	0.30	15.98	170.18	5.27	0.07	5.75	1.08	0.09
무처리구	-	5.90	0.30	16.75	165.61	4.28	0.07	4.97	0.98	0.09

그림1은 토양내 무기성분의 연차변화를 나타낸 그래프이다. 3년차 현재 pH, EC, NO₃-N 함량은 적정범위, 유효인산함량은 높은 상태, 그리고 칼륨함량과 유기물 함량이 적정범위 보다 낮게 나타났다. 이런 결과는 재배토양이 마사를 성토한 토양으로 충분히 유기물이 공급되지 않은 상태에서 인삼재배를 한 결과로 판단된다. 따라서 마사를 성토한 토양 관리에 대한 연구가 별도로 추진되어야 될 것으로 생각된다.

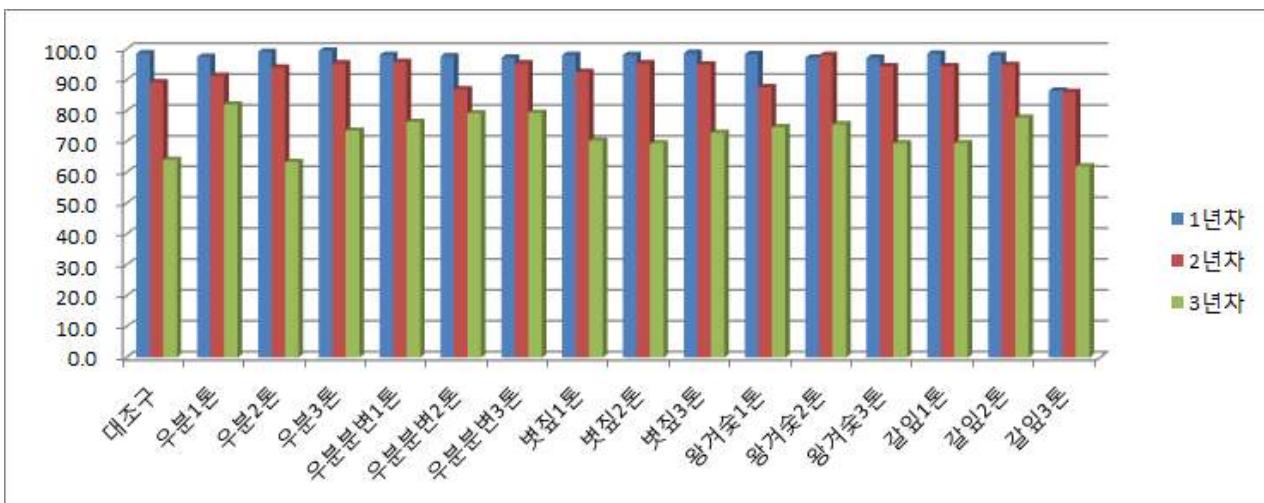




<그림 1> 유기물 처리에 따른 토양화학성의 연차별 변화(붉은 줄은 적정범위)

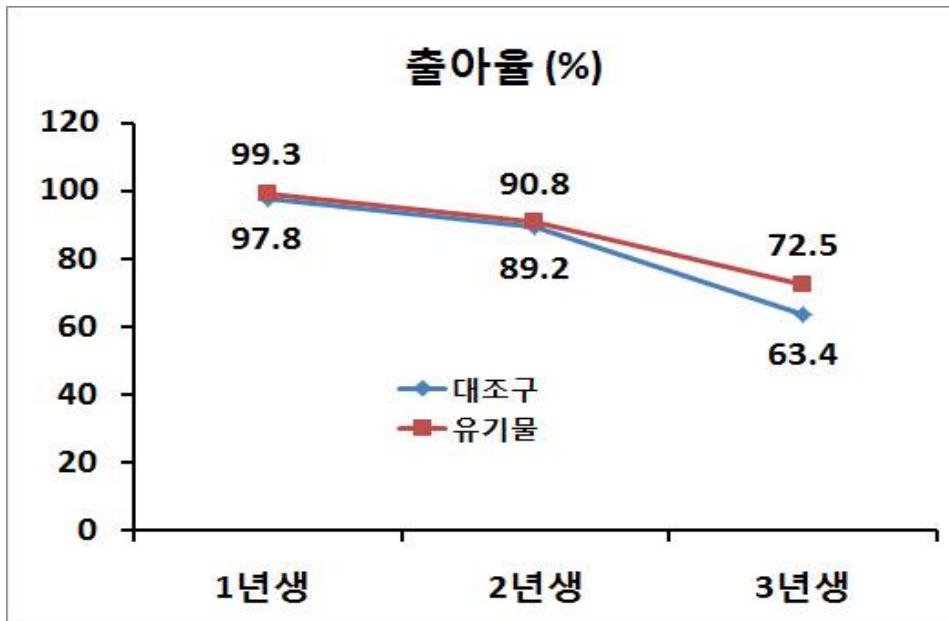
(2) 하우스 직파재배 유기물 종류 및 시비량에 따른 출아율

출아율은 유기물 종류와 시용량의 처리간 차이가 없었으며 다만 연차간에는 1년차에는 98%이상 출아율이 높았으나 2년차에는 10%정도 출아율이 낮은 89%내외 3년차에는 출아율이 20%정도 급격하게 떨어지는 경향이 있다.(그림2)



<그림2> 하우스 직파재배 유기물 종류 및 시비량에 따른 출아율

출아율을 조사한 결과 유기물 종류에 상관없이 유기물 시용구와 대조구를 비교했을 때 1~2년 차에서는 출아율이 차이가 없었으나 3년차에는 대조구에 비해 유기물 시용구에서 출아율이 9% 정도 높아 유의성 있게 차이가 났다. 따라서 예정지관리 후 토양내 EC가 낮을 경우 잘 부숙된 우분퇴비, 우분분변토, 벗짚퇴비 등의 퇴비를 1~3ton 사용하는 것은 출아율을 높일 수 있는 것으로 판단된다.



<그림3> 직파재배시 유기물 시용구와 무시용구의 출아율

(3) 하우스 직파재배 유기물 종류 및 시비량에 따른 지상부 생육

지상부 생육은 연차별로 일관성 있는 결과를 나타내지 않아 해석에 어려움이 있었다. 1년 차에서는 유기물 종류와 시용량에 따른 지상부생육 차이가 크지 않았으나 우분분변토에서 생육이 양호하게 나타났고 왕겨숯의 경우 사용량이 많을수록 초장이 짧고 엽면적이 좁은 결과를 보였다.(표4) 2년차의 지상부 생육 중 초장은 대조구(20.2cm)에 비해 우분분변토(22.8cm)와 벗짚퇴비(22.7cm)에서 길었으며, 경직경은 대조구 2.1 mm였고 우분분변토 3ton, 벗짚퇴비 3ton, 왕겨숯 2kl 등이 2.4 mm로 높았다.(표5) 3년차 지상부 생육은 유기물 종류에 따라 차이가 없었고 유기물의 투입량에 따라 초장, 경장, 엽장, 엽폭, 경직경에서 대조구에 비해 유기물을 처리하였을 때 높게 나타났다.(표6)

지상부 생육 역시 1년차에는 유기물 종류와 시용량에 따라 차이가 있었으나 년차가 경과될 수록 차이는 좁혀져 처리 간 차이가 없었다.

<표4> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지상부 생육(1년차, 2013년)

유기물	형질 사비량(톤)			초장(cm)			엽면적(cm ²)			SPAD		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
우분퇴비	13.3	14.0	14.2	11.8	12.3	9.2	34.7	35.6	36.4			
우분분변토	15.6	15.0	15.5	12.1	13.1	10.8	36.1	36.2	36.4			
볏짚퇴비	13.2	14.7	14.3	10.9	13.2	10.5	34.5	35.6	35.1			
왕겨숯	14.8	14.2	13.4	13.1	10.9	9.2	34.6	34.7	33.5			
갈잎퇴비	15.8	14.1	15.9	11.1	11.5	12.1	37.0	36.7	37.2			
LSD	1.06	1.24	1.22	1.85	1.90	1.59	2.83	2.54	4.42			

※ LSD : 5% 유의 수준

<표5> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지상부 생육(2년차, 2014년)

유기물	초장(cm)	엽장(cm)	엽폭(cm)	엽병장(cm)	경직경(mm)
대조구	20.2d	7.3ef	3.4cd	2.8cd	2.1cd
우분퇴비 1ton	22.3a	9.0a	3.7ab	2.9bcd	2.2abc
우분퇴비 2ton	20.5cd	8.4bcde	3.4bcd	3.3a	2.1cd
우분퇴비 3ton	21.2cd	8.7abcde	3.6abc	3.1ab	2.1cd
우분분변토 1ton	21.5ac	8.4bcde	3.5abcd	3.1abc	2.2bcd
우분분변토 2ton	20.1d	8.4cd	3.5abcd	3.1ab	2.2bcd
우분분변토 3ton	22.8a	9.0ab	3.6abc	2.9bcd	2.4a
볏짚퇴비 1ton	21. cd	8.2e	3.3d	2.9bcd	2.1d
볏짚퇴비 2ton	22.3a	8.8abcd	3.5abcd	2.9bcd	2.2bcd
볏짚퇴비 3ton	22.7a	9.0ab	3.6abcd	2.9bcd	2.4a
왕겨숯 1kl	22.7a	9.0a	3.7a	2.9bcd	2.3abc
왕겨숯 2kl	22.4a	8.9abc	3.7ab	2.8cd	2.4a
왕겨숯 3kl	21.2cd	8.7abcde	3.5abcd	3.1abcd	2.1cd
갈잎퇴비 1ton	21.7ac	8.8abcde	3.6abc	2.9bcd	2.2bcd
갈잎퇴비 2ton	20.8cd	8.3d	3.4cd	2.8d	2.2cd
갈잎퇴비 3ton	22.2a	8.7abcde	3.7ab	3.0abcd	2.3ab

*DMRT .05

<표6> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지상부 생육(3년차, 2015년)

유기물	입모율 (%)	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽록소 (SPAD)
우분퇴비 0ton	63.4	32.1	15.2	9.6	4.2	3.7	29.8
우분퇴비 1ton	82.1	42.0	20.0	14.5	5.6	5.5	31.0
우분퇴비 2ton	63.4	38.4	18.3	13.5	5.3	5.0	29.5
우분퇴비 3ton	73.6	42.3	20.3	14.4	5.4	5.2	29.8
평균	70.6	38.7	18.5	13.0	5.1	4.9	30.0
우분분변토 0ton	63.4	32.1	15.2	9.6	4.2	3.7	29.8
우분분변토 1ton	67.6	38.3	17.2	13.7	5.3	4.9	29.7
우분분변토 2ton	79.2	38.6	17.3	14.1	5.4	5.0	28.9
우분분변토 3ton	79.4	40.9	19.1	14.2	5.4	5.2	31.6
평균	72.4	37.5	17.2	12.9	5.1	4.7	30.0
볏짚퇴비 0ton	63.4	32.1	15.2	9.6	4.2	3.7	29.8
볏짚퇴비 1ton	70.4	36.8	17.1	13.2	5.1	4.6	27.6
볏짚퇴비 2ton	69.4	39.4	17.7	14.4	5.5	5.2	30.7
볏짚퇴비 3ton	72.8	41.4	19.2	14.6	5.7	5.3	31.8
평균	69.0	37.4	17.3	13.0	5.1	4.7	30.0
왕겨숯 0kl	63.4	32.1	15.2	9.6	4.2	3.7	29.8
왕겨숯 1kl	74.7	41.8	19.2	14.3	5.5	4.9	29.2
왕겨숯 2kl	75.6	39.7	18.5	13.8	5.4	4.9	30.0
왕겨숯 3kl	74.5	36.8	16.7	13.6	5.2	4.9	29.5
평균	72.1	37.6	17.4	12.8	5.1	4.6	29.6
갈잎퇴비 0ton	63.4	32.1	15.2	9.6	4.2	3.7	29.8
갈잎퇴비 1ton	69.4	38.5	17.7	12.9	5.1	4.7	28.2
갈잎퇴비 2ton	77.8	40.3	18.8	14.3	5.4	5.1	29.9
갈잎퇴비 3ton	58.3	40.8	18.8	14.1	5.3	4.9	31.1
평균	67.2	37.9	17.6	12.7	5.0	4.6	29.8
유기물종류	ns ^(a)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
투입량	ns	***	***	***	***	***	ns
유기물종류 × 투입량	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns *,**,***; 유의성 없음, $P=0.05, 0.01, 0.001$

(4) 하우스 직파재배 유기물 종류 및 시비량에 따른 지하부 생육

1년차 지하부 생육은 유기물 종류간에는 우분분변토, 벗짚퇴비, 갈잎퇴비에서 좋은 경향이었고 시용량에 따라서는 우분분변토는 시용량이 많을수록 생육이 좋은 경향이었으며 왕겨숯과 벗짚퇴비는 시용량이 많을수록 생육이 부진한 경향을 보였다. 2년차 생육에서 벗짚퇴비 2, 3톤에서 균직경과 균중의 생육이 좋았다. 3년차 지하부 생육을 조사한 결과 지하부 생육지표는 균장, 균직경, 균중으로 전반적으로 벗짚퇴비에서 균장, 균직경, 균중에서 좋은 결과를 얻었다. 시용량에 따라서는 우분퇴비, 우분분변토, 벗짚퇴비는 많을수록, 왕겨숯과 갈잎퇴비는 적을수록 생육이 좋았다. 특히 균중의 경우 퇴비 종류에 따라 시용량을 달리해야 되므로 농가에서는 유의해야 할 것으로 판단된다.

<표7> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지하부 생육(1년차, 2013년)

유기물	형질 시비량(톤)	근장(cm)			근직경(mm)			근중(g)			비정상근 발생율(%)		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
우분퇴비		7.2	9.4	8.5	5.3	4.8	5.7	0.6	0.6	0.8	6	12	19
우분분변토	10.3	11.1	12.9	5.0	5.1	5.4	0.7	0.7	0.7	2	3	7	
볏짚퇴비		11.3	9.4	8.2	4.0	4.0	5.0	0.6	0.7	0.7	3	4	8
왕겨숯		12.2	8.1	6.4	3.7	4.2	6.0	0.7	0.5	0.6	2	5	6
갈잎퇴비		11.3	8.0	12.4	4.8	4.7	5.0	0.7	0.5	0.7	2	5	6
LSD		2.28	2.50	2.03	0.56	0.57	0.47	0.09	0.10	0.16	0.71	0.45	0.65

※ LSD : 5% 유의 수준

<표8> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지하부 생육(2년차, 2014년)

유기물	근장(cm)	근직경(mm)	측근수(NO)	근중(g)
대조구	15.5c	10.2d	5.0cd	3.4f*
우분퇴비 1ton	20.7a	10.7abcde	15.0a	5.7bcd
우분퇴비 2ton	18.8a	9.9d	4.7d	4.1ef
우분퇴비 3ton	16.4c	11.7abcde	7.6bcd	5.4bcde
우분분변토 1ton	16.5c	10.6abcde	8.6bcd	4.9cde
우분분변토 2ton	14.4c	9.8d	7.1bcd	4.3def
우분분변토 3ton	16.3c	11.0abcde	8.4bcd	5.4bcde
볏짚퇴비 1ton	16.6c	9.4e	8.9bcd	4.5def
볏짚퇴비 2ton	19.3a	12.2abc	6.9bcd	6.2abc
볏짚퇴비 3ton	19.4a	12.4a	8.7bcd	7.3a
왕겨숯 1kg	16.3c	10.8abcde	7.5bcd	5.2bcde
왕겨숯 2kg	18.9a	10.3cde	8.1bcd	5.3bcde
왕겨숯 3kg	16.3c	9.4e	9.0bc	4.3def
갈잎퇴비 1ton	16.3c	10.5abcd	9.4b	4.1ef
갈잎퇴비 2ton	17.5c	10.5bcde	5.1cd	4.2efg
갈잎퇴비 3ton	17.4c	12.3ab	10.1b	6.4ab

*DMRT .05

<표9> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 지하부 생육(3년차, 2015년)

유기물	근장 (cm)	동체장 (cm)	근직경 (mm)	잠아폭 (mm)	잠아장 (mm)	측근 (NO)	지근 (NO)	근중 (g)
우분퇴비0ton	20.3	6.0	13.7	6.5	10.4	5.9	2.4	9.0
우분퇴비1ton	21.3	5.4	16.6	7.7	11.8	9.5	3.3	16.8
우분퇴비2ton	24.1	6.2	14.7	7.4	8.8	9.9	3.0	15.1
우분퇴비3ton	17.7	5.4	17.7	8.2	12.4	10.9	3.0	16.0
평균	20.9	5.8	15.7	7.5	10.9	9.1	2.9	14.2
우분분변토0ton	20.3	6.0	13.7	6.5	10.4	5.9	2.4	9.0
우분분변토1ton	20.8	5.9	12.7	5.2	6.8	7.0	2.7	12.4
우분분변토2ton	20.3	4.7	16.9	6.7	10.3	9.4	3.2	16.1
우분분변토3ton	22.3	7.7	16.1	7.9	13.6	12.3	3.3	16.8
평균	20.9	6.1	14.9	6.6	10.3	8.7	2.9	13.6

볏짚퇴비 0ton	20.3	6.0	13.7	6.5	10.4	5.9	2.4	9.0
볏짚퇴비 1ton	20.9	5.7	16.3	6.7	10.7	9.4	3.1	14.7
볏짚퇴비 2ton	23.1	5.8	17.0	8.1	12.3	7.7	2.7	15.5
볏짚퇴비 3ton	23.1	7.8	16.9	7.1	11.5	13.5	3.0	19.8
평균	21.9	6.3	16.0	7.1	11.2	9.1	2.8	14.8
왕겨숯 0kl	20.3	6.0	13.7	6.5	10.4	5.9	2.4	9.0
왕겨숯 1kl	20.2	6.3	14.5	7.2	31.4	9.6	2.8	14.5
왕겨숯 2kl	22.8	7.2	16.1	6.6	10.3	10.4	2.6	13.6
왕겨숯 3kl	20.4	8.0	11.1	5.8	6.7	5.3	2.4	7.8
평균	20.9	6.9	13.9	6.5	14.7	7.8	2.6	11.2
갈잎퇴비 0ton	20.3	6.0	13.7	6.5	10.4	5.9	2.4	9.0
갈잎퇴비 1ton	23.8	7.6	16.2	7.4	12.3	9.9	3.0	16.5
갈잎퇴비 2ton	19.6	5.3	13.9	6.6	8.7	8.5	2.7	13.7
갈잎퇴비 3ton	19.8	7.1	16.6	7.6	12.1	8.6	2.5	14.4
평균	20.9	6.5	15.1	7.0	10.9	8.2	2.7	13.4
유기물종류	ns ^(a)	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
투입량	*	ns	ns	ns	ns	ns	***	***
유기물종류 × 투입량	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns

ns *,**,***; 유의성 없음, $P=0.05, 0.01, 0.001$



<그림4> 유기물 시비 종류에 따른 재래종 3년생 지하부 생육

(5) 유기물 시비 종류에 따른 재래종 3년생 지하부 생리장애 및 병해

인삼의 생리장애는 다양한 원인에 의해서 발생이 되며 상황이나 주변 환경에 따라 발생 정도가 달라질 수 있으며 다양한 요인에 의해 발생하기 때문에 어느 요인을 단정하기는 어렵다. 그러나 유기물 종류와 투입량에 따라서는 발생정도가 달라질수 있으므로 검토가 필요할 것으로 생각된다. 축분퇴비를 사용하게 되면 토양내 EC와 무기염류 농도를 증가시켜 적은 량으로도 쉽게 생리장애를 발생시킬 수 있다(Jang *et al.*, 2013; Jin *et al.*, 2009). 본 실험에서 적변의 발생은 유기물종류, 투입량, 유기물과 투입량의 상호작용에서 유의성이 없었으나 은피발생과 뿌리썩음은 투입량의 영향이 있었다. 은피발생은 대조구(무처리)에서 높았다. 뿌리썩음 발생은 유기물 무처리에서 높았고 유기물 3톤/10a 처리에서 낮은 것으로 나타났다. 본 실험에서의 생리장애와 뿌리썩음 발생율이 일반적으로 퇴비를 많이 사용하여 토양에 과도하게 무기성분 함량이 높을 때 생리장애와 뿌리썩음이 많이 나타나는 것과는 다른 경향을 보였다.

<표9> 하우스 직파재배 시 유기물 사용에 따른 생리장애와 뿌리썩음 발생(3년차, 2015년)

유기물	적변 ^y	은피	뿌리썩음(%)
우분퇴비0ton	2.0	2.0	37.1
우분퇴비1ton	1.6	1.1	23.6
우분퇴비2ton	1.3	1.3	35.1
우분퇴비3ton	1.8	1.5	1.9
평균	1.7	1.5	24.4
우분분변토 0ton	2.0	2.0	37.1
우분분변토 1ton	1.7	1.2	17.3
우분분변토 2ton	1.3	1.3	10.5
우분분변토 3ton	1.7	1.6	5.9
평균	1.7	1.5	17.7
볏짚퇴비 0ton	2.0	2.0	37.1
볏짚퇴비 1ton	1.8	1.5	31.0
볏짚퇴비 2ton	2.0	1.9	21.9
볏짚퇴비 3ton	1.8	1.5	6.1
평균	1.9	1.7	24.0
왕겨숯 0kl	2.0	2.0	37.1
왕겨숯 1kl	1.7	1.4	10.5
왕겨숯 2kl	1.7	1.8	25.8
왕겨숯 3kl	1.6	1.4	26.5
평균	1.7	1.6	25.0
갈잎퇴비0ton	2.0	2.0	37.1
갈잎퇴비1ton	1.8	1.6	22.5
갈잎퇴비2ton	2.0	1.2	2.2
갈잎퇴비3ton	2.2	1.3	14.7
평균	2.0	1.5	19.1
유기물종류	ns ^{a)}	ns	ns
투입량	ns	***	*
유기물종류 × 투입량	ns	ns	ns

^y적변 및 은피: 1: 0% 이하; 2: 10미만; 3: 11~30%; 4: 31~50%; 5: 50% 이상

^{a)}ns *,**,***; 유의성 없음, P=0.05, 0.01, 0.001

<2세부과제> (4년차) 인삼의 지상부 피해 시기가 놔두형성에 미치는 영향

(1) 인삼의 지상부 피해시기별 뿌리 생육

인삼의 재해에 대한 연구는 주로 해가림 시설에 대한 연구가 추진되고 보험에 반영되어 있으나 인삼의 피해에 대한 정확한 지표가 없으며 인삼의 바람피해를 받았을 경우 어떻게 대처하고 어떻게 영농지도를 할지에 대해 연구된 바가 없다. 따라서 본과제는 인삼이 돌풍이나 바람에 의해 지상부에 피해를 받았을 경우 피해시기에 따라서 뿌리생육과 감모정도를 보고자 하였다. 또한 피해시기에 따라 놔두형성정도와 크기 등을 조사함으로 이듬해 지상부, 지하부 생육과 출아율 등에 어떤 영향을 미치는지를 보고자 하였다.

피해시기가 늦을수록 뿌리가 크고 무거웠다. 5월상순에 피해를 입은 구는 뿌리가 크기 전이므로 전년(11.2~14.2g)보다 근중이 감소되었다. 8월 상순에 피해를 받은 인삼은 대조구에 비해 근중이 약 15% 감소했지만 유의성은 없었다. 5월과 6월 말에 피해를 입은 처리구는 대조구에 비해 근중이 각각 38%, 61%에 불과하였다.

<표10> 바람에 의한 인삼의 지상부 피해 시기별 뿌리 생육 (4년차, 2016년)

항목 피해시기	근장 (cm)	근직경 (mm)	근중 무게(g)	비율(%)
5월상	17.2 b	14.8 c	9.5 c	37.5
6월중	24.0 a	16.2 b	15.5 b	61.3
8월상	26.4 a	17.9 a	21.4 a	84.6
10월중(대조구)	25.0 a	18.2 a	25.3 a	100

DMRT .05



<그림5> 피해시기별 뿌리의 모양

(2) 피해 시기별 놉두의 크기

농두는 이듬해 인삼의 지상부 크기를 결정짓는 중요한 요소이며 결국은 인삼의 지하부 생육에 지대하게 영향을 미치는 중요한 요소일 것이다. 지상부 피해 시기별 놉두의 발달정도와 크기를 조사한 결과 놉두의 크기 역시 피해시기가 늦을수록 컷으며 5월 상순 피해구는 정상구의 40% 정도의 크기로 이듬해 출아가 제대로 될 수 있을지 검증이 필요할 것으로 생각되었다. 정상수확한 대조구에 비해 6월중순 피해구에서는 73~76%, 8월중순 피해구에서는 85~90% 성장하는 것으로 나타났다.

<표 11> 바람에 의한 인삼의 지상부 피해 시기별 놉두 크기 (4년차, 2016년)

항목 피해시기	농두폭		농두길이	
	크기(mm)	비율(%)	크기(mm)	비율(%)
5월상	2.5	39.7	4	38.8
6월중	4.8	76.2	7.5	72.8
8월상	5.7	90.5	8.7	84.5
10월중(대조구)	6.3	100.0	10.3	100.0



<그림6> 피해시기별 놉두의 크기와 모양

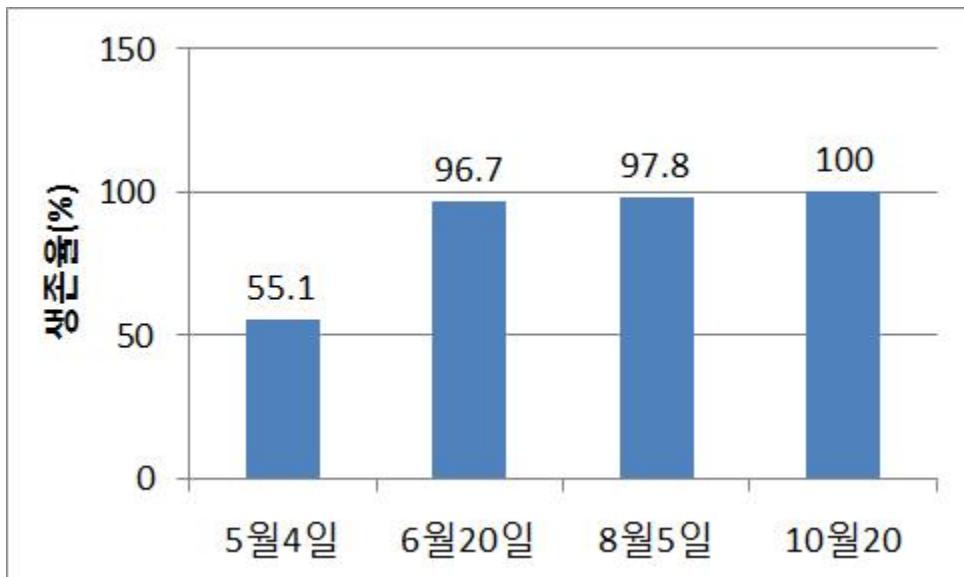
(3) 피해 시기별 뿌리의 생리장애 및 뿌리썩음 정도

인삼의 지상부 피해시기별 뿌리의 생리장애 발생정도를 조사하였는데 5월상순에 피해구에서 전반적으로 40% 내외로 발생되었으며 6월중순 처리구와 8월상순 처리구에서는 거의 발생되지 않았다.<표 12> 표7은 피해시기에 따른 인삼의 뿌리의 생존율을 조사한 것으로 뿌리썩음비율과 유사한 결과이다. 이러한 결과가 나온 원인이 5월상순 피해구는 돌풍에 하우스가 파손되어 식물체가 바람에 훈들리고 비를 맞는 등 뿌리가 스트레스를 받고 상처를 통한 병원균의 침입에 의한 영향 때문인지 검토가 필요할 것으로 생각된다.

<표 12> 인삼의 지상부 피해 시기별 생리장애 및 뿌리썩음 발생정도(4년차, 2016년)

피해시기 \ 항목	적변정도(%)	은폐정도(%)	뿌리썩음(%)
5월중	43.0 b	39.3 b	44.9 b
6월중	34.8 a	20.7 a	3.3 a
8월상	25.2 a	18.1 a	0.0 a
10월중	22.5 a	27.1 a	0.0 a

*DMRT .05



<그림 7> 피해시기별 뿌리생존율

이상의 결과를 요약하면 바람피해 시기가 빠를수록 뿌리 감모율이 높았다. 5월 상순 피해구에서는 근중이 전년보다 크기가 오히려 줄어든 결과를 얻었으며 대조구의 37.5%정도였고 뇌두의 크기도 39% 정도로 작으며 생리장애 발생도 높으며 뿌리생존율도 낮은 결과를 보였다. 6월 중순피해구도 근중의 감모율이 대조구에 비해 40%정도로 높았고 뇌두의 크기도 대조구의 70% 정도의 크기였다. 8월 중순 이후피해구에서는 근중과 뇌두크기가 대조구의 85% 이상으로 감모율이 적었다.

이상의 결과를 참고하여 바람등에 의한 인삼 지상부 피해 농가의 영농지속 여부를 판단할 수 있는 기초 자료로 활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

<1협동과제> 하우스 이용 인삼 직파재배 수분관리기술 개발

가. 인삼 하우스 직파재배 관수량별 연차간 수량성 구명

(1) 비기립하우스내 월별 온도 및 습도

인삼 시험기간인 2013년부터 2016년까지 4월에서 9월 하우스 해가림내의 온도 변화를 보면 4월~5월 까지 최고온도는 17.3~22.3°C였으며, 고온기가 시작되는 6월에는 26.7°C, 고온기인 7월부터 9월에는 최고온도가 30°C 이상으로 높았다(그림 1), 하우스내 4~10월까지의 최고습도는 84.3%, 최저습도 56.6%, 평균 습도는 69%의 습도를 보였다(그림 2)



그림 1. 하우스내 온도

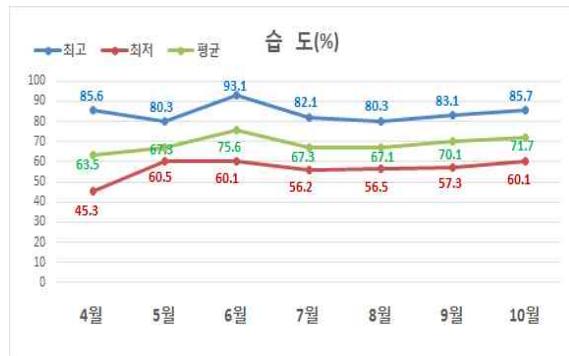


그림 2. 하우스내 습도

(2) 하우스시설 내 광량변화[광합성유효광량자속밀도(PPFD), umole/m²/s]

하우스내 월별 광량은 5월에 비하여 점차 증가하기 시작하여 8월에 최고로 높았으며, 9월에는 감소하는 경향이었다. 따라서 인삼재배에 적정한 시설 내 온도유지 및 최대광량을 위한 인삼 하우스재배 전용차광재 개발이 필요할 것으로 판단된다(그림 3).

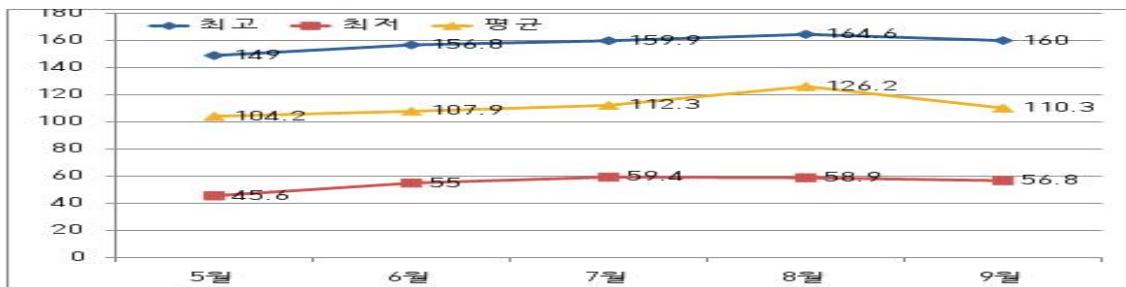


그림 3. 하우스시설 내 습도 광량변화

(3) 시험포장 토양 화학성

시험포장의 토양화학성을 조사한 결과는 표 1에서와 같이 토성은 식양토였으며 시험토양의 pH는 인삼재배 적합 범위보다 약간 높은 6.5 이었으나 인삼재배 허용 범위였으며, EC은 0.65dS/m로 적합 범위보다 약간 높았다. P₂O₅ 함량은 158.6mg/kg으로 밭 재배 토양에 적합한 범위였고, 유기물 함량은 17.0g/kg, NO₃-N은 81mg/kg으로 인삼 표준재배기준에 적합한 범위였다. 치환성 양이온인 K 0.48, Mg 0.7, Ca 2.0 cmol⁺/kg으로 인삼 표준재배기준에 비하여 부족한 토양화학성을 보였다(표 1).

표 1. 시험포장의 토양 화학성

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Ex-cation(cmol ⁺ /kg)		
						K	Mg	Ca
토양화학성	6.5	0.65	158.6	17.0	81	0.48	0.7	2.0

(3) 시험포장의 관수량별 토양수분함량(식 양토)

표 2. 관수량별 토양수분 함량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	평균
30kPa	15.4	17.8	18.3	18.5	21.0	21.0	20.3	20.0	21.5	21.0	19.5
40kPa	15.0	15.3	16.7	17.3	17.3	17.0	19.1	18.7	20.7	20.0	17.7
50kPa	14.0	14.3	15.5	16.0	16.3	16.5	17.0	16.8	17.0	17.0	16.0

표 3. 관수량별 관수량

구 분	관수량		
	30kPa	40kPa	50kPa
관수량(ℓ/10a)	24,000~25,000	21,000~22,000	18,000~20,000

인삼 하우스시설재배의 입모율 향상과 연근별 적정토양수분함량 설정을 위하여 토양수분 장력을 30kPa, 40kPa, 50kPa로 처리하였으며, 토양수분장력별 관수량은 10a 당 30kPa 24,000~25,000 ℓ, 40kPa 21,000~22,000 ℓ, 50kPa은 18,000~20,000 ℓ을 관수하였으며(표 3), 시험포장의 토성은 양토였다. 시험포장에서 관수량별 1월~10월까지의 평균 절대수분함량을 조사 한 결과 30kPa의 중량수분함량은 19.5%, 40kPa 17.7%, 50kPa 16.0%였다. 인삼재배에 적합한 최적 토양 수분함량은 절대수분함량으로 18.9%이다(Lee *et al.*, 1982; Mok *et al.* 1981). 인삼의 생육과 토양수분 관계에 대한 연구에서 토양수분이 부족할수록 엽면적이 감소하고 고온장해 발생이 증가되며(Lee *et al.*, 1982), 포장용수량의 40%이하에서는 생육이 현저히 억제되고(Nam er al., 1980), 포장용수량의 31.5%(절대수분함량 10.7%)에서는 생육이 정지된다고 하였다(Mok *et al.* 1981). 따라서 본시험에서의 관수량처리별 토양수분함량인 30kPa과 40kPa은 인삼재배에 적합한 절대수분함량을 보였으며, 50kPa은 약간 부족 한 절대수분함량을 보였으나 관수 개시점을 20kPa로 설정하여 관수를 함으로서 인삼생육에 영향을 미치는 절대수분함량에서는 큰 영향을 받지 않았다. 따라서 하우스시설에서의 인삼재배에 적합한 토성별 토양수분 함량에 대한 검토가 필요하며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요 할 것으로 생각 된다(표 2).

(4) 수분함량별 출현기 및 입모율

인삼 시설 하우스재배시 관수량에 따른 품종별 출현기와 입모율을 조사한 결과는 다음과 같다(표 4). 수분함량별 출현기는 금풍은 40kPa에서 4월 12일로 가장 빨랐으며, 연풍은 30kPa에서 4월 12일, 천풍은 관수량에 관계없이 4월 14일에 출현되었으며 관수량별 출현시기는 4월 12~14일 이었다. 관수량별 4년생 인삼의 입모율은 금풍 30kPa 80.3%, 40kPa 78.0%, 30kPa 70.3%였으며, 연풍 30kPa 68.0, 40kPa 60.3%, 50kPa 70.3kPa, 천풍 30kPa 55.7%, 40kPa 64.0%, 50kPa 60.3%로 전체적으로 금풍 품종의 입모율이 높았다. 관수량에 따른 품종별 입모율은 금풍 30kPa, 연풍 50kPa, 천풍 40kPa에서 높았다.

표 4. 관수량별 출현기 및 입모율

처리내용		출현기(월. 일)	입모율(%)
금 풍	30kPa	4. 14	80.3a*
	40kPa	4. 12	78.0b
	50kPa	4. 14	70.3bc
연 풍	30kPa	4. 12	68.0ab
	40kPa	4. 15	60.3c
	50kPa	4. 14	70.3a
천 풍	30kPa	4. 14	55.7c
	40kPa	4. 14	64.0a
	50kPa	4. 14	60.3ab

(5) 관수량에 따른 품종별 연차간 지상부 생육

표 5. 관수량별 1년생 지상부 생육

처리내용		초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	경직경 (mm)	SPAD
금 풍	30kPa	10.3a	5.6b	4.0 _{NS}	2.2 _{NS}	3 _{NS}	1.22 _{NS}	27.28
	40kPa	10.4a	6.0a	3.9	2.0	3	1.22	23.74
	50kPa	10.8a	6.5a	3.9	2.0	3	1.23	26.76
연 풍	30kPa	10.8a	6.0a	3.9	2.2	3	1.24	22.96
	40kPa	11.2a	6.7a	3.7	2.0	3	1.14	22.56
	50kPa	11.6a	7.1a	4.0	2.4	3.2	1.37	25.58
천 풍	30kPa	11.1a	6.6a	4.2	2.3	3	1.17	22.24
	40kPa	9.8b	5.7b	3.9	2.2	3	1.22	23.78
	50kPa	10.9a	6.4a	4.4	2.4	3	1.26	25.62

* DMRT 5%

표 5에서와 같이 관수량별 1년생 인삼의 지상부 생육에서 초장은 연풍품종의 40kPa, 50kPa에서 긴 경향이나 1년생 생육 특성상 처리 간 유의성은 없었으며, 경장역시 연풍의 50kPa에서 생육이 좋은 경이나 유의성 있는 생육차이는 보이지 않았다. 엽장, 엽폭, 경직경의 생육은 관수량 및 품종 간 생육차이를 보이지 않았다.

표 6. 관수량별 2년생 지상부 생육

처리내용		초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	경직경 (mm)	SPAD
금 풍	30kPa	19.9a*	7.5a	6.4a	3.1a	8.6a	1.9a	27.4 _{NS}
	40kPa	18.3a	6.6b	5.6a	2.8a	6.2c	1.7a	27.4
	50kPa	15.4bc	5.6bc	4.7b	2.4b	7.4b	1.6b	23.9
연 풍	30kPa	21.4a	8.6a	6.2a	3.4a	9.0a	2.2a	23.8
	40kPa	15.2bc	5.5bc	4.9b	2.5b	9.0a	1.9a	22.1
	50kPa	15.3bc	6.2b	4.3b	2.3b	9.0a	1.8a	24.3
천 풍	30kPa	15.4bc	6.5b	4.6b	2.4b	6.4c	1.6b	23.9
	40kPa	12.8c	5.7bc	3.8b	2.1b	5.4c	1.7a	24.3
	50kPa	13.3c	5.6bc	4.0b	2.4b	6.8b	1.5b	22.8

* DMRT 5%

관수량별 품종 간 2년생 인삼의 지상부 생육상황은 표 6에서 보는바와 같이 초장은 금품 품종의 30kPa, 40kPa에서 생육이 좋았으며, 연풍은 수분함량이 높은 30kPa에서 21.4cm로 가장 길었다. 경장은 연풍 품종의 30kPa에서 8.6cm로 가장 좋았으며, 엽장, 엽폭, 엽수 등 역시 연풍의 30kPa에서 전체적으로 생육이 좋은 경향이었다. 2년생 인삼의 지상부 생육은 수분함량이 많은 30kPa에서 좋았으며, 품종 간 지상부 생육은 금풍과 연풍 품종의 생육이 좋은 경향이었다. SPAD값은 관수량 및 품종 간 차이가 없었다.

표 7. 관수량별 3년생 지상부 생육

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	경직경 (mm)	SPAD
금풍	30kPa	34.3bc*	16.7c	9.3	4.6	14.6	3.1 _{NS} 22.4
	40kPa	38.2a	19.7a	9.9	4.4	15.0	3.1 26.2
	50kPa	40.3a	21.4a	9.1	4.2	15.0	3.4 23.0
연풍	30kPa	39.4a	19.6a	10.1	4.6	16.8	3.7 29.5
	40kPa	39.1a	18.4a	10.8	5.2	14.2	3.7 28.6
	50kPa	39.1a	18.4a	10.8	5.2	14.2	3.7 28.6
천풍	30kPa	34.6bc	18.2bc	8.6	3.9	19.0	3.0 21.8
	40kPa	41.7a	22.8a	9.7	4.0	18.4	3.9 28.4
	50kPa	37.7b	19.8b	3.5	4.5	16.0	3.3 23.7

* DMRT 5%

관수량별 품종 간 3년생 인삼의 지상부 생육상황은 표 7과 같이 초장은 천풍 품종의 40kPa에서 41.7cm로 가장 길었으며, 경장은 천풍의 40kPa 22.8cm, 금풍 50kPa 21.4cm로 생육이 좋았으며, 엽장, 엽폭은 연풍 품종의 생육이 좋았다. 인삼 수량과 상관관계가 많은 경직경은 관수량 및 품종간 생육차이는 없었다. SPAD 값 역시 처리 간 차이가 없었다. 3년생 인삼의 품종간 지상부 생육은 금풍 50kPa, 연풍 30kPa, 천풍 40kPa에서 생육이 좋았다.

표 8. 관수량별 4년생 지상부 생육

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	엽수 (개/주)	경직경 (mm)	SPAD
금풍	30kPa	54.3a	36.7a	11.3	5.6	24.6	5.1a 22.4
	40kPa	58.2a	39.7a	11.9	6.4	25.0	5.1a 26.2
	50kPa	50.3b	31.4b	11.1	4.9	25.0	5.4a 23.0
연풍	30kPa	59.4a	39.6a	10.1	5.6	24.8	5.7a 29.5
	40kPa	59.1a	38.4a	12.8	6.2	24.2	5.7a 28.6
	50kPa	48.3b	28.2c	10.9	4.5	24.8	5.4a 25.2
천풍	30kPa	54.6a	38.2a	10.6	4.9	25.0	5.0a 21.8
	40kPa	51.7a	32.8b	11.7	5.0	22.4	5.9a 28.4
	50kPa	47.7b	29.8bc	10.5	4.5	26.0	5.3a 23.7

* DMRT 5%

하우스재배 관수처리별 4년생 인삼의 지상부 생육 특성은 표 8에서 보는바와 같이 금풍 품종은 40kPa에서 초장, 경장, 엽장 등의 생육이 좋았으며, 경직경은 50kPa에서 좋았다. 연풍 품종은 30kPa에서 지상부 생육이 좋았으며, 청풍 품종은 30kPa에서 지상부 생육이 좋았다. 이와 같이 관수량에 따라 품종간 지상부 생육의 차이를 보임에 따라 하우스시설에서 인삼을 재배할 경우 품종 특성에 맞는 수분관리가 필요할 것으로 판단된다.

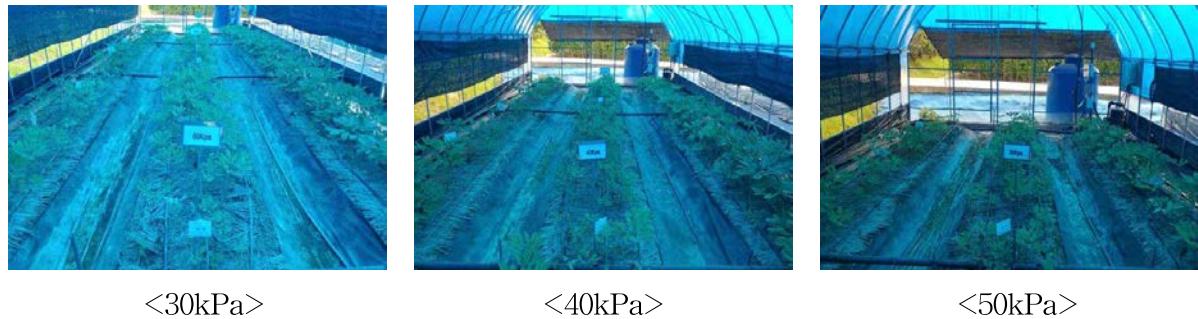


그림 4. 하우스시설 내 관수처리별 지상부 생육

(6) 관수량에 따른 품종별 연차간 지하부 생육

관수량에 따른 품종간 1년생 지하부 생육은 표 9에서 보는바와 같다. 금풍 품종은 30kPa에서 근장이 13.7cm로 길고, 지근수가 5.2개로 많았으며, 동직경은 40, 50kPa에서 큰 경향이었다. 연풍 품종은 50kPa에서 근장, 동직경, 지근수 등이 크고 많았으며, 천풍 품종은 40kPa에서 지하부 생육이 전체적으로 좋았다. 관수처리별 품종간 1년생 근중은 금풍 30pPa 0.46g, 연풍 50kPa 0.61g, 청풍 40kPa 0.61g/주로 관수량에 따른 품종간 약간의 생육차이를 보였다.

표 9. 관수량 처리별 1년생 지하부 생육

처리 내용	근장 (cm)	동직경 (mm)	지근수 (개/주)	근중 (g/주)
금풍	30kPa	13.7bc	3.60b	5.2a
	40kPa	11.4c	4.12a	3.8bc
	50kPa	11.4c	4.12a	0.41b
연풍	30kPa	11.5c	3.90a	2.6c
	40kPa	14.1bc	4.29a	4.2b
	50kPa	16.5ab	4.31a	0.48b
천풍	30kPa	15.3b	4.10a	4.4b
	40kPa	18.8a	5.2a	0.54a
	50kPa	16.6ab	5.6a	0.61a

* DMRT 5%

표 10에서 보는바와 같이 관수량처리별 2년생 지하부 생육은 금풍 50kPa에서 근장, 19.5cm, 동직경 8.7mm로 길고, 지근수와 세근수가 많았으며, 연풍은 50kPa에서 근장, 동직경, 지근수, 세근등이 크고 많았다. 천풍은 30kPa에서 근장, 동직경이 길었고 지근수와 세근수는 40kPa에서 많은 경향이었다. 2년생 인삼의 근중은 금풍과 연풍 품종의 50kPa에서 주당 4.8~4.7g으로 가장 높았고, 천풍 품종은 관수량에 상관없이 금풍, 연풍 품종에 비하여 낮은 수량성을 나타내었다.

표 10. 관수량 처리별 2년생 지하부 생육

처리 내용	근장 (cm)	동직경 (mm)	지근수 (개/주)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
금풍	30kPa	16.3b*	7.0a	1.8	10.9
	40kPa	15.2b	7.7a	0.9	8.5
	50kPa	19.5a	8.7a	1.8	10.8
연풍	30kPa	16.2b	7.7a	1.8	10.8
	40kPa	16.3b	7.5a	0.9	9.3
	50kPa	19.1a	8.3a	1.9	11.9
천풍	30kPa	18.4a	7.4a	0.8	8.8
	40kPa	13.6c	5.2c	1.7	10.7
	50kPa	16.1b	6.7b	0.8	8.8

* DMRT 5%

표 11에서 보는바와 같이 관수량 처리별 3년생 인삼의 지하부 생육은 금풍 50kPa에서 근장 28.5cm, 동직경 10.8mm로 길고, 세근수가 많았으며, 연풍은 50kPa에서 근장 29.1cm, 동직경 11.9mm로 길었으며, 지근수 2.0, 세근수 36.0개로 가장 많았다. 천풍은 30kPa에서 근장 28.4cm, 동직경 10.8mm로 길고 세근수가 많았으며, 지근수는 40kPa에서 2.2개로 많았다. 3년생 인삼의 근중은 금풍과 연풍 품종의 50kPa에서 주당 12.4~16.0g으로 가장 높았고, 천풍 품종은 30kPa 관수량에서 13.2g의 수량성을 보였다.

표 11. 관수량 처리별 3년생 지하부 생육

처리 내용	근장 (cm)	동직경 (mm)	지근수 (개/주)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
금풍	30kPa	26.3a*	10.8b	2.4	28.0
	40kPa	23.2b	8.5b	2.0	27.4
	50kPa	28.5a	10.8b	1.2	32.4
연풍	30kPa	23.2b	10.7b	1.4	30.0
	40kPa	26.3a	9.3b	1.3	33.0
	50kPa	29.1a	11.9a	2.0	36.0
천풍	30kPa	28.4a	10.8b	2.0	33.2
	40kPa	23.6b	10.6b	2.2	30.4
	50kPa	26.1a	10.3b	1.7	32.7

* DMRT 5%

표 12에서 보는바와 같이 품종별 관수량 처리에 따른 4근생 인삼의 지하부 생육은 다음과 같다. 근장은 금풍 품종의 50kPa에서 29.8cm로 가장 생육이 좋았으며, 동장은 금풍 50kPa 7.8cm, 천풍 40kPa 7.4cm로 생육이 좋았다. 동직경은 천풍 40kPa 25.9mm, 연풍 50kPa 25.4mm, 금풍 22.8mm 순으로 생육이 좋은 경향이었다. 품종별 관수량에 따른 주당 근중은 금풍 50kPa 23.4g, 연풍 50kPa 29.3g, 천풍 40kPa 27.9g으로 직파재배 4년근 인삼의 지하부 생육은 연풍 품종의 50kPa 관수량에서 생육이 가장 좋았다.

표 12. 관수량 처리별 4년생 지하부 생육

처리 내용	근장 (cm)	동장 (cm)	동직경 (mm)	지근수 (개/주)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
금풍	30kPa	22.0b	5.6b	18.7b	3.0	18.0
	40kPa	27.0a	5.5b	21.6a	5.2	14.2
	50kPa	29.8a	7.8a	22.8a	3.4	15.4
연풍	30kPa	23.8a	4.3b	20.3bc	5.2	18.2
	40kPa	26.6a	6.7a	19.4c	5.4	17.0
	50kPa	26.0a	4.2b	25.4a	5.0	17.6
천풍	30kPa	23.3a	5.7b	18.5c	4.6	16.4
	40kPa	24.9a	7.4a	25.9a	4.6	16.6
	50kPa	21.4b	6.8a	22.6b	2.8	17.2

* DMRT 5%

품종별 관수량에 따른 10a당 수량은 금풍 30kPa 532.2kg, 40kPa 539.5kg, 50kPa 568.6kg으로 관수량이 비교적 적은 50kPa에서 수량이 증가 하였으며, 연풍은 관수량 50kPa에서 709.5kg으로 수량이 가장 높았다. 천풍은 관수량 40kPa에서 677.9kg으로 수량이 증가하였다. 이와 같은 결과와 같이 하우스시설에서 인삼을 재배 할 경우 품종별로 수분요구도가 다르고 품종간 수량 차이가 발생함으로 직파재배시 품종선택이 중요하고 재배품종에 맞는 수분관리방법이 필요 할 것으로 생각된다(그림 5).



그림 5. 품종별 관수량에 따른 수량(kg/10a)

나. 인삼 하우스 직파재배 년근별 관수시기 및 적정수분함량 구명

(1) 관수횟수별 토양수분함량 및 관수량

표 13. 관수처리 횟수별 토양수분함량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	평균
6회	14.5	14.0	14.2	16.3	15.3	16.1	15.9	16.2	15.3	16.2	15.4
7회	14.4	14.0	18.2	18.1	17.0	18.0	17.1	17.0	17.3	18.5	17.0
8회	14.3	15.0	20.3	20.3	18.7	19.3	19.3	19.0	19.5	20.1	18.6

표 14. 관수처리 횟수별 관수량

구 분	관수횟수		
	6회	7회	8회
관수량(ℓ /10a)	18,000	21,000	24,000

하우스 인삼 직파재배 관수횟수별 1월~10월까지의 평균 토양수분함량은 관수 6회 15.4%, 관수 7회 17.0%, 관수 8회 18.6%의 중량수분함량을 보였으며(표 13), 관수횟수별 10a당 관수량은 관수 6회 18,000 ℓ, 관수 7회 21,000 ℓ, 관수 8회 24,000 ℓ를 처리하였다(표 14).

(2) 관수횟수별 출현기 및 출현율

인삼 하우스직파재배의 관수횟수에 따른 품종별 출현시기는 전체적으로 4월 10일~18일로 품종간 관수횟수에 따라 차이를 보였으며, 선향, 연풍, 선풍품종이 4월 10일로 빨랐다. 관수횟수별 출현율은 관수 6회 31.5%, 7회 34.6%, 8회 33.0%로 전체적으로 출현율이 저조 하였으며, 관수횟수에 따른 품종간 4년생 인삼의 출현율은 6회 선원 45.0%, 7회 선운 46.5%, 8회 선풍 44.3%의 출현율을 보였다. 이와같이 출현율이 전체적으로 낮았던 원인은 시험품종의 종자 분양시 품종의 종자 개감 상태가 좋지 않았으며, 분양종자의 생육상태가 불량하였던 것으로 판단된다(표 15).

표 15. 관수처리 횟수별 출현기 및 출현율

처리내용		출현기(월. 일)	출현율(%)
선풍	6회	4.15	32.0
	7회	4.15	34.0
	8회	4.10	44.3
선운	6회	4.18	20.0
	7회	4.16	46.5
	8회	4.17	34.0
선원	6회	4.17	45.0
	7회	4.18	41.0
	8회	4.17	35.0

처리내용		출현기(월. 일)	출현율(%)
청선	6회	4.14	32.5
	7회	4.16	25.0
	8회	4.16	34.7
선향	6회	4.10	30.0
	7회	4.10	35.0
	8회	4.14	33.0
천풍	6회	4.15	36.0
	7회	4.17	25.3
	8회	4.16	28.0
연풍	6회	4.11	33.0
	7회	4.10	34.0
	8회	4.12	26.0
금풍	6회	4.14	32.0
	7회	4.15	35.0
	8회	4.15	35.0
고풍	6회	4.15	31.5
	7회	4.17	35.1
	8회	4.16	35.3
K-1	6회	4.15	20.5
	7회	4.17	20.0
	8회	4.16	22.0

(3) 관수횟수 및 품종간 연생별 지상부 생육

표 16. 관수횟수별 품종간 1년생 지상부 생육

처리내용		초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
선풍	6회	11.7	7.3	3.7	2.2	1.2	3	30.6
	7회	11.2	6.5	3.9	2.4	1.3	3	25.0
	8회	12.7	7.9	4.0	2.3	1.1	3	26.8
선운	6회	11.9	7.6	3.7	2.1	1.2	3	28.8
	7회	12.0	7.2	4.0	2.3	1.2	3	25.8
	8회	11.6	7.1	3.8	2.3	1.3	3	26.7
선원	6회	11.5	7.1	4.0	2.1	1.2	3	31.3
	7회	11.8	7.4	3.7	1.9	1.2	3	28.4
	8회	12.6	7.7	4.5	2.3	1.4	3	28.7
청선	6회	11.1	6.7	3.6	1.7	1.1	3	27.3
	7회	12.0	7.4	3.9	2.0	1.1	3	25.0
	8회	10.4	6.3	3.4	1.8	1.2	3	25.0
선향	6회	11.4	7.4	3.7	1.8	1.1	3	26.7
	7회	11.4	6.8	3.6	1.9	1.2	3	25.7
	8회	12.5	8.4	3.7	2.0	1.2	3	24.5

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
천풍	6회	9.7	6.1	3.2	1.6	1.0	3 27.0
	7회	10.7	6.5	3.4	1.8	1.0	3 23.9
	8회	11.4	7.0	3.9	3.2	1.2	3 25.5
연풍	6회	12.4	7.8	4.0	2.3	2.3	3 28.2
	7회	11.6	7.3	3.7	2.0	1.1	3 24.2
	8회	11.0	6.9	3.9	2.6	1.3	3.3 25.0
금풍	6회	12.2	7.6	3.9	2.0	1.2	3 27.5
	7회	11.1	6.8	3.6	1.9	1.2	3 24.6
	8회	11.1	6.8	3.6	1.9	1.2	3 24.6
고풍	6회	11.0	7.0	3.5	1.8	1.3	3 31.4
	7회	10.4	6.3	3.5	2.0	1.2	3 26.3
	8회	12.0	8.0	3.4	2.0	1.1	3 28.1

관수횟수에 따른 품종별 1년생 인삼의 지상부 생육은 표 16에서 보는바와 같이 관수 6회 연풍, 금풍, 관수 7회 선운, 청선, 관수 8회 선풍, 선원, 선향, 천풍품종에서 지상부 생육이 좋은 경향이었다. 관수횟수별 1년생 인삼의 지상부 생육은 관수량이 많은 관수 8회 처리에서 지상부 생육이 좋은 경향이었으나 1년생 인삼의 처리간 지상부 생육차이는 크지 않았다.

표 17. 관수횟수별 품종간 2년생 지상부 생육

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
선풍	6회	13.3	5.4	3.3	1.6	1.4	5.2 30.9
	7회	16.7	5.6	5.9	2.8	1.7	8.2 23.8
	8회	13.6	4.5	4.8	2.0	1.4	7.0 24.5
선운	6회	13.3	7.5	5.2	2.7	1.6	4.8 27.2
	7회	15.5	4.3	5.5	3.2	1.6	6.0 25.3
	8회	14.8	4.1	5.3	3.0	1.5	5.2 25.4
선원	6회	13.3	4.3	4.5	2.3	1.6	6.6 26.3
	7회	16.5	5.3	6.1	2.9	1.8	7.0 22.4
	8회	16.4	5.8	5.5	2.7	1.7	6.8 25.4
청선	6회	12.4	5.5	4.5	2.2	1.5	6.6 28.5
	7회	16.4	5.2	5.3	3.1	1.6	4.0 21.7
	8회	14.3	4.9	4.7	2.5	1.7	6.6 22.5
선향	6회	16.9	6.8	5.6	3.0	1.9	7.0 26.9
	7회	17.6	6.6	5.6	2.6	1.7	7.8 23.7
	8회	17.7	6.2	5.9	2.9	1.8	7.4 24.6
천풍	6회	12.5	6.3	3.9	2.3	1.5	5.5 25.6
	7회	12.1	5.7	3.1	1.5	1.2	4.6 24.8
	8회	14.5	4.7	4.7	2.4	1.5	6.2 21.0

처리내용		초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
연풍	6회	12.1	5.6	2.8	1.6	1.2	3.0	30.2
	7회	13.1	5.0	5.2	2.5	1.2	4.0	25.8
	8회	12.9	6.4	2.3	1.3	0.9	3.0	29.7
금풍	6회	15.9	6.7	5.6	3.4	2.2	8.2	26.9
	7회	17.3	5.9	5.5	2.9	1.9	9.2	24.7
	8회	16.5	5.7	5.6	2.8	1.7	8.6	25.0
고풍	6회	14.8	5.7	4.3	2.7	1.6	5.8	25.0
	7회	12.0	3.7	3.9	2.1	1.4	3.5	20.6
	8회	15.4	4.6	5.7	2.8	1.5	6.2	25.1

관수횟수별 2년생 인삼의 지상부 생육은 관수 7회, 8회처리에서 전체적으로 생육이 좋았으며, 품종별 지상부 생육은 관수 횟수에 따라 차이를 보이는 경향이었으나 품종간 지상부 생육 차이는 크지 않았다(표 17).

표 18. 관수횟수별 품종간 3년생 지상부 생육

처리내용		초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
선풍	6회	20.3b*	8.4a	5.3	3.3	3.4 _{NS}	15.2	30.9
	7회	26.7a	8.6a	5.9	3.8	3.7	18.2	23.8
	8회	23.6b	7.5b	4.8	4.8	3.4	17.0	24.5
선운	6회	23.3b	10.5a	7.2	5.2	3.6	14.8	27.2
	7회	25.5a	8.3b	7.5	4.2	3.6	16.0	25.3
	8회	24.8a	7.1c	7.3	5.3	3.5	15.2	25.4
선원	6회	23.3b	7.3b	6.5	4.5	3.6	16.6	26.3
	7회	26.5a	8.3a	7.1	3.9	3.8	17.0	22.4
	8회	26.4a	8.8a	7.5	5.5	3.7	16.8	25.4
청선	6회	22.4bc	8.5a	6.5	4.5	3.5	16.6	28.5
	7회	26.4a	8.2a	7.3	4.1	3.6	14.0	21.7
	8회	24.3b	7.9b	6.7	4.7	3.7	16.6	22.5
선향	6회	26.9a	9.8a	7.6	5.6	3.9	17.0	26.9
	7회	27.6a	9.6a	7.6	3.6	3.7	17.8	23.7
	8회	27.7a	9.2a	7.9	5.9	3.8	17.4	24.6
천풍	6회	22.5b	9.3a	5.9	3.9	3.5	15.5	25.6
	7회	20.1c	9.7a	7.1	3.5	3.2	14.6	24.8
	8회	24.5a	7.7bc	6.7	4.7	3.5	16.2	21.0
연풍	6회	19.1c	8.6a	6.8	2.8	3.2	13.0	30.2
	7회	23.1a	9.0a	7.2	3.5	3.2	14.0	25.8
	8회	23.9a	9.4a	5.3	2.3	2.9	13.0	29.7
금풍	6회	25.9b	9.7a	7.6	5.6	3.2	18.2	26.9
	7회	27.3a	9.9a	7.5	3.9	3.9	19.2	24.7
	8회	26.5a	8.7a	8.6	5.6	3.7	18.6	25.0
고풍	6회	24.8a	8.7a	6.3	4.3	3.6	15.8	25.0
	7회	25.8a	9.0a	7.3	5.3	3.6	15.0	25.3
	8회	25.4a	7.6b	8.7	5.7	3.5	16.2	25.1

* DMRT 5%

3년생 인삼의 지상부 생육은 표 18에서 보는바와 같이 선풍, 선운, 청선, 선향, 고풍품종은 관수 7회에서 초장, 경장, 엽장, 엽폭등의 생육이 좋았으며, 선원, 천풍, 연풍품종은 관수량이 많은 8회 처리에서 지상부 생육이 좋은 경향이었다. 관수횟수별 3년생 인삼의 지상부 생육은 관수 7회 처리에서 전체적으로 양호하였다.

표 19. 관수횟수별 품종간 4년생 지상부 생육

처리내용	초장 (cm)	경장 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	경직경 (mm)	엽수 (개/주)	SPAD
선풍	6회	40.3b	25.4a	9.3a	4.6b	5.4a	15.2
	7회	46.5a	25.6a	10.5a	5.8a	4.5b	18.2
	8회	43.6a	24.5a	9.8a	4.0b	4.4b	17.5
선운	6회	43.3b	27.5a	11.2a	5.7a	5.4a	14.8
	7회	45.5a	24.3b	10.5a	5.2a	4.3b	16.0
	8회	44.8a	24.1b	10.3a	5.0a	4.5b	15.3
선원	6회	43.3b	24.3a	10.5a	4.3a	5.2a	16.6
	7회	43.3b	24.3a	10.5a	4.3a	5.2a	16.6
	8회	46.4a	25.8a	10.5a	4.7a	4.9a	16.3
청선	6회	42.4b	25.5a	9.5a	4.2a	5.3a	16.6
	7회	46.1a	25.2a	10.5a	4.7a	4.4b	14.0
	8회	44.3a	24.9a	9.5a	4.5a	4.9a	16.3
선향	6회	46.9a	26.8a	10.6a	5.0a	5.6a	17.0
	7회	47.8a	26.6a	10.6a	4.6a	4.5b	17.8
	8회	47.7a	26.2a	10.9a	4.9a	5.0a	17.3
천풍	6회	42.5a	26.3a	9.9a	4.3a	5.2a	15.5
	7회	40.5b	25.7a	8.3b	3.5b	4.0b	14.6
	8회	44.5a	24.7b	9.7a	4.4a	4.7a	16.7
연풍	6회	42.1a	25.6a	8.8b	3.6b	5.2a	13.0
	7회	43.1a	25.0a	10.2a	4.5a	4.1b	14.0
	8회	38.9b	26.4a	8.3b	4.0a	4.1b	15.5
금풍	6회	45.9a	26.7a	11.6a	5.4a	6.0a	18.2
	7회	47.9a	25.9a	10.5b	4.9a	4.7b	19.2
	8회	46.5a	25.7a	10.6b	4.8a	4.5b	19.0
고풍	6회	44.8a	25.7a	9.3a	4.7a	5.3a	15.8
	7회	42.1b	23.7b	9.9a	4.1a	4.3a	13.5
	8회	45.4a	24.6a	10.7a	4.8a	4.6a	16.2

* DMRT 5%

관수처리별 품종간 4년생 인삼의 지상부 생육은 표 19와 같이 관수 6회는 천풍, 금풍, 고풍 품종에서 생육이 좋았으며, 관수 7회는 선풍, 선운, 청선, 연풍, 관수 8회 청선품종에서 생육이 좋았다. 수량과 상관관계가 깊은 경직경은 관수 6회에서 선풍, 선운, 선원, 청선, 선향, 천풍, 연풍, 금풍, 고풍 등관수량이 적은처리에서 전체적으로 생육이 좋은 경향이었다. 이와 같은 결과로 볼 때 관수횟수에 따라 지상부 생육 차이를 보였으며, 품종간에도 관수량에 따라 지상부 생육차이가 나타남에 따라 하우스에 인삼을 재배할 경우 품종별 적정수분관리가 필요 할 것으로 판단된다.



그림 6. 관수횟수별 지상부 생육상황

(4) 관수횟수 및 품종간 연생별 지하부 생육

관수횟수별 1년생 인삼의 지하부 생육은 표 20에서와 같이 관수처리량이 많은 8회와 7회 관수에서 균장, 동직경, 세근수 등의 생육이 대체적으로 좋은 경향이었으며, 품종간 1년생의 지하부 생육은 같은 관수처리량에서는 큰 차이를 보이자 않았으나 품종간 관수횟수에 따라 약간의 차이를 보이는 경향이었다. 관수량별 품종간 근중은 선운 품종의 8회 관수에서 0.79g/주으로 가장 생육이 좋았으며, 전체적으로 관수량이 많은 처리에서 근중수량이 높은 경향이었다.

표 20. 관수횟수별 품종간 1년생 지하부 생육

처리내용	근장 (cm)	동직경 (mm)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
선풍	6회	15.3	3.86	1.8
	7회	16.7	4.26	2.6
	8회	16.1	4.25	4.4
선운	6회	15.4	4.01	1.7
	7회	16.5	4.59	5.0
	8회	16.1	4.28	5.6
선원	6회	13.2	4.10	2.3
	7회	15.4	4.10	2.5
	8회	14.8	4.015	2.9
청선	6회	14.8	4.17	1.3
	7회	16.1	4.29	3.3
	8회	13.2	3.80	3.2
선향	6회	14.7	3.93	1.2
	7회	15.4	4.21	4.7
	8회	16.7	4.37	8.6
천풍	6회	12.0	3.76	1.7
	7회	14.2	3.70	1.1
	8회	13.8	3.98	1.2
연풍	6회	15.5	4.22	1.2
	7회	14.3	3.90	2.6
	8회	13.2	4.38	4.0
금풍	6회	14.9	4.37	1.6
	7회	15.7	4.19	1.3
	8회	15.3	3.90	3.5
고풍	6회	12.4	3.71	1.9
	7회	14.8	3.97	3.2
	8회	16.8	4.18	3.5

표 21. 관수횟수별 품종간 2년생 지하부 생육

처리내용		근장 (cm)	동직경 (mm)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
선풍	6회	18.5	4.5	7.0	2.8
	7회	18.3	4.4	7.0	2.6
	8회	15.7	4.7	7.2	2.6
선운	6회	21.2	5.0	7.4	3.8
	7회	18.9	4.6	7.2	2.6
	8회	20.3	4.4	7.8	3.3
선원	6회	18.2	4.4	7.0	2.5
	7회	20.8	4.7	7.0	2.7
	8회	15.5	4.6	7.2	2.6
청선	6회	14.8	4.1	6.0	2.4
	7회	17.6	4.3	7.0	2.6
	8회	16.2	4.3	7.0	2.5
선향	6회	20.2	4.4	7.6	2.6
	7회	22.2	4.2	7.6	3.6
	8회	21.3	4.9	7.0	2.7
천풍	6회	16.3	4.4	7.0	2.4
	7회	20.4	4.3	7.0	2.6
	8회	13.5	4.5	7.3	2.4
연풍	6회	14.9	3.8	7.2	2.3
	7회	13.7	3.9	6.0	2.1
	8회	14.0	4.2	7.5	2.4
금풍	6회	17.8	4.5	7.0	2.5
	7회	16.5	4.4	7.2	2.5
	8회	17.9	4.4	7.2	2.6
고풍	6회	17.1	4.5	7.2	2.5
	7회	15.6	5.3	7.2	2.8
	8회	18.4	4.5	8.2	2.7

2년생 인삼의 지하부 생육상황은 관수 6회 처리에서는 선풍, 선운 품종의 생육이 좋았고, 관수 7회 처리에서는 선원, 청선, 선향, 천풍 품종의 생육이 좋았으며, 관수 8회 처리에서는 연풍, 금풍, 고풍 품종에서 근장, 동직경, 세근수 등의 생육이 좋았다. 품종별 근중은 선운 품종의 관수 6회 처리에서 3.8g/주로 생육이 가장 좋은 경향이었다(표 21).

3년생 인삼의 지하부 생육상황은 관수 7회, 8회 처리에서 근장, 동직경, 세근수 등의 생육이 전체적으로 생육이 좋은 경향이었다. 관수횟수별 품종 간 근중 생육은 선운, 선원, 선향 품종의 관수 8회 처리에서 12.7g/주로 생육이 좋았다(표 22).

표 22. 관수횟수별 품종간 3년생 지하부 생육

처리내용		근장 (cm)	동직경 (mm)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
선풍	6회	23.5a*	12.5b	13.0	10.5a
	7회	23.3a	13.4a	13.0	11.0a
	8회	20.7b	13.7a	13.2 _{NS}	10.6a
선운	6회	26.2a	13.9a	13.4	11.8a
	7회	23.9b	13.6a	13.2	11.3a
	8회	27.3a	13.4a	13.8	12.7a
선원	6회	23.2b	12.4ab	13.0	10.5b
	7회	25.8a	13.7a	13.0	11.6a
	8회	27.3a	13.4a	13.8	12.7a
청선	6회	19.8a	11.1b	12.0	9.4b
	7회	22.6a	12.3a	13.0	10.7a
	8회	21.2a	13.4a	13.0	10.5a
선향	6회	24.2b	12.5b	13.6	10.6b
	7회	27.2a	14.2a	13.6	12.3a
	8회	27.3a	13.9a	13.0	12.7a
천풍	6회	21.3a	12.4a	13.0	10.0a
	7회	24.4a	13.3a	13.0	11.6a
	8회	18.5c	13.5a	13.3	9.5b
연풍	6회	19.9a	10.8b	13.2	9.5a
	7회	18.7b	10.9b	12.0	9.5a
	8회	19.0a	13.2a	13.5	9.5a
금풍	6회	22.8bc	11.5b	13.0	10.5a
	7회	21.5c	12.4a	13.2	10.0a
	8회	26.9a	13.4a	13.2	11.6a
고풍	6회	22.1b	11.5b	13.2	10.5a
	7회	20.6c	10.3b	13.2	9.6b
	8회	26.4a	13.5a	14.2	11.7a

* DMRT 5%

4년생 인삼의 지하부 생육상황은 표 23에서 보는바와 같이 품종간 관수 횟수에 따라 근장, 동장, 동직경 등의 생육이 차이를 보였으며, 관수횟수별 지하부 생육은 관수 8회 처리에서 전체적으로 생육이 좋았다. 품종간 관수처리별 지하부 생육은 선풍, 선원, 청선, 천풍품종은 관수 7회, 선운, 선향, 연풍, 금풍, 고풍품종은 관수 8회 처리에서 지하부 생육이 좋았다. 근중생육은 선운, 선향품종의 관수 8회 처리에서 22.7g/주로 생육이 좋았다. 이와 같은 결과로 볼 때 하우스 시설에서 직파로 인삼을 재배할 경우 1~2년생의 어린 인삼은 6~7회 관수시 생육이 좋았으며, 3~4년생 이상에서는 관수량을 늘려 7~8회 관수해 주었을 때 지하부 생육이 좋고 수량성도 높은 경향이었다. 따라서 하우스시설을 이용한 인삼 직파재배시 입모울을 향상시키고 수량성 증대를 위해서는 직파재배에 적합한 품종선택이 중요하고 품종별 적정수분 관리가 필요 하다.

표 23. 관수횟수별 품종간 4년생 지하부 생육

처리내용		근장 (cm)	동직경 (mm)	세근수 (개/주)	근중 (g/주)
선풍	6회	25.5a*	14.5a	15.0	20.5a
	7회	25.3a	15.4a	15.0	21.0a
	8회	22.7a	15.7a	15.2 _{NS}	20.6a
선운	6회	28.2a	15.9a	15.4	21.9a
	7회	25.9b	15.6a	15.2	21.3a
	8회	29.3a	15.4a	15.8	22.7a
선원	6회	25.2b	14.4a	15.0	20.5a
	7회	27.8a	15.7a	15.0	21.6a
	8회	28.5a	15.6a	15.2	21.6a
청선	6회	21.8b	13.1a	14.0	19.4a
	7회	24.6a	14.3a	15.0	20.7a
	8회	23.2a	15.4a	15.0	20.5a
선향	6회	26.2b	14.5a	15.6	20.6a
	7회	29.2a	16.2a	15.6	22.5a
	8회	29.3a	15.9a	15.0	22.7a
천풍	6회	23.3b	14.4a	15.0	20.0a
	7회	26.4a	15.3a	15.0	21.6a
	8회	20.5c	15.5a	15.3	19.5a
연풍	6회	21.9a	12.8b	15.2	19.4a
	7회	20.7b	12.9b	14.0	19.5a
	8회	21.0a	15.2a	15.5	19.5a
금풍	6회	24.8b	13.5a	15.0	20.5a
	7회	23.5bc	14.4a	15.2	20.0a
	8회	28.9a	15.4a	15.2	21.6a
고풍	6회	24.1b	13.5a	15.2	20.5a
	7회	22.6c	12.3b	15.2	19.6b
	8회	28.4a	15.5a	16.2	21.7a

* DMRT 5%

<2협 동파제> 하우스 이용 인삼 직파재배 작휴기준 설정 및 병해충 방제기술 개발

가. 하우스 인삼 직파재배 적정 두둑높이 및 두둑 폭 설정

(1) 하우스 직파재배 두둑높이 및 두둑 폭에 따른 인삼생육

하우스 직파재배 적정 두둑 높이와 두둑 폭 설정을 위하여 생육특성을 조사한 결과(표 1, 표 2, 사진 1, 사진 2, 사진 3, 사진 4), 두둑높이와 두둑 폭에 따른 직파재배 1년생의 지상부의 생육차이는 보이지 않았고, 2년생 지상부의 생육은 두둑 폭 및 높이별로 통계적 유의성은 없었지만, 경장에서는 두둑 폭 110cm, 두둑높이 20cm 처리구에서 유의성 있는 생육을 보였고, 엽장과 엽폭의 생육에 있어서는 유의성은 인정되지 않았지만 두둑 폭 110cm 처리구에서 두둑높이에 관계없이 생육이 우수하였다. 3년생 인삼의 엽장과 엽폭은 통계적으로 유의성 있는 차이는 보이지 않았고, 경장에서는 두둑높이가 높을수록 생육이 좋은 경향이었으며, 출아율은 두둑높이가 낮은 10cm 처리구에서 높았고, 4년생 인삼의 지상부 생육은 110cm×30cm(두둑 폭×두둑높이)와 120cm×10cm(두둑 폭×두둑높이) 처리구의 생육이 양호하였다.

표 1. 두둑 폭 및 두둑높이에 따른 지상부 생육(엽장, 엽폭, 엽록소함량)

두둑 폭 (cm)	두둑 높이 (cm)	엽장 (cm)				엽폭 (cm)				엽록소함량 (SPAD value)			
		1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
90	10	3.4ns ^z	5.49a	10.3a	9.3a	1.8ns ^z	2.90a	4.2a	3.8ab	22.5ns ^z	21.5ns ^z	18.9ab	27.0a*
	20	3.6	5.03a	9.8a	9.8a	1.9	2.78a	4.1a	4.1ab	19.0	20.0	18.3ab	27.0a
	30	3.5	4.97a	10.5a	8.8a	1.9	2.68a	4.4a	3.6b	18.6	19.7	19.8ab	27.9a
100	10	3.4	5.90a	9.2a	8.7a	1.8	3.05a	4.2a	3.7ab	19.6	19.5	17.8b	24.2a
	20	3.3	2.46a	9.8a	9.4a	1.8	2.83a	4.5a	3.7ab	20.3	20.3	17.2b	27.1a
	30	3.5	5.89a	9.6a	10.4a	1.9	3.00a	4.6a	4.5a	19.5	19.9	19.8ab	30.2a
110	10	3.6	5.81a	9.8a	9.7a	2.0	3.20a	4.2a	3.7ab	22.8	21.0	21.8a	27.6a
	20	3.7	5.88a	9.6a	10.1a	1.9	3.09a	4.0a	4.0ab	20.6	20.2	19.1ab	26.3a
	30	3.6	5.89a	9.3a	10.7a	2.0	3.08a	4.1a	4.1ab	20.4	19.6	19.3ab	27.1a
120	10	3.6	5.60a	9.8a	10.9a	1.9	2.90a	4.4a	4.4a	22.8	19.3	19.6ab	28.1a
	20	3.6	5.39a	10.5a	10.0a	2.0	2.58a	4.6a	4.1ab	21.1	20.4	19.5ab	27.7a
	30	3.5	5.48a	9.0a	10.1a	1.9	2.65a	3.7a	3.9ab	20.6	20.1	20.3ab	24.7a

^zNon significant. *Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

표 2. 두둑 폭 및 두둑높이에 따른 지상부 생육(경장, 경직경)

두둑 폭 (cm)	두둑 높이 (cm)	경장 (cm)				경직경 (mm)			
		1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
90	10	5.5ns ^z	8.97abc	22.2ab	22.1ab	22.5ns ^z	1.60a	3.3ab	3.5ab*
	20	6.1	8.64abc	20.3ab	22.1ab	19.0	1.49a	3.0b	3.3b
	30	5.7	8.50abc	21.6ab	19.8b	18.6	1.44a	3.4ab	3.2b
100	10	5.5	7.435bc	19.3b	20.3b	19.6	1.54a	3.4ab	3.1b
	20	5.6	6.94bc	21.8ab	22.3ab	20.3	1.69a	3.1ab	3.3b
	30	6.0	7.34bc	22.2ab	23.4ab	19.5	1.63a	3.8a	3.6ab
110	10	5.9	11.07a	23.0ab	23.5ab	22.8	1.46a	3.6ab	3.5ab
	20	5.9	11.13a	20.6ab	25.3ab	20.6	1.44a	2.9b	3.5ab
	30	6.2	9.70ab	22.1ab	24.7ab	20.4	1.34a	3.3ab	3.6ab
120	10	6.2	6.70bc	23.5ab	28.5a	22.8	1.64a	3.3ab	4.3a
	20	5.9	6.22c	23.7a	26.0ab	21.1	1.66a	3.6ab	3.9ab
	30	6.0	6.91bc	21.4ab	25.4ab	20.6	1.59a	3.2ab	3.8ab

^zNon significant. *Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

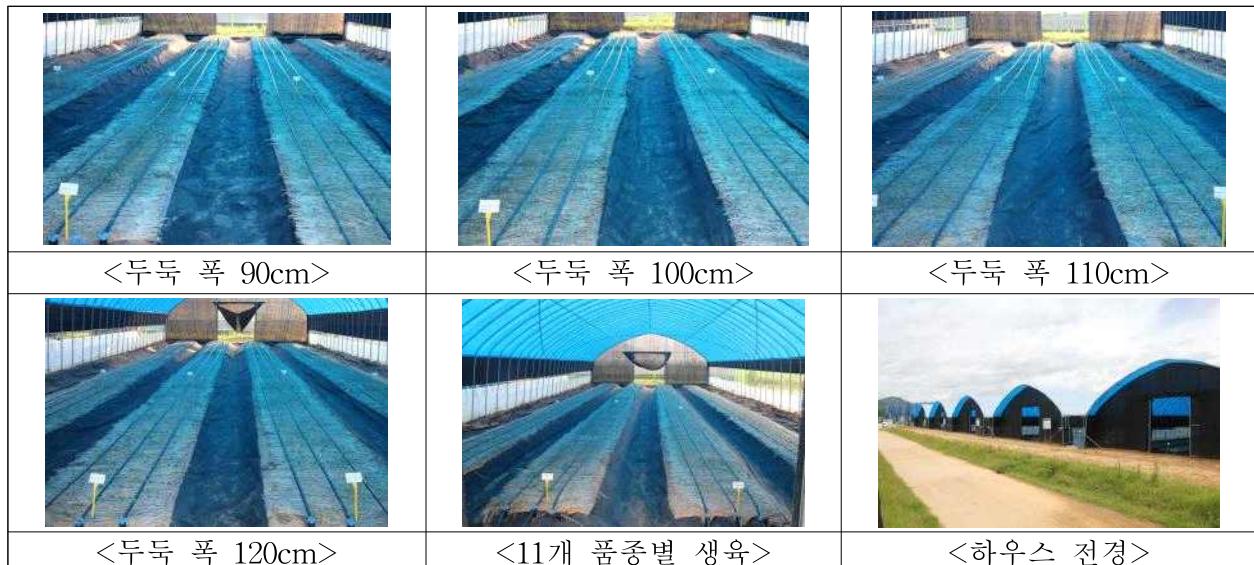


사진 1. 두둑 폭, 높이 및 점적자재별 1년생 지상부 생육

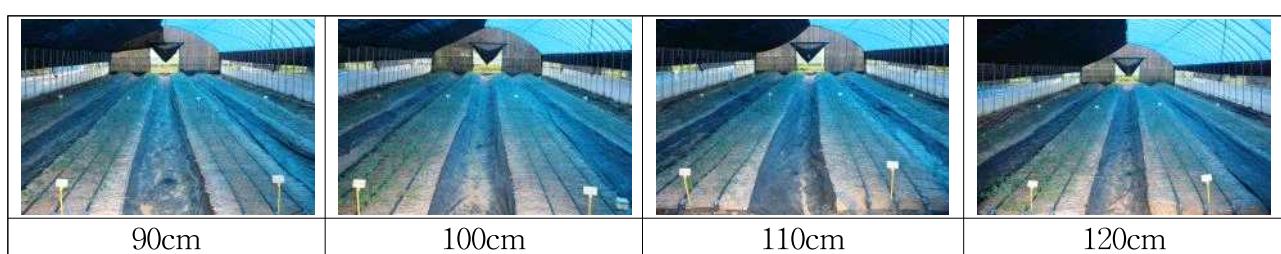


사진 2. 두둑 폭별 직파 2년생 생육

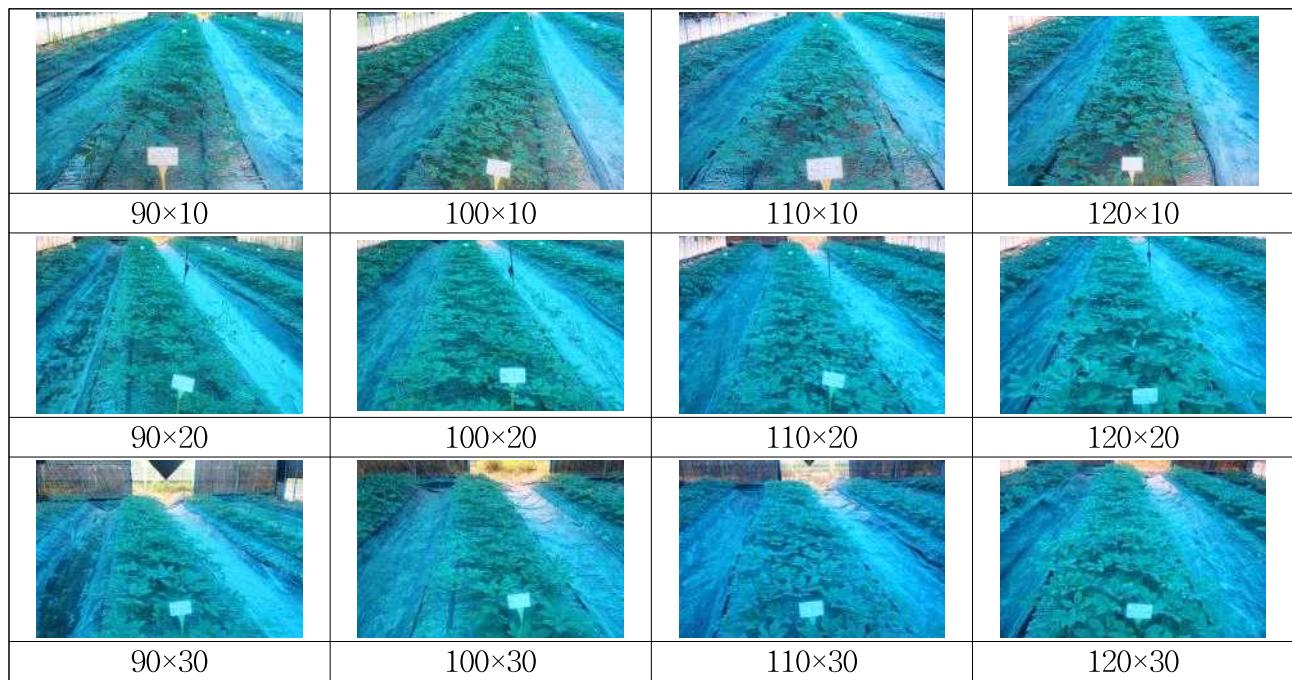


사진 3. 하우스 이용 직파재배 작형별 3년생 지상부

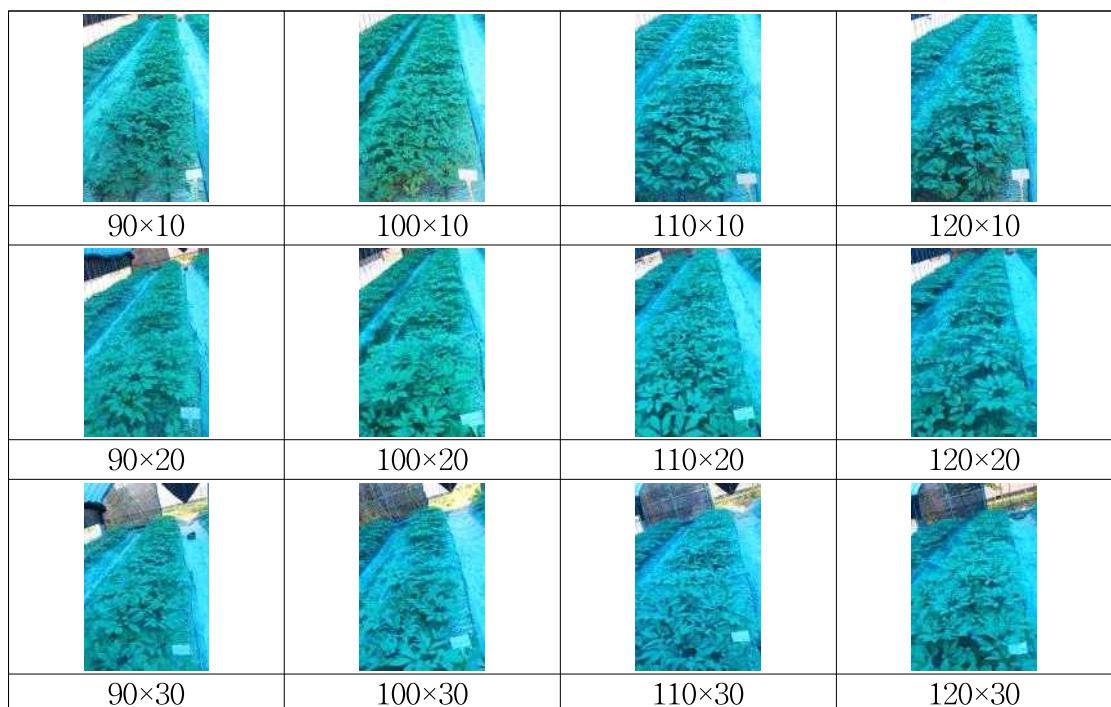


사진 4. 하우스 이용 직파재배 작형별 4년생 지상부

하우스 직파재배 두둑 높이와 두둑 폭에 따른 년차간 지하부생육을 조사한 결과(표 3, 표 4, 사진 5, 사진 6, 사진 7), 두둑높이와 두둑 폭에 따른 직파재배 1년생의 지하부의 생육차이도 통계적 유의성 차이를 보이지 않았고, 2년생의 지하부의 근중은 두둑 폭 90cm, 두둑높이 20cm 처리구, 두둑 폭 110cm, 두둑높이 20cm와 30cm 처리구가 생육이 우수하였고, 근장은 두둑 폭 90cm, 두둑높이 30cm 처리구가 18.64cm로 우수하였으며, 근직경은 두둑 폭 110cm, 두둑높이 10cm 처리구가 8.17mm로 양호하였으며, 두둑 폭에 관계없이 두둑높이가 낮은 10cm 처리구에서는 난발삼이 많이 발생되어 근직경이 두꺼운 경향을 보였다. 3년생 인삼의 지하부 근중은 두둑 폭에 관계없이 두둑높이가 높을수록 무거워지는 경향을 보였고, 두둑 폭 110cm와 120cm, 두둑높이 30cm 시험구의 근중이 제일 양호하였으며, 동체장도 두둑높이가 높을수록 길은 형태를 보였고 두둑 폭 90cm 처리구의 생육이 가장 양호하였고, 4년생 인삼의 근중은 110cm×30cm(두둑 폭×두둑높이)에서, 근장은 두둑 폭에 관계없이 두둑높이가 높을수록 길은 경향을 보였고, 근직경은 난발삼 발생비율이 높은 두둑높이 10cm 처리구들이 높은 경향을 나타내었으며, 동체장은 두둑높이가 높을수록 길어지는 경향을 나타내어 두둑높이 30cm에서 가장 길었다.

표 3. 두둑 폭 및 두둑 높이에 따른 지하부 생육(근중, 근장)

두둑 폭 (cm)	두둑 높이 (cm)	근중 (g)				근장 (cm)			
		1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
90	10	0.4ns ^z	2.2ab	5.1a-d	17.5b	10.2ns ^z	12.7cd	13.3abc	22.2b
	20	0.4	2.5a	5.3abc	18.3ab	11.2	17.4ab	13.9abc	24.8ab
	30	0.3	2.0ab	5.4abc	18.8ab	12.0	18.6a	18.3a	28.3a
100	10	0.4	1.4b	3.1d	16.2c	12.1	11.3d	11.1bc	24.8ab
	20	0.4	1.5b	3.3cd	17.0bc	11.7	13.3bcd	14.7abc	25.4ab
	30	0.4	1.7ab	3.8bcd	18.5abc	13.4	14.4a-d	15.9ab	28.1a
110	10	0.4	2.1ab	5.5ab	19.1ab	11.4	13.7bcd	10.5c	25.4ab
	20	0.4	2.6a	5.6ab	19.2ab	11.7	11.4d	14.5abc	25.5ab
	30	0.4	2.5a	6.1a	19.6a	11.4	18.4ab	16.1ab	27.6a
120	10	0.3	2.1ab	5.0a-d	18.7ab	11.8	13.1bcd	10.1c	25.3ab
	20	0.4	1.9ab	5.8ab	18.9ab	11.8	12.4cd	14.7abc	25.4ab
	30	0.4	2.0ab	6.3a	16.7bc	11.9	16.7abc	15.9ab	26.9a

^zNon significant. *Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

표 4. 두둑 폭 및 두둑 높이에 따른 지하부 생육(근직경, 동체장)

두둑 폭 (cm)	두둑 높이 (cm)	근직경 (mm)				동체장 (cm)	
		1년생	2년생	3년생	4년생	3년생	4년생
90	10	4.1ns ^z	7.2ab	7.7abc	19.5a	6.1ab	4.9b
	20	4.2	6.9abc	7.5abc	19.7a	7.8ab	6.6ab
	30	3.9	6.3abc	9.0ab	19.4a	8.8a	7.5a
100	10	4.1	6.2abc	8.4abc	15.1b	4.9b	6.9ab
	20	4.1	6.7abc	8.4abc	15.4b	7.9ab	6.7ab
	30	3.9	6.6abc	10.3a	15.8b	7.9ab	6.8ab
110	10	4.1	8.2a	6.4bc	19.0a	5.6abc	5.8ab
	20	3.9	6.4abc	5.6c	19.4a	6.0ab	7.8a
	30	4.3	7.2ab	9.1ab	19.8a	7.2ab	7.7a
120	10	4.0	7.7ab	7.5abc	16.7b	4.8b	4.3b
	20	4.0	6.7abc	9.0ab	17.0b	5.9ab	6.8ab
	30	3.9	6.0bc	10.0a	15.9b	6.7ab	7.7a

^zNon significant. *Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

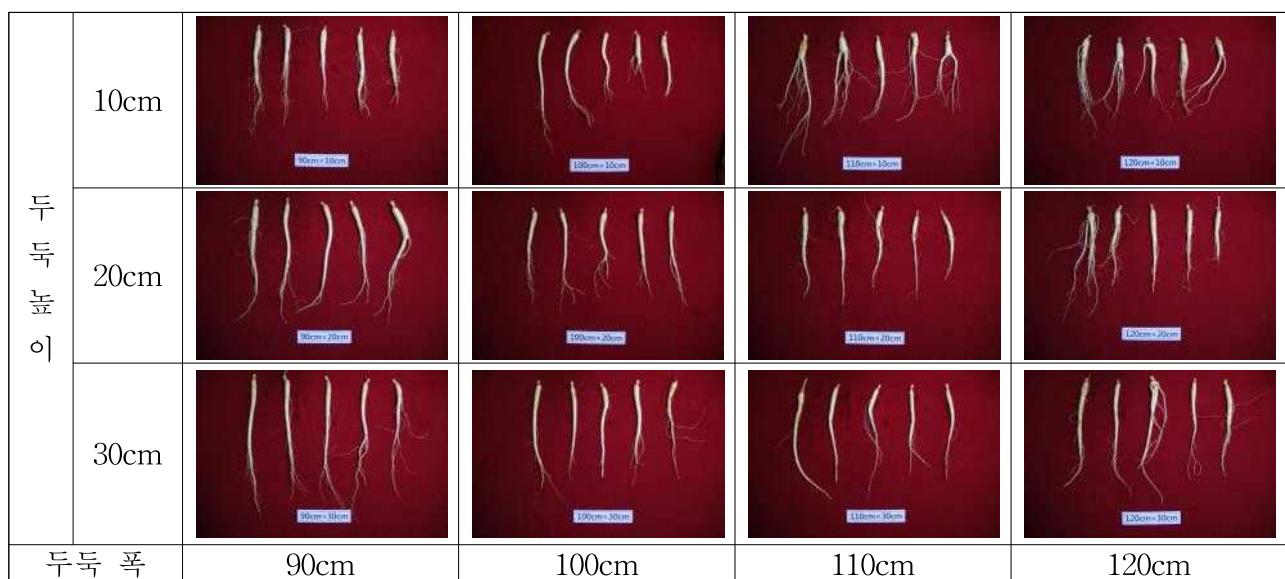


사진 5. 두둑 폭 및 높이별 2년생 직파재배 인삼

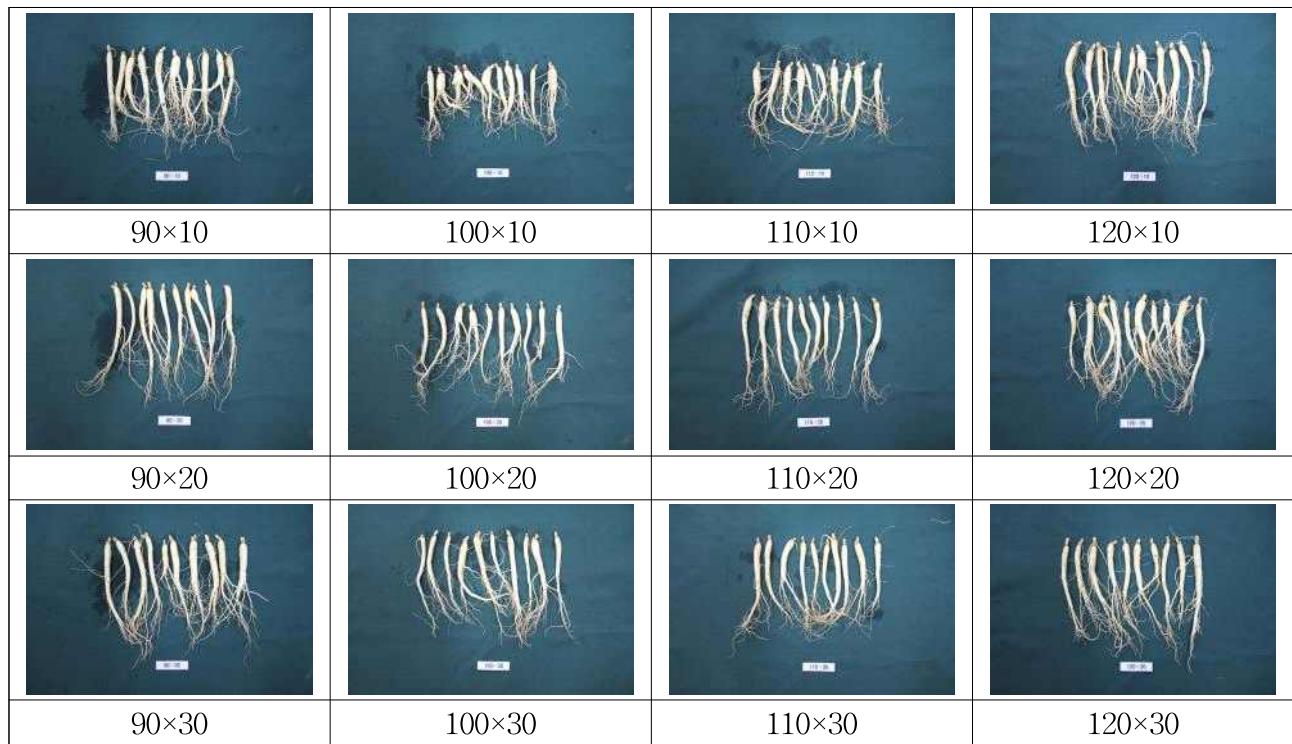


사진 6. 두둑 폭 및 두둑높이별 3년생 지하부 생육

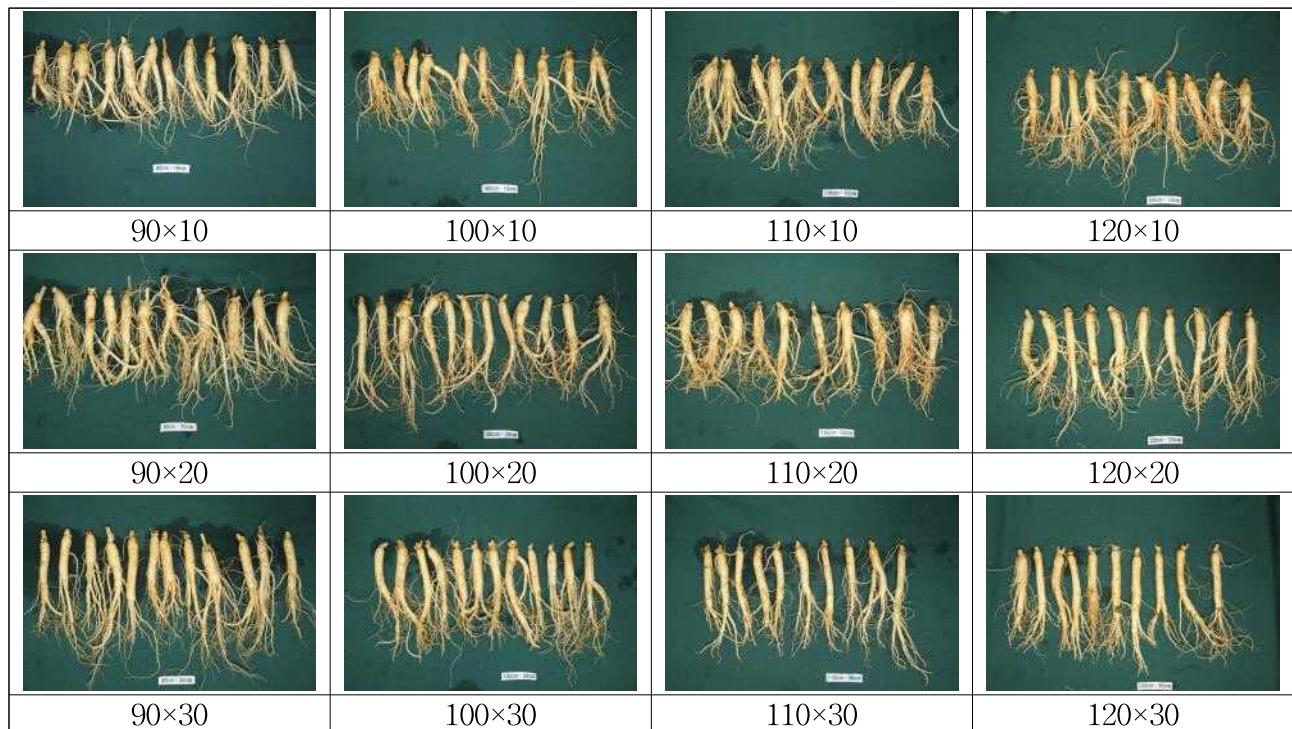


사진 7. 하우스 이용 직파재배 작형별 4년생 지하부

(2) 하우스 직파재배 품종별 인삼생육

하우스 이용 고려인삼 품종별, 년차별 지상부생육을 조사한 결과(표 5, 표 6, 사진 8, 사진 9) 품종별 1년생의 엽장은 금선, 선풍, 선운 및 금풍이, 엽폭은 선풍과 선운, 초장 및 경장은 선풍이 생육이 양호한 경향을 보였고, 2년생 지상부의 생육은 선원이 엽장 및 엽폭에서 7.46cm 및 3.60cm로 생육이 우수하였고, 선운, 금진 및 금풍의 지상부 생육도 양호한 편이었으며, 3년생 엽장의 생육은 선원이 가장 양호하였고, 선향과 선운의 생육은 낮았으며, 엽폭은 품종간 통계적 차이를 보이지 않았고, 경장은 천풍과 금풍이 길었고, 경직경은 연풍과 금풍이, 엽록소 함량은 선향이 가장 높았다. 4년생 엽장의 생육은 청선, 엽폭은 선원의 생육이 우수하였고, 경장, 경직경 및 초장의 생육은 통계적 유의성이 없었다.

표 5. 고려인삼 품종별 지상부 생육(엽장, 엽폭, 엽록소함량)

품종	엽장(cm)				엽폭(cm)				엽록소함량(SPAD value)			
	1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
천풍	3.7a	6.3ab	10.5abc	11.4abc	2.0a	3.1a	4.3a	4.5abc	24.1ab	25.8a	19.9bc	30.5a
고풍	3.7a	5.7b	11.4ab	11.0abc	2.0a	2.9a	4.9a	4.3c	24.1ab	25.2a	21.6ab	32.6a
선향	3.5a	5.3b	8.9c	9.8c	1.9a	2.8a	4.4a	4.8abc	25.9ab	26.3a	24.8a	31.9a
금선	3.8a	5.3b	11.0abc	11.4abc	2.0a	2.6a	4.6a	4.5abc	28.8a	27.5a	19.4bc	29.5a
금진	3.7a	6.2ab	9.6bc	10.9abc	2.0a	3.4a	4.4a	4.5abc	27.5ab	28.3a	19.3bc	26.4a
청선	3.5a	5.9b	11.2ab	13.9a	1.7a	2.9a	4.6a	5.6ab	21.6ab	26.4a	21.6abc	29.7a
선풍	3.8a	5.8b	10.2abc	10.8abc	2.2a	3.4a	4.6a	4.6abc	17.5b	25.3a	19.2bc	28.3a
선운	3.8a	6.3ab	9.0c	10.2bc	2.2a	3.5a	4.1a	4.4bc	23.1ab	26.7a	20.6bc	28.5a
선원	3.7a	7.5a	12.2a	12.9ab	2.0a	3.6a	4.9a	6.0a	23.8ab	28.4a	21.1abc	28.3a
연풍	3.7a	5.1b	11.1ab	10.1bc	2.0a	2.5a	5.0a	4.6abc	23.0ab	27.5a	18.4bc	25.6a
금풍	3.8a	6.1ab	11.5ab	11.0abc	2.1a	3.4a	5.0a	4.8abc	24.2ab	27.2a	17.5c	25.2a

* Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

표 6. 고려인삼 품종별 지상부 생육(경장, 경직경)

품종	경장(cm)				경직경(mm)			
	1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
천풍	5.6a	9.9ab	23.5a	29.7a	1.2a	1.7a	3.5ab	3.9a
고풍	5.9a	8.7ab	21.3ab	26.4a	1.2a	1.4a	3.4ab	4.6a
선향	5.9a	10.4ab	21.0ab	24.5a	1.2a	1.5a	2.9ab	5.2a
금선	6.0a	9.7ab	21.6ab	27.1a	1.3a	1.7a	3.1ab	4.6a
금진	5.8a	9.6ab	17.1c	26.7a	1.2a	1.4a	2.9ab	4.6a
청선	5.6a	9.9ab	18.9bc	25.9a	1.1a	1.4a	3.0ab	4.1a
선풍	6.7a	11.9a	21.9ab	26.5a	1.3a	1.4a	3.2ab	4.5a
선운	5.7a	10.4ab	17.0c	23.0a	1.3a	1.5a	2.8b	4.3a
선원	5.6a	6.4b	21.7ab	25.5a	1.2a	1.6a	3.5ab	4.5a
연풍	5.8a	8.4ab	21.9ab	23.1a	1.2a	1.4a	3.6a	4.2a
금풍	6.4a	9.2ab	22.7a	26.2a	1.3a	1.6a	3.6a	4.5a

* Means with the same letter in column are not significant at 5% by DMRT.

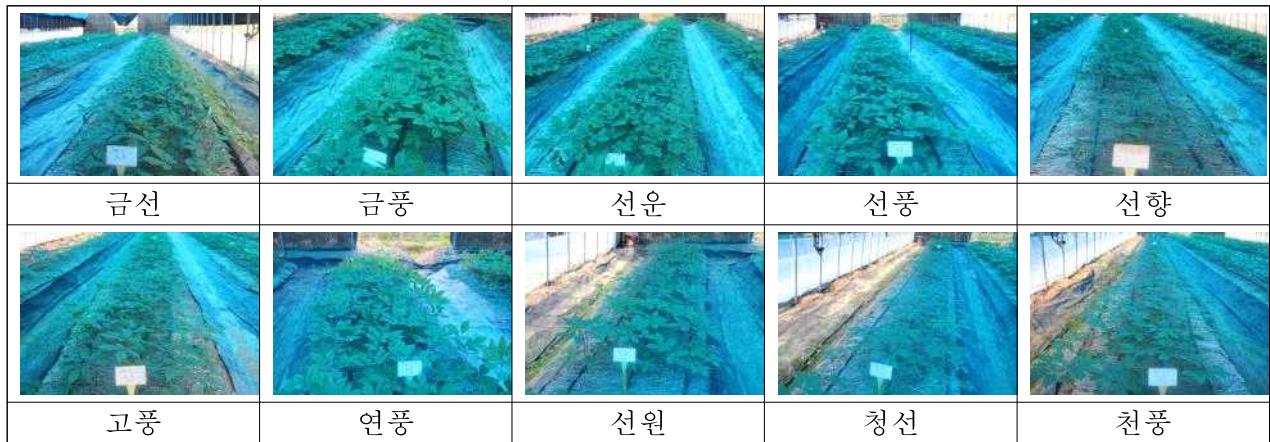


사진 8. 하우스 이용 직파재배 품종별 3년생 지상부

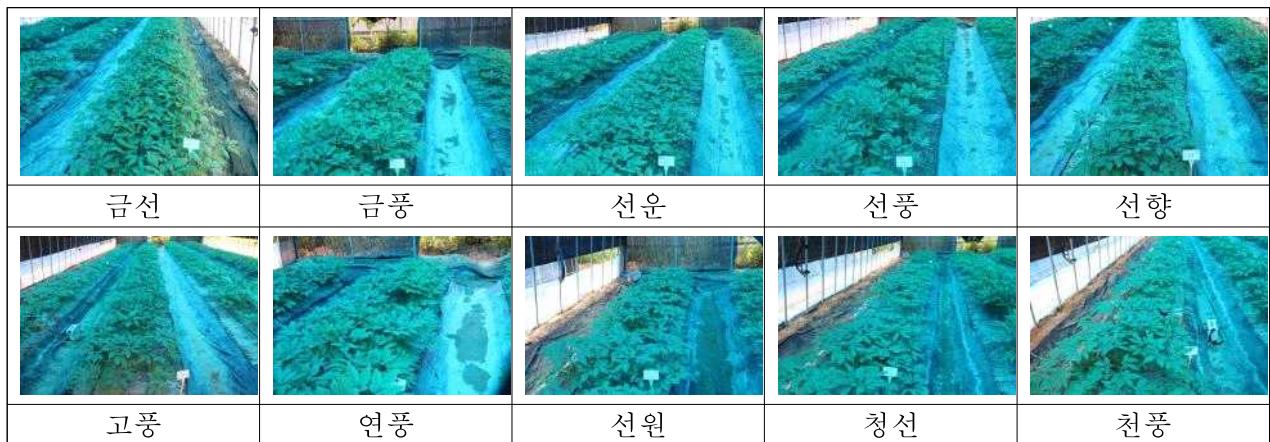


사진 9. 하우스 이용 직파재배 품종별 4년생 지상부

하우스 이용 품종별 및 년차별 직파재배 지하부 생육조사 결과(표 7, 표 8, 사진 8, 사진 9, 사진 10, 사진 11), 1년생의 지하부의 근중은 천풍, 선원 및 금풍이, 근직경은 천풍의 생육이 양호하였고, 2년생의 지하부 근중, 근장 및 근직경은 모두 선원이 2.75g, 18.78cm 및 7.70mm로 생육이 가장 우수하였고, 금진, 금풍 및 금선의 근중도 각각 2.55g, 2.52g 및 2.40g으로 양호하였으며, 3년생 인삼의 지하부 근중은 청선>연풍>천풍>금선=선풍 순으로 양호했고, 근장은 금선>청선>금풍>금진 순으로 길었으며, 근직경은 선풍=선향>고풍>연풍=금진 순으로 두꺼웠다. 또한, 동체장은 금선=연풍>고풍>선풍>금진 순으로 길은 양상을 보였다. 하우스 직파재배 품종별 4년생 지하부 근중은 선원과 금풍, 근장은 금풍, 동체장은 연풍과 천풍, 생존본수는 금풍과 선원, 수량성은 10a당 금풍이 662kg, 선원이 654.7kg으로 우수하였고, 다수확 품종인 연풍에 비해 금풍은 8.5%, 선원은 7.6%의 수량증가를 보였음.

표 7. 고려인삼 품종별 1년생 지하부 생육(근중, 근장)

품종	근중 (g)				근장 (cm)			
	1년생	2년생	3년생	4년생	1년생	2년생	3년생	4년생
천풍	0.4ns ^z	2.0a	7.0abc	16.0ab	12.7ns ^z	17.4ab	15.0bc	20.8abc
고풍	0.3	2.2a	4.3bc	14.0abc	15.2	16.1ab	16.5abc	16.5d
선향	0.3	1.9a	6.7abc	13.7b	11.3	15.8ab	16.4bc	20.5abc
금선	0.4	2.4a	6.9abc	15.5ab	11.2	15.6ab	22.9a	22.8ab
금진	0.4	2.6a	4.3bc	14.4abc	10.9	16.3ab	17.4abc	20.1a-d
청선	0.3	1.8a	8.2a	15.5ab	13.2	16.0ab	18.8ab	19.1bcd
선풍	0.4	2.2a	6.9abc	16.0ab	12.3	15.3ab	17.3abc	17.3cd
선운	0.4	2.1a	4.9abc	13.0b	11.9	15.7ab	12.1c	17.3cd
선원	0.4	2.8a	3.5c	18.3a	14.7	18.8a	16.7abc	19.9bcd
연풍	0.3	2.3a	7.8ab	15.6abc	10.6	15.2ab	13.2bc	19.4acd
금풍	0.4	2.5a	5.6abc	18.2a	12.7	14.9b	17.7abc	23.6a

^zNon significant.

표 8. 고려인삼 품종별 1년생 지하부 생육(근직경, 동체장)

품종	근직경 (mm)				동체장 (cm)	
	1년생	2년생	3년생	4년생	3년생	4년생
천풍	3.7ns ^z	6.5a	7.5a	16.9a	6.4ab	7.7a
고풍	2.9	6.9a	8.8a	16.7a	6.9ab	5.0b
선향	3.3	6.6a	9.0a	16.1a	6.5ab	6.5ab
금선	3.5	7.0a	8.2a	16.3a	8.1a	6.7ab
금진	3.4	7.0a	8.7a	16.3a	6.6ab	6.0ab
청선	3.1	6.3a	7.9a	16.4a	6.4ab	6.7ab
선풍	3.5	7.3a	11.0a	17.1a	6.7ab	4.6b
선운	3.1	6.2a	8.0a	16.1a	5.8ab	5.9ab
선원	3.5	7.7a	7.3a	17.9a	4.8b	6.2ab
연풍	3.2	7.5a	8.7a	17.4a	8.1a	7.6a
금풍	3.3	7.7a	7.7a	18.2a	6.0ab	6.8ab

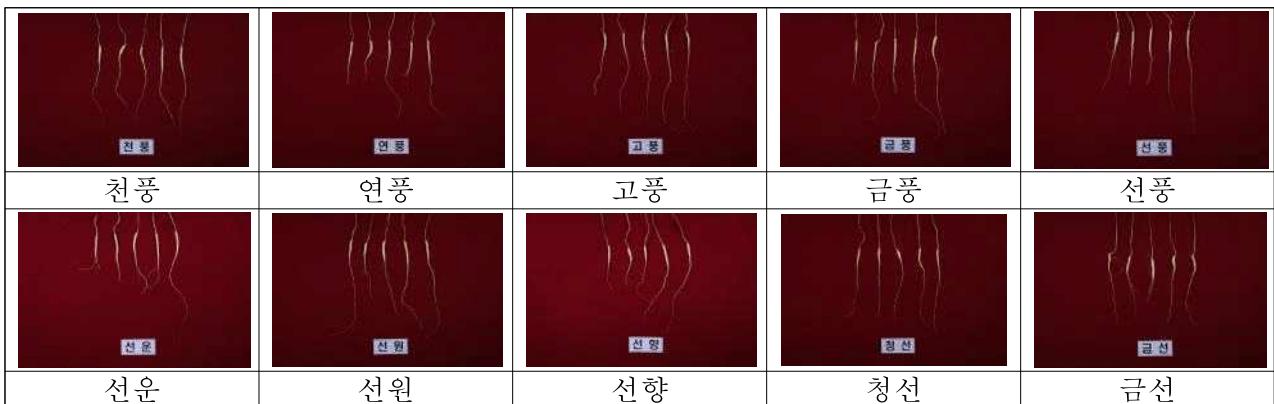


사진 8. 하우스내 인삼품종별 직파 1년생 지상부 생육



사진 9. 하우스내 인삼품종별 직파 2년생 지상부 생육



사진 10. 하우스 직파재배 품종별 3년생 지하부 생육

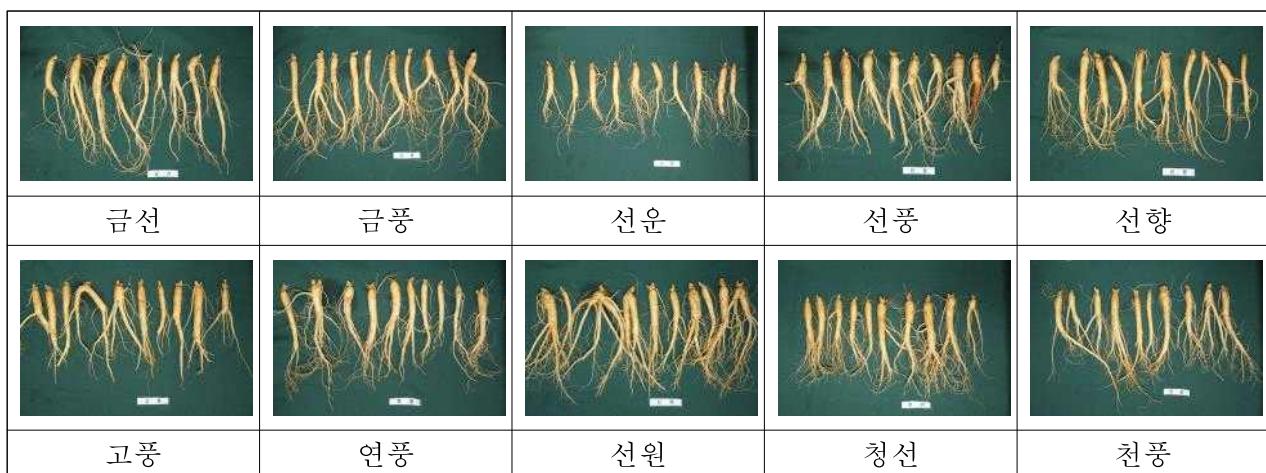


사진 11. 하우스 직파재배 품종별 4년생 지하부 생육

나. 하우스 인삼 병해충 방제기술 확립

(1) 친환경농자재(모잘록병 방제용) 처리효과

하우스를 이용한 직파재배시 발생되는 모잘록병 방제를 위한 친환경 농자재를 선발하기 위하여, 광이탄저 등 4종의 선발된 제재를 단재 또는 복합제재로 처리한 결과(표 9, 표 10), 木-88 처리구에서만 모잘록병이 0.5% 발생되었고, 다른 하우스에서는 병 발생이 없었다.

표 9. 하우스 인삼 병해충 방제용 친환경 농자재 개발

대상병해	처리내용	처리시기	처리장소	비고
모잘록병	광이·탄저(남보)	2013. 5~8월	하우스 1	월 2회 방제 (상순, 하순)
	木-88(상록)		하우스 2	
	바이오헬퍼 + 바이오스트롱		하우스 3	
	광이·탄저+木-88		하우스 4	
	광이·탄저+바이오헬퍼 + 바이오스트롱		하우스 5	

표 10. 하우스 인삼 병해충 방제용 친환경 농자재 처리결과

대상병해	처리내용	병 발생율(%)		생리장해
		모잘록병	탄저병	
모잘록병	팡이·탄저(남보)	-	-	고온장해
	木-88(상록)	0.5	-	
	바이오헬퍼 + 바이오스트롱	-	-	
	팡이·탄저+木-88	-	-	
	팡이·탄저+바이오헬퍼 + 바이오스트롱	-	-	

(2) 친환경농자재(점무늬병, 탄저병, 파총채벌레) 처리효과

하우스내에 발생되는 인삼 병해충 방제를 위하여 석회보드로액 등 4종을 1개월 간격으로 처리 한 결과(표 11, 표 12), 2년생 직파재배 인삼의 점무늬병과 탄저병 발생율은 매우 낮았고, 페스탈님오일과 木-88처리구에서만 점무늬병이 0.2%와 0.1% 발생되었으며, 가루깍지벌레는 발생되지 않았으며, 3년생 하우스 직파재배 인삼에서의 점무늬병 발생율은 매우 낮았고, 탄저병은 발생되지 않았으며, 일부 하우스에서 파총채벌레가 발생되었으나 페스탈님오일 처리구에서는 발생되지 않았다. 또한, 고온에 의한 고온장해가 하우스마다 약 10% 이상 발생되었고, 황증도 5% 미만수준으로 발생되었다. 4년생 직파재배 인삼에서는 전년에 보이지 않았던 고온장해와 병해충이 다 발생하여 6월에 2회 방제를 하였고, 하우스 비닐의 훠손(하우스 2, 하우스 3)에 의한 누수 및 측면을 타고 들어온 빗물에 의해 점무늬병과 탄저병의 발생이 심하였다. 또한, 5월~8월에 걸친 고온으로 하우스 인삼 전 포장에서 고온장해가 약40% 이상 발생되었으며, 파총채벌레는 하우스 포장에서 발생되지 않았고, 지상부 황증은 전년과 비슷한 발생양상을 보였다. 따라서, 친환경농자재로 고온과 누수에 의해 발생되는 병 방제를 하기에는 방제효과가 떨어졌으며, 처리회수를 늘려야 방제가 가능하였다.

표 11. 하우스 인삼 병해충 방제용 친환경 농자재 개발

대상병해	처리내용	처리시기	처리장소	비고
점무늬병·탄저병 및 파총채벌레	석회보르도액(처리 1)	2014. 5~8월 2015. 5~8월 2016. 5~8월	하우스 1	월 1회 방제 (상순)
	페스탈님오일(처리 2)		하우스 2	
	페스탈님오일+코퍼수화제 (처리 3)		하우스 3	
	코퍼수화제(처리 4)		하우스 4	
	木-88(처리 5)		하우스 5	

* 2016년 고온 및 집중강우로 6~8월사이 월 2회 살포

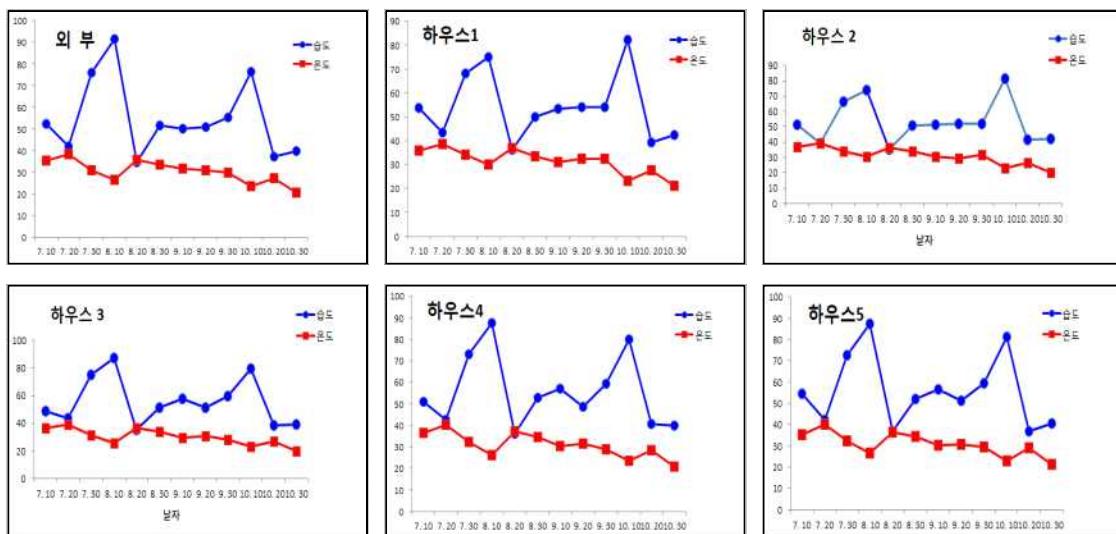
표 12. 하우스 인삼 병해충 방제용 친환경 농자재 처리 결과

대상병해	처리내용	병 발생율(%)						총 발생율(%)		
		점무늬병			탄저병			파종채벌레		
		2년생	3년생	4년생	2년생	3년생	4년생	2년생	3년생	4년생
점무늬병· 탄저병 및 깍지벌레	처리 1	-	-	15.2	-	-	1.3	-	2.7	-
	처리 2	0.2	0.5	23.4	-	-	9.7	-	-	-
	처리 3	-	-	22.7	-	-	8.5	-	-	-
	처리 4	-	-	18.6	-	-	2.6	-	0.8	-
	처리 5	0.1	0.2	1.9	-	-	0.9	-	-	-

다. 인삼 직파재배용 하우스 미기상 분석

(1) 하우스별 미기상 조사(2013)

2종의 청색비닐 하우스에서의 온도와 습도 변화를 조사한 결과(그림 1), 7월 20일에 하우스 4와 5의 최고온도는 40도를 넘어, 금산지역과 같은 분지형 지역에서는 고온장해 발생에 주의를 기울여야 할 것으로 판단되었다. 7월 20일까지는 짙은 청색의 하우스 3, 4, 5의 온도가 높은 경향이었고, 7월 30일 이후부터 8월 30일까지는 하우스 1, 2의 온도가 높은 경향을 나타냈으며, 외기보다 하우스의 온도는 약 1°C 정도 높았고, 습도는 큰 차이가 없었다.



* 외부 : 84,500lux, 하우스 1, 2 : 짙은 청색비닐(3,740lux), 하우스 3, 4, 5 : 옅은 청색(3,830lux)

그림 1. 하우스별 미기상 변화

(2) 하우스별 미기상 조사(2014)

두둑 폭 및 높이를 달리한 하우스에서의 온·습도를 조사한 결과(그림 2), 7월 30일 오후 2시에 외기온도가 42.6도로 측정되었고, 두둑 폭을 달리한 하우스내의 온도도 38.9도에서 39.9도로 측정되어 각각의 하우스에서 고온장해가 발생되는 시점이 되었으며, 고온장해 개선을 사진 4와 같은 하우스 차광개선을 실시하였다.

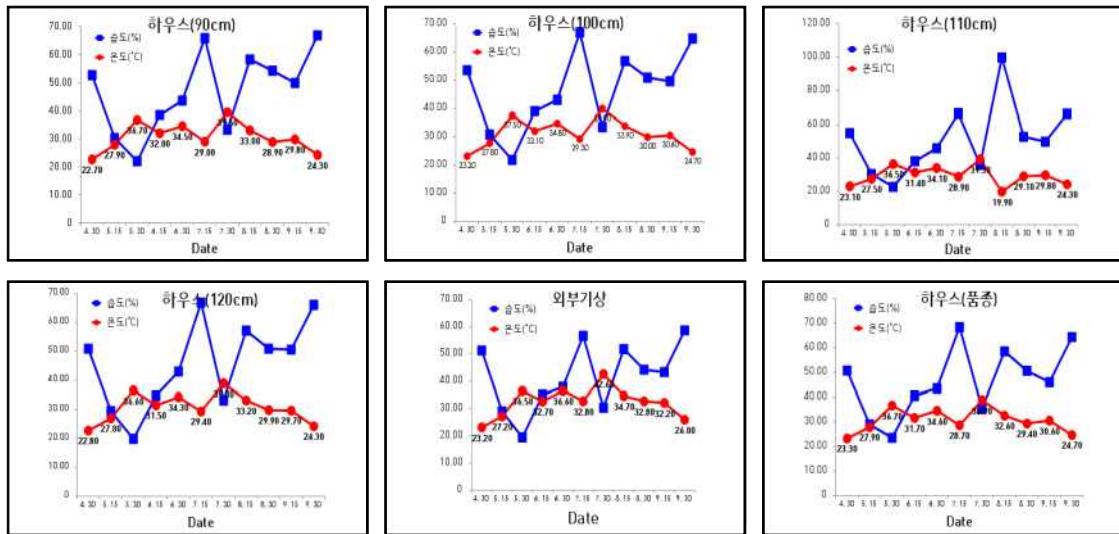


그림 2. 두둑 폭 및 높이를 달리한 하우스별 기상변화

(3) 하우스별 미기상 조사(2015)

하우스 인삼재배용 피복필름 2종의 광투과량을 월별로 조사한 결과(표 13), B사의 필름이 A사의 필름보다 투과되는 광량이 측정시기와 관계없이 최고 및 평균치가 더 높은 경향을 보였다.

표 13. 하우스 필름별 투광량(umole/m²/s)

구분	6월		7월		8월		9월		10월	
	최고	평균								
A사 필름	169.0	43.2	191.0	41.8	138.0	38.4	130.0	37.0	88.0	35.3
B사 필름	225.0	53.6	248.0	50.5	183.0	50.2	169.0	50.7	138.0	48.9

피복필름별 하우스내 온도를 분석한 결과(표 14), 측정시기와 관계없이 최저온도는 A사와 B사 제품 하우스 모두 거의 비슷하였지만, 최고온도는 B사 필름 사용 하우스에서 약간 높은 경향이었다.

표 14. 하우스 필름별 시설내 온도분석

구분	6월			7월			8월			9월			10월		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
A사 필름	361	7.6	22.0	381	11.9	24.6	386	14.9	24.6	320	7.1	18.9	280	4.4	15.1
B사 필름	37.5	7.6	22.3	38.3	11.7	24.9	40.9	14.9	25.1	33.1	7.1	19.1	28.7	4.4	15.3

2종의 기능성필름 사용하우스내의 습도도 온도 측정치와 비슷한 경향(표 15)을 보여, B사 필름사용 하우스가 A사 필름사용 하우스보다 약간 높은 경향을 보였다.

표 15. 하우스 필름별 습도분석

구분	6월			7월			8월			9월			10월		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
A사필름	100	155	746	996	303	80.4	985	356	808	100	227	793	100	246	798
B사필름	100	17.8	750	100	33.1	81.0	99.1	348	81.2	100	27.7	81.2	100	29.4	81.7

A사 필름재배구에서 보다 B사 필름재배구에서 평균 엽수분함량이 높은 경향(표 16)이었고, 엽수분 함량이 낮으면 광합성이 감소되는 것으로 보고되어 있다.

표 16. 하우스 필름별 엽 수분 분석

구분	6월			7월			8월			9월			10월		
	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균
A사필름	150	0.6	93	150	0.6	9.3	150	0.6	107	150	0.6	104	141	0.6	101
B사필름	15.0	0.6	6.8	150	0.6	10.8	150	0.6	11.7	150	0.6	11.7	150	0.7	13.5

2개의 하우스 인삼재배용 필름 설치 후 지온측정 결과(표 17), 최저기온은 측정시기와 관계없이 A사 필름재배구에서 낮은 경향을 보였고, 최고온도는 A사 필름 피복구가 높은 경향을, 평균지중온도는 6~7월은 A사 필름, 8~10월에는 B사 필름 피복구가 높은 경향을 나타내었다.

표 17. 하우스 필름별 지온분석

구분	6월			7월			8월			9월			10월		
	최고	최저	평균												
A사필름	266	144	209	308	175	239	312	198	248	267	143	198	202	124	165
B사필름	24.6	15.7	20.8	28.6	19.0	23.6	29.3	21.1	24.8	24.7	16.3	20.0	19.6	14.3	16.9

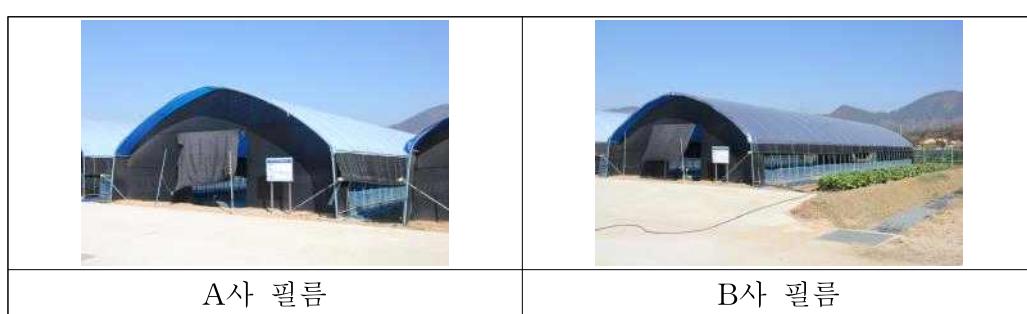


사진 12. 하우스 필름별 설치상황

(4) 하우스별 미기상 조사(2016)

인삼 직파재배용 하우스의 미기상을 월별 평균값으로 분석한 결과(표 30), 하우스 내부의 온도는 외부온도에 비해 높은 경향을 보였고, 하우스 내부의 광량은 7월과 8월에 비해 6월이 많았던 것으로 나타났음.

표 18. 하우스 미기상 데이터 분석

일시	하우스 내부				하우스 외부				수분함량 (kPa)	광량 (μmol)
	온도 (°C)	습도 (%)	엽수분 (0~15)	지온 (°C)	온도	습도	엽수분 (0~15)	지온 (°C)		
6월	22.9	76.2	5.6	21.4	22.4	76.0	3.9	22.1	6.3	33.8
7월	26.6	79.7	6.6	25.0	25.8	80.1	4.7	25.8	4.7	30.6
8월	27.9	78.0	6.4	26.6	27.0	79.2	4.6	27.5	14.9	33.3

* 엽수분 : 0 - Dry, 15 - Wet

하우스내의 두둑 폭과 높이에 따른 직파재배 4년생 인삼의 광합성량은(그림 3), 재배작형에 관계없이 광의 강도(PAR)가 증가할수록 광합성량은 증가하였고, 6월의 광합성량이 7월과 8월에 비해, 두둑높이별 광합성량은 30cm에서, 두둑 폭은 110cm 높이에서 높은 경향을 보였다.

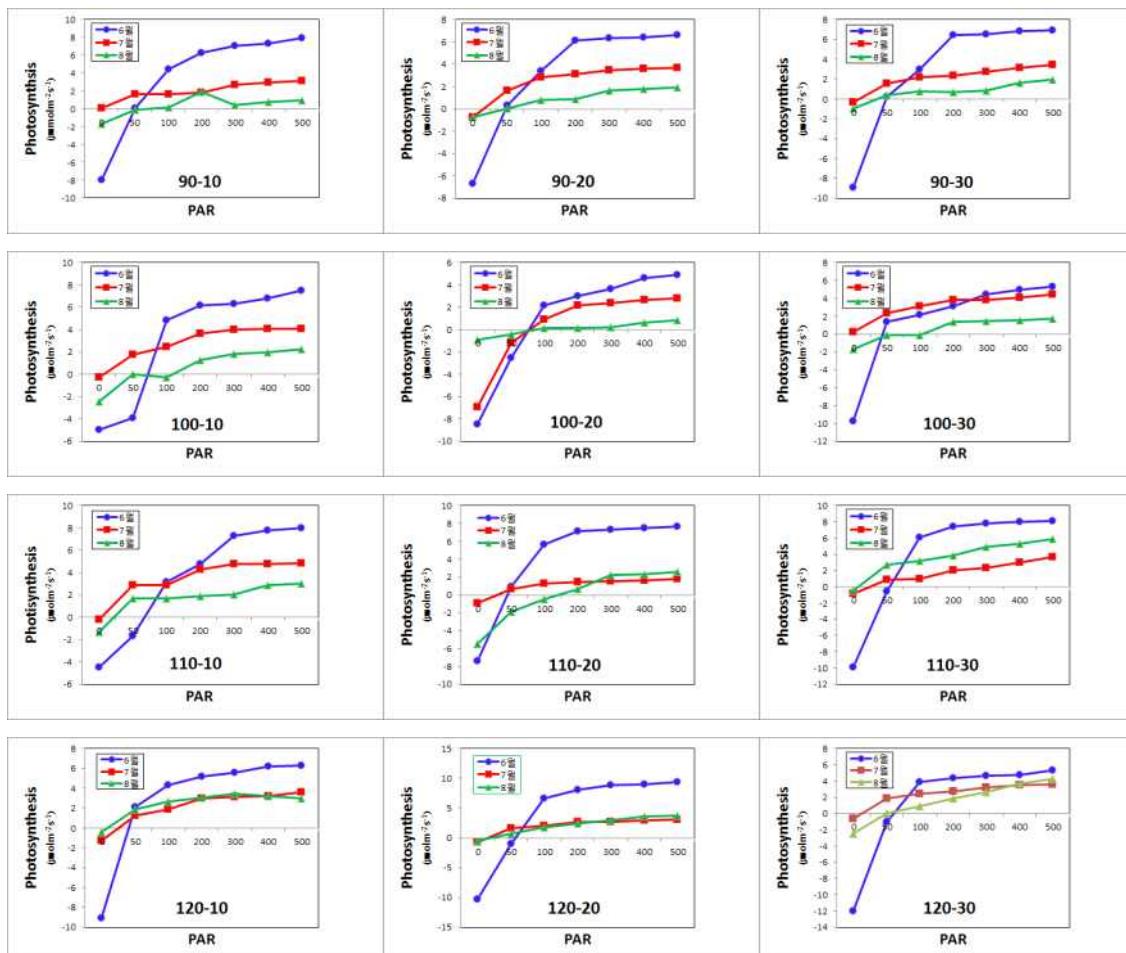


그림 3. 두둑 폭, 두둑높이 및 시기별 하우스 직파 4년생 광합성량 변화

하우스내의 품종별 직파재배 4년생 인삼의 광합성량(그림 4)도 광 강도(PAR)가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였고, 시기 및 품종별 광합성량은 6월에는 연풍>천풍>고풍>금진>청선>선풍>금선>금풍>선팀>선향>선풍 순으로 높았고, 7월에는 천풍>선팀>금진>금풍>청선>선풍>선향>금풍>선팀>선향>선풍 순, 8월에는 천풍>청선>선팀>선풍>금진>금선>선향>금풍>금진>고풍>선풍 순으로 높은 경향을 보였음.

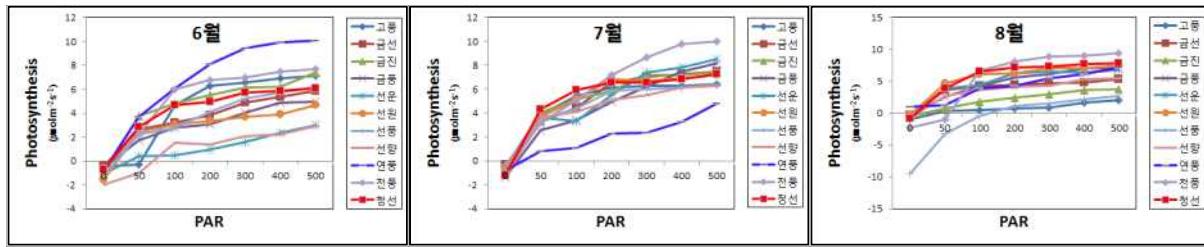


그림 4. 품종 및 시기별 하우스 직파재배 4년생 광합성량 변화

라. 하우스 직파재배 인삼의 ginsenoside 함량 분석

두둑높이 및 두둑 폭별 하우스 직파재배 4년생 인삼의 진세노사이드 함량을 조사한 결과(표 19), 120cm×20cm(두둑 폭×두둑높이), 120cm×10cm 및 100cm×10cm 처리구의 함량이 높은 경향을 보였음.

표 19. 하우스 인삼 직파재배 작형별 ginsenoside 함량분석(4년생)

두둑 폭 (cm)	두둑 높이 (cm)	Ginsenoside contents(mg/g, DB)									
		Rg1	Re	Rf	Rb1	Rc	Rg2	Rb2	Rb3	Rd	Total
90	10	2.79±0.37	4.69±0.56	0.9±0.09	4.41±0.52	3.10±0.29	0.26±0.03	1.62±0.19	0.23±0.03	0.68±0.06	18.68±2.14
	20	2.36±0.10	4.96±0.27	0.77±0.08	4.59±0.02	2.84±0.12	0.30±0.01	1.87±0.06	0.28±0.01	0.74±0.03	18.71±0.06
	30	2.33±0.13	4.70±0.49	0.72±0.06	4.78±0.74	2.99±0.38	0.27±0.01	1.84±0.13	0.25±0.01	0.71±0.01	18.59±1.94
100	10	2.67±0.43	5.63±1.00	0.87±0.14	5.89±0.73	3.66±0.57	0.3±0.06	2.13±0.26	0.28±0.05	0.78±0.11	22.21±3.35
	20	2.65±0.01	4.11±0.09	0.83±0.03	4.18±0.11	2.84±0.01	0.24±0.01	1.10±0.03	0.14±0.00	0.60±0.01	16.69±0.25
	30	1.99±0.08	4.67±0.09	0.67±0.01	3.92±0.06	2.68±0.11	0.33±0.01	1.67±0.04	0.22±0.01	0.62±0.01	16.77±0.42
110	10	2.33±0.06	5.11±0.17	0.76±0.01	4.77±0.13	3.00±0.16	0.35±0.02	1.72±0.06	0.21±0.01	0.81±0.04	19.06±0.66
	20	2.17±0.13	5.55±0.30	0.79±0.07	5.29±0.42	3.20±0.27	0.41±0.03	2.38±0.16	0.29±0.01	0.90±0.06	20.98±1.44
	30	3.23±0.16	4.59±0.30	0.87±0.06	5.27±0.12	3.18±0.13	0.22±0.01	1.55±0.05	0.18±0.00	0.75±0.01	19.84±0.86
120	10	2.75±0.09	5.25±0.13	0.90±0.01	6.15±0.42	3.66±0.11	0.34±0.01	2.18±0.09	0.27±0.01	0.93±0.04	22.43±0.91
	20	2.18±0.12	6.68±0.37	0.82±0.04	6.20±0.30	3.29±0.13	0.32±0.01	2.12±0.11	0.26±0.01	0.82±0.07	22.69±1.30
	30	3.10±0.18	5.05±0.09	0.81±0.04	5.52±0.12	3.19±0.01	0.23±0.01	1.71±0.01	0.21±0.00	0.86±0.02	20.68±0.21

품종별 하우스 직파재배 4년생 인삼의 진세노사이드 함량을 조사한 결과(표 20), 금진, 금선 및 천풍 순으로 진세노사이드 함량이 높은 경향을 보였음.

표 20. 하우스 인삼 직파재배 품종별 ginsenoside 함량분석

품종명	Ginsenoside contents(mg/g, DB)									
	Rg1	Re	Rf	Rb1	Rc	Rg2	Rb2	Rb3	Rd	Total
연풍	3.26±0.15	3.39±0.70	0.89±0.22	4.84±0.28	3.64±0.45	0.28±0.08	1.43±0.24	0.16±0.03	0.82±0.04	18.68±1.20
금진	2.65±0.04	4.19±0.00	0.81±0.02	6.10±0.54	3.11±0.06	0.41±0.01	3.57±0.06	0.49±0.01	0.78±0.08	22.10±0.64
선운	3.59±0.01	2.29±0.03	0.73±0.01	4.24±0.17	3.50±0.09	0.16±0.00	1.01±0.02	0.11±0.00	1.00±0.05	16.61±0.34
선원	1.13±0.00	3.83±0.01	0.48±0.02	3.76±0.04	2.38±0.06	0.38±0.01	1.33±0.02	0.17±0.00	0.54±0.03	13.98±0.10
선향	3.54±0.13	4.06±0.09	0.76±0.02	5.83±0.30	3.56±0.07	0.38±0.01	2.15±0.05	0.27±0.01	0.72±0.03	21.24±0.65
금선	2.75±0.21	5.28±0.31	0.97±0.06	5.63±0.55	4.70±0.45	0.54±0.04	1.17±0.11	0.14±0.01	0.83±0.11	22.01±1.86
청선	0.99±0.11	4.36±0.41	0.35±0.03	2.87±0.42	1.65±0.18	0.53±0.06	1.59±0.16	0.19±0.02	0.57±0.15	13.08±1.24
선풍	1.51±0.01	3.59±0.04	0.67±0.01	4.10±0.08	2.33±0.00	0.29±0.01	2.23±0.04	0.30±0.02	0.59±0.01	15.59±0.08
금풍	3.23±0.06	1.89±0.01	0.78±0.01	4.82±0.13	3.98±0.13	0.11±0.01	1.34±0.04	0.16±0.01	0.87±0.02	17.16±0.40
천풍	3.63±0.13	4.62±0.16	1.04±0.22	5.00±1.26	4.06±0.55	0.48±0.06	1.48±0.43	0.17±0.06	0.83±0.04	21.30±1.37
고풍	3.08±0.21	4.17±0.33	0.98±0.03	5.66±0.50	3.26±0.14	0.42±0.06	1.77±0.13	0.31±0.09	0.75±0.04	20.38±1.52

<제3협동과제>하우스 이용 인삼 직파재배 가공적성 품종 선발

가. 하우스 시설 구축 및 품종별 직파

(1) 품종별 등록 및 주요 특성

하우스 직파재배에 적합한 품종선발을 위해서 KGC에서 개발한 9품종과 대조구로 자경재래종을 사용하였다(표 3). 천풍은 국내 품종등록 1호로서 종자색이 등황색으로 체형과 홍삼 품질이 우수하다. 금풍은 종자색이 노란색이고 몸 전체에 안토시아닌 색소의 침착이 없다. 금풍과 유사한 청선은 몸전체에 금풍과 같이 색소가 없지만 열매는 빨간색이고 가을에 붉은색으로 단풍이 듈다(표 4, 그림 2).

표 3. 하우스 직파재배에 사용한 인삼품종

번호	품종명	등록년도	주요특성	장점
1	천풍	2002	종자색 등황숙종	- 체형 및 홍삼품질 우수
2	연풍	2002	다경종	- 다수성, 고사포년 - 묘삼소질 양호
3	고풍	2003	줄기색 진자경	- 수량 및 홍삼품질 중간
4	선풍	2003	화경의 길이가 깊	- 지하부 체형 우수
5	금풍	2003	풍기황숙계통에서 선발	- 동장이 길고 종자결실우수 - 황숙종 대비 적변저항성
6	선원	2006	소엽 중앙 부위 총생	- 다수학, 근부저항성계통
7	선운	2006	잎 표면에 주름 심함	- 축화경의 발생율이 높음 - 줄기버섯파리 회피성 우수
8	청선	2007	청경종 계통에서 선발	- 유전자원 보존
9	선향	2009	홍삼향 우수	- 지상부 생육우수 - AFG 고함유

표 4. 인삼 9품종의 지상부 형질 특성

품종명 \ 특성	기부색	줄기색	엽병색	화경색	열매색	잎모양	열매 모양	기타 특성
천풍	자색	녹색	자색	녹색	등황색	옆쪽이 좁고 길며, 잎이 안쪽으로 몰립	부채꼴	-
연풍	자색	녹색	자색	녹색	붉은색	5개 소엽 이외에 1개의 턱엽 발달	원형	다경
금풍	녹색	녹색	녹색	녹색	노란색	소엽이 잎모양이고 밑으로 처짐	역삼각형	-
고풍	자색	진자색	진자색	진자색	붉은색	6개의 장엽이 수평	역삼각형	-
선풍	자색	자색	자색	자색	붉은색	소엽 중간 부분이 등글고 연녹색	부채꼴형	화경 길다
선원	자색	자색	자색	자색	붉은색	6개의 장엽이 원형	부채꼴형	-
선운	자색	자색	자색	자색	붉은색	소엽이 물결모양, 텁니(거치) 발달	부채꼴형	-
청선	녹색	녹색	녹색	녹색	붉은색	금풍과 비슷	부채꼴형	-
선향	자색	자색	자색	자색	붉은색	소엽이 타원형	부채꼴형	-

Cultivar	Stem	Petiole	Berry(up)	Leaf	Berry(side)
Chunpoong					
Yunpoong					
Gumpoong					
Gopoong					
Sunone					
Sunun					
Sunpoong					
Cheongsun					
Sunhyang					

그림 3. 9품종의 지상부 형태적인 특성.

(2) 품종의 직파 파종

파종을 위한 파종구는 장척(10×14)을 이용하여 만들었으며, 품종별로 칸당 140립씩 직파하였다(그림 4). 9품종별 개갑종자는 파종구에 3 cm 깊이로 한 개씩 넣고 흙으로 덮어주었다.

(3) 부초 덮기 및 관수처리

품종별로 종자를 파종한 후 수분증발 및 잡초발생 억제를 위하여 짚으로 만든 벗짚부초로 피복을 하였다(그림 4). 수분공급을 위해서 점적호스(10 cm 간격)를 설치하였고 파종 후 종자발아 촉진을 위해서 양직묘포 관리 기준을 준용하여 칸당 6 L씩 관수를 수분을 공급하였다. 2년생 부터는 칸당 수분함량을 15~18% 수준으로 유지하기 위해서 한달에 1~2회 점적 관수를 실시하였다.



그림 4. 품종별 직파 후 부초덮기 및 관수처리.

나. 품종별 빨아율 및 생육특성조사

(1) 빨아율 및 엽소발생율

냉동보관한 품종별 개갑종자를 춘파 처리한 후 이들의 빨아율을 조사한 결과 천풍 품종이 94%로 가장 높은 빨아율을 보였고 그 다음 금풍이 87.5%, 연풍이 84%를 나타내었다(표 5).

표 5. 하우스 직파재배 품종별 종자 빨아율조사

품종	천풍	연풍	금풍	고풍	선풍	선원	선운	청선	선향	자경
빨아율 (%)	94.0	84.0	87.5	46.0	71.0	62.5	33.5	76.0	47.0	71.0

인삼의 3년근 이하의 저년근에서는 고온, 다습한 조건에서 엽소 피해가 많이 발생한다. 청색차광비닐(투광율 10%) 하우스 시설에서 직파재배로 파종한 품종들간의 엽소피해를 조사한 결과 연풍이 4.8%로 가장 낮은 엽소피해율을 보였으며, 청선의 경우 31.3%로 엽소에 매우 취약한 것으로 나타났다(표 6).

표 6. 하우스 직파재배 1년생 품종별 엽소발생율 조사

품종	천풍	연풍	금풍	고풍	선풍	선원	선운	청선	선향	자경
엽소율 (%)	14.6	4.8	14.6	11.7	16.2	18.6	5.7	31.3	13.6	8.7

(2) 출아율 및 병발생율

2년생 출아율은 선운이 가장 높았으나, 품종별 출아율은 천풍과 선일이 75.5% 높았고 선운은 작년에 파종한 종자가 3% 빨아하였다. 직파삼에서 이병율은 금풍이 1.3%로 가장 낮았고 선향이 6.4%으로 높았다. 4년생에서 품종별 출아율은 선원과 연풍이 49%로 았으나, 3년대비 출아율이 낮았졌다. 병발생율은 금풍이 타 품종에 비하여 전체적으로 낮았고 선향은 5% 수준으로 높았다(표 7).

표 7. 직파 9품종의 출아율 및 병발생율 조사

년도	자경	천풍	연풍	금풍	고풍	선풍	선원	선운	청선	선향
2014	출아율	62.5	75.5	73.0	72.0	42.5	67.5	62.5	36.5	62.5
	이병율	1.6	3.3	2.0	1.3	3.5	2.2	1.6	2.7	4.0
2015	출아율	60.5	72.4	74.0	70.3	40.2	68.2	59.8	38.1	62.5
	이병율	2.7	2.3	2.1	1.8	3.8	3.1	2.4	3.3	4.7
2016	출아율	37.1	45.2	49.0	45.3	42.0	56.2	49.8	37.0	46.0
	이병율	3.2	2.7	1.9	2.9	3.2	4.0	2.7	3.9	4.3

* 이병율 : 잎/줄기 점무늬병, 잣빛곰팡이병, 탄저병 조사.

다. 지상부 생육특성 및 광합성 효율 조사

(1) 4년근 지상부 생육특성

하우스 폐복자재는 인삼재배 전용 청색비닐로서 투광율이 8%로 청색광은 인삼의 웃자를 방지하고 뿌리의 발달을 촉진하는 효과가 있다(그림 5). 직파재배 4년생의 품종별 지상부 생육특성을 조사한 결과 경장은 선풍이 41.3 cm로 가장 길었고 경직경은 금풍이 7.3 mm로 두꺼웠다. 장엽수와 소엽수는 다경인 연풍이 6.5개와 35.6개로 가장 많았고, 소엽크기는 청선이 타 품종에 비하여 컸다. 잎의 길이는 선풍이 7.46 cm 길었다(표 8).



- 하우스 폐복자재 : 청색 비닐
- 광 투광율 : 8%
- 수분관리 : 15~18%
- 측정기기 : LI 6400XT (Li-Cor, USA)

그림 5. 하우스 직파 4년생의 광합성 효율조사.

표 8. 하우스 직파재배 4년생 지상부 형질특성

품종	줄기		갯수	소엽		엽병장 (cm)	장엽수
	경장(cm)	경직경(mm)		길이(mm)	폭(mm)		
천풍	40.4	6.5	22.6	13.7	6.4	8.2	4.6
연풍	33.7	6.1	35.6	13.9	6.0	8.8	6.8
금풍	39.9	7.3	23.0	16.3	7.1	9.7	4.6
고풍	33.9	6.7	24.2	15.2	5.9	8.1	4.8
선풍	41.3	6.7	24.6	14.9	6.2	9.0	5.0
선원	38.9	6.8	22.6	16.4	6.5	7.7	4.6
선운	35.9	6.9	21.4	14.9	6.3	9.5	4.2
청선	36.3	7.0	23.2	17.4	7.3	10.0	4.6
선향	33.3	5.5	22.4	12.3	5.6	7.4	4.4
자경	38.0	6.6	29.6	13.8	5.7	9.4	5.8

(2) 광합성 효율(photosynthetic rate) 조사

식물은 광합성을 통하여 탄수화물을 생성하여 에너지원으로서 사용한다. 인삼은 반음지성 식물로서 양지식물에 비하여 광합성 효율은 낮다. 4년생 직파삼 9품종의 광합성 효율을 조사한 결과 금풍이 4.35로서 대비품종들 중에서는 가장 높았고 기공전도도와 증산율도 높게 나타났다(표 9). 연풍의 광합성 효율은 3.71로 금풍이 비하여 낮지만 다경으로 엽면적이 많아 총광합성량은 자경을 비롯한 9품종 중에서 가장 많았다.

표 9. 하우스 직파재배 4년생 광합성 특성조사

품종	Photosynthetic rate ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Transpiration rate ($\text{molH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$)
천풍	4.34	0.075	1.207
연풍	3.71	0.116	1.703
금풍	4.35	0.140	1.979
고풍	4.04	0.117	1.725
선풍	3.14	0.067	1.174
선원	3.36	0.034	0.624
선운	2.89	0.028	0.558
청선	3.51	0.035	0.678
선향	3.37	0.032	0.647
자경	4.01	0.051	0.745

라. 지하부 뿌리의 생육특성

1) 4년근 지상부 생육특성

- 근중 : 연풍 29.59g > 고풍 28.39g > 금풍 25.88g
- 동장 : 금풍 5.86cm > 선풍 5.64cm > 연풍 5.41cm
- 근장 : 금풍 23.07cm > 고풍 2.39cm > 연풍 21.90cm

표 10. 하우스 4년생 직파 9품종의 지하부 뿌리의 생육특성

품종	근중(g)	동장(cm)	동직경(mm)	근장(cm)	지근수
천 풍	25.26±0.34	4.79±0.97	19.89±1.46	21.18±1.59	2.98±0.32
연 풍	29.59±2.68	5.41±0.17	20.33±0.77	21.90±0.65	3.34±0.31
금 풍	25.88±2.84	5.86±0.46	18.57±0.50	23.07±1.49	3.06±0.24
고 풍	28.39±1.86	5.38±1.23	20.27±0.25	22.39±0.19	3.39±0.35
선 풍	21.67±1.85	5.40±0.60	19.70±0.61	21.41±1.48	2.95±0.08
선 원	27.18±2.57	5.29±0.49	21.31±1.08	21.13±0.21	3.63±0.24
선 운	18.68±4.88	5.64±1.28	18.61±0.96	17.73±2.73	3.68±0.18
청 선	22.39±4.89	4.90±0.51	19.46±0.38	19.38±2.67	3.24±0.35
선 향	19.09±2.66	4.62±1.00	17.95±1.31	20.55±1.01	2.96±0.49
자 경	29.99±1.53	4.79±0.86	22.10±1.45	20.79±0.82	3.74±0.17

* 5반복 실험의 평균값.

(2) 4년근 뿌리의 등급판정 기준

고급 홍삼을 제조하기 위해서 수삼을 체형을 기준으로 하여 등급을 나누어서 분류한다 (표 11). 수삼등급이 높을수록 홍삼의 천삼, 지삼의 생출율이 높게 나온다. 수삼 1등 기준은 몸통의 길이가 6cm 이상이고 5cm 이상의 다리가 2개 이상인 것으로 사람모형이 가장 이상적이다(그림 6).

표 11. 수삼의 등급판정 기준

등급 항목	1등	2등	3등	등외
머리	몸통과 균형을 이룬 머리가 있는 것	몸통과 균형을 이룬 머리가 있는 것	몸통과 균형을 이룬 머리가 있는 것	제한 없음
몸통 및 다리	몸통이 부분적으로 비대하거나 굴곡이 심하지 아니한 것	몸통이 부분적으로 비대하거나 굴곡이 심하지 아니한 것	몸통이 부분적으로 비대하거나 굴곡이 심하지 아니한 것	제한 없음
	몸통의 길이가 6Cm이상이고 5Cm이상의 다리가 2개 이상인 것. 다만 몸통지름이 몸통길이의 2/5이하이어야 한다.	몸통의 길이가 4Cm이상이고 3Cm이상의 다리가 2개 이상인 것이나 몸통의 길이가 8Cm이상이고 직립형인 것. 다만 몸통지름이 몸통길이의 1/2이하이어야 한다.	몸통의 길이가 3Cm이상이고 몸통과 균형을 이룬 다리가 있는 것이나 몸통의 길이가 5Cm이상이고 직립형인 것. 다만 무게가 50g 이상인 체형 불량삼을 포함한다.	제한 없음



그림 6. 수삼 체형에 따른 등급분류.

(3) 품종별 생산성 및 뿌리삼 등급 분류

하우스에서 재배한 직파 9품종 및 자경을 채굴하여 생산성을 조사한 결과 연풍이 칸당 2.2kg으로 수량이 높았고 금풍, 천풍 순으로 많았다(표 12). 생존율은 연풍이 69.6%로 가장 높았고 금풍이 63.8%, 천풍 59.2% 순으로 높았다. 품종별 생존율이 출아율보다 높은 것은 면삼때문인 것으로 보인다. 수삼등급판정 기준에 따라서 등급분류한 결과 2등삼은 연풍 18%, 천풍 12%, 금풍 10% 순으로 높았다(표 12). 연풍은 다경비율이 높기 때문에 6년 재배시에는 대편삼이 많이 나와 증삼시에 균열발생율이 높아 홍삼소질이 떨어지는 단점이 지적되었다. 그러나 4년근 직파재배에서는 대편발생이 적고 직파삼으로직립형이라서 타 품종에 비하여 2등과 3등이 높게 나온 것으로 사료된다.

표 12. 4년근 직파삼 9품종의 생산성 및 뿌리삼 등급조사

품 종	생존율 (%)	생산량 (kg/3.3m ²)	수삼등급 (%)				소계
			2등	3등	4등		
천풍	59.2%	1.65	12	21	67		100
연풍	69.6%	2.22	18	16	66		100
금풍	63.8%	1.80	10	24	66		100
고풍	40.4%	1.28	7	21	72		100
선풍	55.8%	1.39	1	17	82		100
선원	47.9%	1.31	5	21	74		100
선운	31.7%	0.81	0	20	80		100
청선	49.6%	1.14	8	18	74		100
선향	22.5%	0.41	0	25	75		100
자경	49.2%	1.69	5	23	72		100

마. 4년근 직파삼 뿌리의 유효성분 분석

(1) 사포닌 함량 분석

품종별 4년생 직파삼을 채굴하여 수척한 후 40°C 열풍건조기에서 48시간 건조하고 사포닌 분석에 이용하였다. 품종별 11종의 ginsenoside를 분석한 결과 연풍이 13.16mg으로 가장 높았고 선풍, 천풍 순으로 조사되었다. 금풍은 7.7mg으로 9품종 중에 가장 낮았다. 수삼에서는 Rh1, Rg3s, Rg3r 3종은 불검출되었다(표 13).

표 13. 하우스 직파재배 4년근 뿌리의 사포닌 함량분석

품종	Ginsenosides (mg/g·DW)								Total
	Rg1	Re	Rf	Rg2s	Rb1	Rc	Rb2	Rd	
천풍	2.42±0.04	2.92±0.16	0.74±0.16	0.45±0.02	2.76±0.02	1.28±0.05	0.68±0.02	0.31±0.01	11.57±0.43
연풍	2.90±0.01	2.88±0.08	0.90±0.01	0.48±0.01	2.95±0.07	1.51±0.04	1.17±0.03	0.38±0.02	13.16±0.25
금풍	2.25±0.01	1.31±0.02	0.42±0.01	0.09±0.04	2.00±0.02	0.90±0.00	0.48±0.01	0.34±0.01	7.79±0.07
고풍	1.93±0.06	2.72±0.05	0.46±0.01	0.34±0.00	2.13±0.04	1.23±0.03	0.73±0.04	0.32±0.01	9.87±0.22
선풍	1.73±0.02	2.83±0.02	0.70±0.02	0.41±0.01	2.27±0.02	1.81±0.03	1.63±0.02	0.40±0.01	11.78±0.12
선원	2.24±0.02	1.16±0.03	0.38±0.00	0.10±0.00	1.87±0.04	1.43±0.21	0.74±0.01	0.45±0.02	8.36±0.18
선운	1.65±0.01	2.72±0.05	0.49±0.11	0.40±0.05	2.47±0.07	1.32±0.02	0.94±0.03	0.35±0.01	10.33±0.25
청선	1.14±0.01	3.05±0.04	0.27±0.03	0.41±0.03	1.70±0.09	1.20±0.02	1.05±0.02	0.25±0.01	9.06±0.10
선향	2.35±0.08	2.15±0.07	0.84±0.09	0.43±0.04	2.55±0.21	2.32±0.09	1.72±0.05	0.46±0.01	12.82±0.42
자경	2.72±0.14	2.71±0.04	0.39±0.01	0.31±0.04	2.73±0.05	1.43±0.08	1.07±0.01	0.31±0.01	11.67±0.29

* 11종 ginsenoside 분석 : Rh1, Rg3s, Rg3r 3종은 불검출.

(2) 유리당 함량 분석

9품종의 유리당 함량을 분석한 결과 선풍에서 sucrose 함량이 42.85mg으로 다소 높게 나왔고 고풍에서 maltose 함량이 204mg으로 타 품종에 비하여 높게 검출되었다(표 14).

표 14. 하우스 직파재배 4년생 품종별 유리당 함량

품종	유리당 함량 (mg)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
천풍	3.55±0.13	4.16±0.51	27.17±2.14	139.86±17.86
연풍	4.21±0.42	4.28±0.19	38.42±5.83	197.56±18.33
금풍	3.43±0.50	4.61±0.03	31.70±0.78	151.21±22.41
고풍	4.01±0.44	4.54±0.19	36.25±4.42	204.25±22.47
선풍	4.42±0.15	4.76±0.21	42.85±1.62	145.92±10.86
선원	3.58±0.34	4.60±0.72	35.18±3.91	143.01±18.91
선운	3.45±0.11	4.52±0.93	36.89±4.82	188.63±20.17
청선	2.45±0.43	4.03±0.27	31.89±1.89	152.16±9.81
선향	3.58±0.51	4.28±0.19	36.47±2.15	186.37±11.47
자경	4.03±0.46	4.60±0.17	36.88±5.34	143.01±19.96

(3) 홍삼소질 및 농축액 수율조사

하우스에서 직파재배한 9품종의 인삼을 채굴한 후 근중이 30g 이상되는 개체를 선별하여 98°C에서 3시간 증삼한 후 55°C 열풍건조기에서 건조하여 홍삼을 제조하였다. 홍삼농축액 수율을 조사하기 위해서 동체와 뿌리비율을 75:25로 하여 배치식으로 원료의 7배 물을 첨가하여 86°C에서 12시간씩 4회추출한 후 감압·농축하였다. 농축액 수율은 고형분 64% 기준으로 하여 조사한 결과 천풍이 53.6%, 연풍이 52.7% 높은 수율을 나타내었다(표 15). 시험된 모든 품종에서 천삼은 나오지 않았고 지삼은 연풍이 2.05%로 가장 높았으며 양삼에서도 연풍이 8.1%로 높았다. 연풍은 고온저항성 품종으로 고온기 엽소피해가 적어 생존율과 수량이 높았으며, 홍삼소질도 우수하였다(표 15).

표 15. 하우스 직파재배 4년생 홍삼소질 및 농축액 수율

품종	홍삼소질(%)				홍삼 농축액 수율 (%)
	천삼	지삼	양삼	원료삼	
천풍	0	1.87	6.85	91.28	53.6±0.23
연풍	0	2.05	8.10	89.85	52.7±0.50
금풍	0	1.95	7.35	90.07	49.8±1.31
고풍	0	1.73	5.71	92.56	50.4±0.49
선풍	0	0	5.03	94.97	49.7±0.81
선원	0	1.42	4.91	93.67	50.6±0.60
선운	0	0	3.75	96.25	47.6±0.95
청선	0	1.20	4.83	93.97	49.2±1.23
선향	0	0	3.97	96.03	48.1±0.71
자경	0	1.53	4.90	93.57	50.4±1.02

(4) 대사체(metabolome) 분석을 통한 품종별 상호 비교분석

품종차별화를 위한 바이오마커를 개발하고자 하우스에서 직파재배된 9품종의 대사체 분석을 실시하였다. 시료는 각 품종의 전형적인 표현형(phenotype)을 나타내는 개체를 3개씩 선별한 후 40°C 열풍건조기에서 건조한 후 분쇄기로 마쇄하여 균질화한 후 분석에 사용하였다. 대사체 분석을 위한 추출용매는 물(DW)과 80% MeOH을 사용하였으며, 분석결과는 일본 NIKKEN의 database를 이용하여 검색하였다(표 16). 이들 자료로부터 고풍, 선운 품종에 특이적인 positive biomarker와 연풍, 고풍, 선원 특이적인 negative biomarker를 선발 하였다(추가적인 자료 분석 진행 중).

표 16. 80% MeOH을 이용한 하우스 직파재배 4년근 9품종의 대사체 분석

Peak Name	m/z	Ret. Time
Piperidine	86.0964	1.27
Butyrolactone	87.0441	1.05
1,5-Heptadien-3-yne	93.0699	6.5
Furfural	97.0284	0.73
Hexylamine	102.1277	21.12
3-Aminoisobutyric acid	104.0706	1.06
Benzyl alcohol	109.0648	4.55
Histamine	112.0869	1.14
2(3H)-Furanone, 5-ethyldihydro-	115.0754	2.23
heptanal	115.1117	6.79
Proline	116.0706	1.08
p-Hydroxybenzaldehyde	123.0441	5.17
Niacinamide	123.0553	1.29
5-oxoproline	130.0499	1.13
DL-Pipecolinic acid	130.0863	1.12
L-Norleucine	132.1019	1.26
Adenine	136.0618	1.18
Benzoic acid, methyl ester	137.0597	6.5
trigonelline (N'-methylnicotinate)	138.055	2.52
gamma-Guanidinobutyric acid	146.0924	1.12
L-Glutamine	147.0764	1.09
Guanine	152.0567	1.33
2-Hydroxyphenylacetic acid	153.0546	4.71
Phenol, 4-(ethoxymethyl)-	153.091	4.61
N-acetylproline	158.0812	1.24
Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-	163.1329	4.89
2-Hydroxycinnamic acid, predominantly trans	165.0546	1.27
methionine sulfoxide	166.0532	1.9
Pyridoxine	170.0812	4.88
N-alpha-Acetyl-L-ornithine	175.1077	1
2(1H)-Isoquinolinecarboximidamide, 3,4-dihydro-	176.1182	0.99
4-Methylumbelliferone	177.0546	1.77
L-Tyrosine	182.0812	1.27
8-Nonenoic acid, 5,7-dimethylene-, methyl ester	195.138	9.29
Decanoic acid, ethyl ester	201.1849	14.01
alpha-Curcumene	203.1794	1.25
4-(6,6-Dimethyl-2-methylenecyclohex-3-enylidene)pentan-2-ol	207.1743	6.37
Curlone	219.1743	5.93
Calcium (+)-pantothenate	220.1179	1.65
?Santalol	221.19	6.89

표 16. 계속

Peak Name	m/z	Ret. Time
Methyl Dihydrojasmonate	227.1642	12.53
L-Homocarnosine	241.1295	1.27
Cytidine	244.0928	1.11
Falcarinol	245.19	11.52
248.1402 / 3.16	248.1402	3.16
2'-Deoxyadenosine	252.1091	1.45
Tetradecanoic acid, ethyl ester	257.2475	13.39
glycerophosphorylcholine (GPC)	258.1101	1.11
3-(Hydroxy-phenyl-methyl)-2,3-dimethyl-octan-4-one	263.2006	11.52
Thiamine	266.1196	1.05
methyl palmitate	271.2632	15
L-saccharopine	277.1394	8.52
E-11-Hexadecenoic acid, ethyl ester	283.2632	13.59
5-methylthioadenosine (MTA)	298.0968	2.56
4-Hydroxy-2-trans-(3',7'-dimethylocta-2',6'-dienyl)-6-methoxyacetophenone	303.1955	2.63
N-acetylneuraminic acid	310.1133	8.64
Safranine	316.1682	4
Gibberellin A9	317.1747	11.19
Adenosine 3',5'-cyclicmonophosphate	330.0598	1.26
Guanosine-3',5'-cyclic monophosphate	346.0547	1.29
adenosine 3'-monophosphate (3'-AMP)	348.0704	1.17
1-palmitoylglycerophosphocholine (16:0)	497.3476	12.47
Platycodoside C	503.3367	11.36
1-linoleoylglycerophosphocholine (18:2n6)	521.3476	11.37
Platycodigenin methyl ester	535.3629	12.6
Procyanidin B2	579.1497	8.22
Keracyanin	596.1736	8.22
.psi.,psi.-Carotene, 1,1',2,2'-tetrahydro-1,1'-dimethoxy-3-O-beta-D-Glucopyranosylplatycodigenin methyl ester	601.4979	17.03
	697.4158	10.39

바. 하우스 내 미기상 모니터링

(1) 하우스 내 미기상 환경조사

하우스내부의 미기상환경을 조사하기 위해서 온도, 습도, 조도, 토양수분 및 인삼의 엽면 수분을 조사하기 위한 센서를 설치하였고 외부 환경과 비교하기 위해서 외부에는 온도, 습도, 조도센서를 설치하여 조사하였다(그림 7). 하우스 폐복에 사용한 청색비닐(외부 흰색 코팅)의 광투광율은 10%로 광투광율은 12시~13시 사이가 가장 높았고 내부의 온도는 외부기온보다 2 도 정도 높게 나타났다. 인삼의 병발생과 엽면수분과는 상관관계에 있을 것으로 추정되고 있다. 비닐하우스 내부의 엽면수분은 일출 후 오전 7시에서 급격하게 감소하였으며 일몰 후인 오후 7시부터 20~95% 수준으로 시간이 지남에 따라서 급격하게 증가하였다.

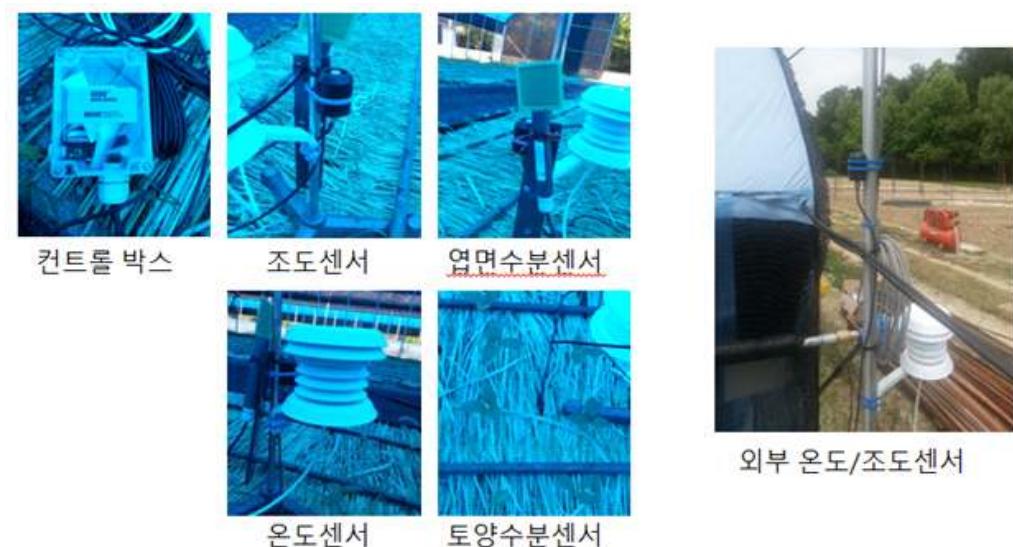


그림 7. 하우스 내 미기상 환경조사를 위한 센서 설치. 조사항목은 온도, 습도, 투광량, 토양수분, 엽면수분 5가지.

2) 하우스 내 미기상 환경

- 상대습도(RH, %) : 재배기간 중 3개월(7월, 8월, 9월)간의 습도를 비교한 결과 8월과 9월이 7월에 비하여 최저점이 낮은 경향을 보였다(그림 8).

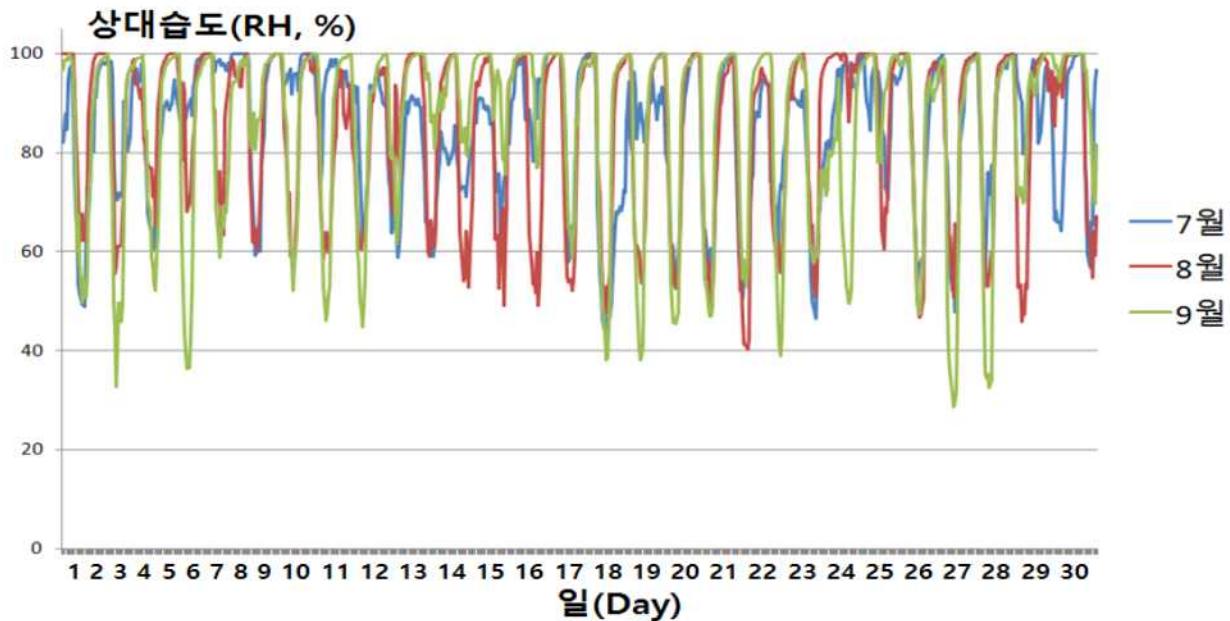


그림 8. 하우스내 3개월간의 상대습도 조사.

- 엽면습윤(%) : 재배기간 중 3개월(7월, 8월, 9월)간의 엽면수분을 비교한 결과 큰 차이는 없었으며, 일중 해가뜨면 4% 전후로 급격하게 엽면습윤 함량이 떨어졌다(그림 9).

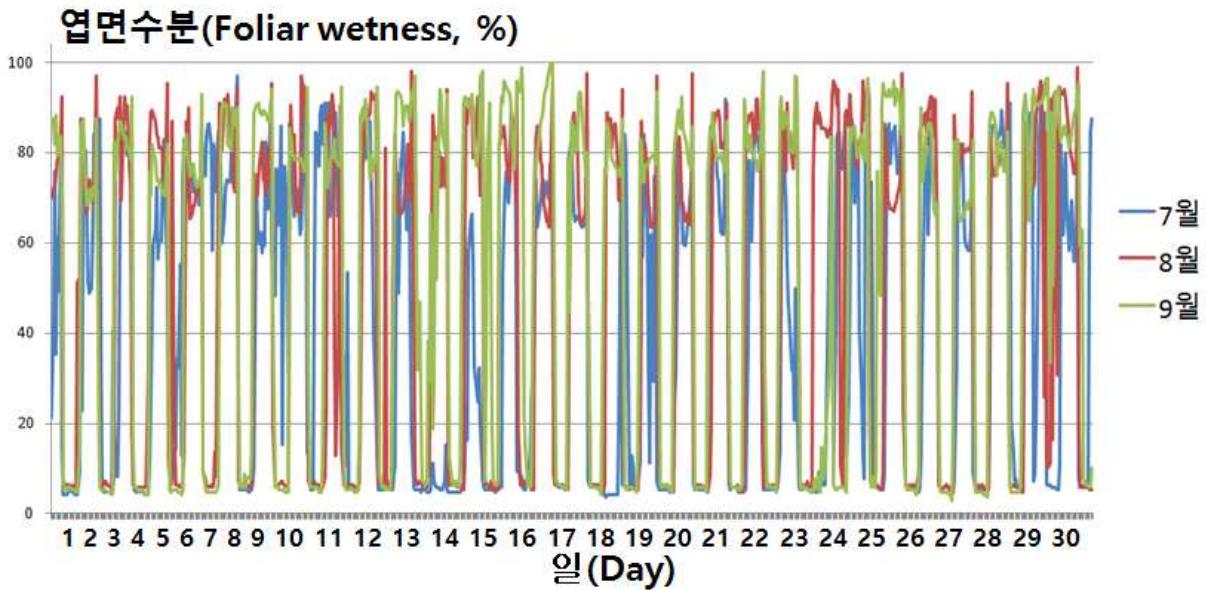


그림 9. 하우스내 엽면수분 함량 모니터링.

- 투광량(PAR, uE) : 청색자광비닐로 피복(8%)된 하우스내 투광을 월별(7월, 8월, 9월)간 비교한 결과 7월과 8월에 투광량이 많았다(그림 10).

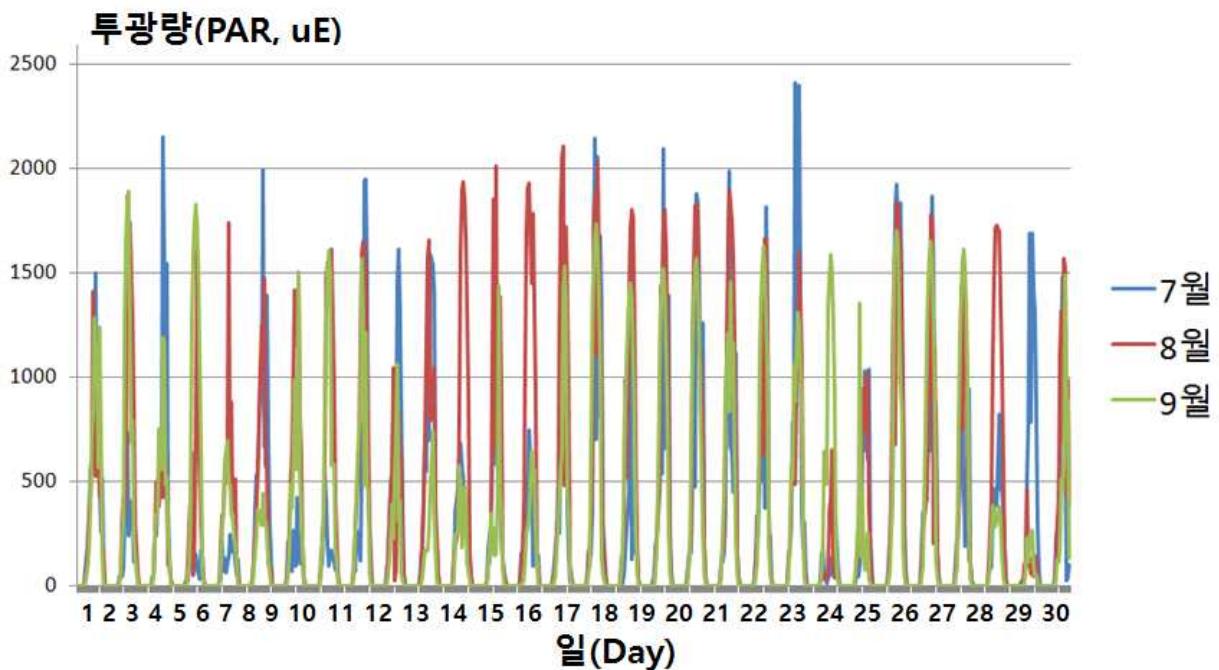


그림 10. 3개월간의 하우스내 투광량 비교.

- 하우스내 온도(°C) : 3개월간의 온도를 비교한 결과 8월에 25°C 이상의 고온 유지기간이 길었으며, 35°C 이상의 고온기가 3개월 중 가장 길었다(그림 11).

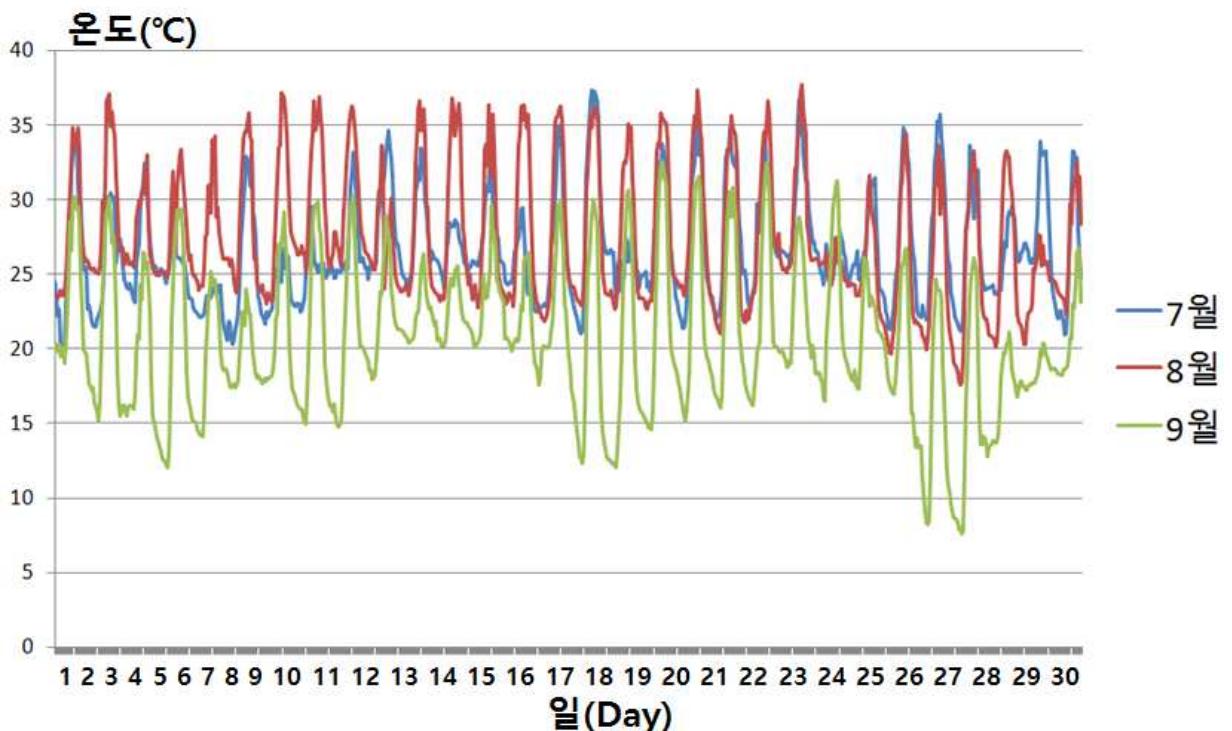


그림 11. 3개월간의 하우스내 온도 비교.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도

제1절 : 목표대비 달성도

당초 목표	가중치 (%)	개발 내용	달성도 (%)
1)하우스 직파재배를 위한 안정 입모수 확보 기술 확립	20	1)하우스 직파재배시 적정 재식거리 1-1)인삼의 입모율 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명	20
2)하우스 직파재배에 적합한 유기물 종류별 안전성 및 적정 시비량 설정	20	2)유기물 종류 및 사용량 2-1) 인삼의 지상부 피해 시기가 농두형성에 미치는 영향	20
3)하우스 직파재배용 가공적성 품종선발	20	3) 가공적성 품종 선발	20
4)하우스 직파재배 연근별 토양수분 관리기준 설정	20	4) 직파재배 토양수분 관리기준 설정	20
5)하우스 직파재배 적정 작휴기준 설정 및 병해충 발생 경감기술 확립	20	5) 직파재배 작휴기준 설정 및 병해충 발생 경감 기술 확립	20
	100%		100%

제2절 : 정량적 성과(논문게재, 특허출원, 기타)를 기술

연도 성과지표명	연도 성과지표명	1년차 (2013)		2년차 (2014)		3년차 (2015)		당해년차 (2016)		계		가중치** (%)
		목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	
논문게재	SCI											
	비SCI				1		1	2	0	2	2	100 20
학술발표	국제											
	국내	3	5	4	4	4	5	1	3	12	17	100 20
영농기술·정보 기관제출				1	2	2	2	4		7	8	100 30
정책자료 기관제출						1	1			1	1	100 20
홍보성과		1	1	1	4	1	5	1	1	4	11	100 10
계		4		6		8		8		26		100

제 5 장 연구 결과의 활용 계획

- 인삼 하우스 이용 직파재배 안정생산 종합기술 : 영농활용자료 활용 등
 - * 표준인삼경작방법(농촌진흥청 고시)에 추가 고시
 - 전국 농업기술센터 체계적 기술 교육자료로 활용
- 인삼 하우스 이용 직파재배 안정생산 종합기술 농가 보급
 - * 안전 입모율 확보, 적정 유기물 사용량, 관수 및 병해충 방제법 제시
 - 인삼 하우스 재배로 노력비 절감 및 안정생산 효과
병해충 방제 효과 : 90% 이상, 생산성 향상(kg/10a) : ('11) 580 → ('16) 650
- 인삼 하우스 재배로 친환경 유기농 인삼 생산 활성화
 - 생산의 안전성과 안정성 기술 확보로 원료삼의 품질 고급화에 기여
 - * 규격화된 우량 원료삼의 확보로 고품질 가공제품 생산

제 6 장 연구 과정에서 수집한 해외 과학 기술 정보

- 비가림 하우스 직파재배는 해외 연구 실적이 없음

제 7 장 연구 개발 결과의 보안 등급

제 8 장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구 시설/ 연구 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천 원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치장소)	NTIS장비 등록 번호

제 9 장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

제 10 장 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국가	Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/ 인용횟수 등)
1	논문	인삼 하우스직파재배시 파종립수 및 밀도가 입모에 미치는 영향	국립원 예특작 과학원	주담당	한국약용작 물학회지	1.3898	2015.02.00	단독	
2	논문	인삼 하우스직파재배시 파종밀도, 혈당 파종립 수, 숙음처리가 생육과 병 발생에 미치는 영향	국립원 예특작 과학원	주담당	한국약용작 물학회지	1.3898	2016.11.00	단독	
3	논문	비닐하우스에서 인삼 직파재배 시 유기물 처리에 따른 연차간 입모율 및 생육특성	국립원 예특작 과학원	주담당	한국약용작 물학회지	1.3898	2015.11	단독	
4	영농	인삼 하우스 직파재 배 생산 안정성을 위 한 재식밀도	국립원 예특작 과학원	주담당			2016. 11		
	영농	바람에 의한 인삼의 지상부 피해시기에 따른 생존율과 뇌두 형성의 차이	국립원 예특작 과학원	주담당			2016. 11		
	영농	인삼 하우스 직파재 배시 품종별 적정토 양수분관리 방법	전북 도원	주담당			2016. 11		
	영농	하우스 인삼 직파재 배 적정 두둑높이 및 두둑 폭 설정	충남 도원	주담당			2016. 11		
	영농	하우스 인삼 직파재 배용 적 품종 선발	인삼 공사	주담당			2016. 11		
	영농	인삼 하우스 직파재 배 시 입모율 향상을 위한 벗짚퇴비 시 용량	국립원 예특작 과학원	주담당			2014. 11		
	영농	인삼 하우스직파재 배 시 입모율 향상을 위한 적정토양수분	국립원 예특작 과학원	주담당			2014. 11		
	영농	인삼 하우스 직파재 배 생산성 향상을 위한 적정토양수분 함량	전북 도원	주담당			2015. 11		
	영농	하우스 인삼 직파재 배용 담압기준 설정	충남 도원	주담당			2015. 11		
	정책	인삼 수경재배 방법 및 화학비료 사용기 준 고시 개정	국립원 예특작 과학원	주담당			2015. 11		

제 11 장 기타사항

연차	항목	당초계획	변경사항	근거문서
2년차	세부과제 책임자	현동윤	이응호	기획조정과-547(2014. 2. 6)
	세부과제 책임자	이응호	모황성	기획조정과-3767(2014.9.30)
3년차 (2015)	세부책임자	모황성	서수정(박사후연구원 교체)	(15.9.1)
	주관 및 세부책임자	이응호	서태철	인삼과-1376(2015.4.30.)
	연구내용	○ 시험품종 - 재래종	○ 시험품종 - 연풍 등 2품종	인삼과 - 4315(2014. 12.26.)
4년차 (2016)	연구내용	○ 시험품종 - 연풍 등 2품종 ○ 1세부처리내용 ① 8주×9열/90cm×180cm: 22주/m ² ② 9주×10열/90cm×180cm: 28주/m ² ③ 10주×12열/90cm×180cm: 37주/m ² ④ 12주×12열/90cm×180cm: 44주/m ²	○ 시험품종 - 재래종 ○ 1세부처리내용 ① 9주×10열/90cm×180cm: 28주/m ² ② 9주×12열/90cm×180cm: 33주/m ² ③ 9주×15열/90cm×180cm: 42주/m ² ④ 9주×18열/90cm×180cm: 50주/m ²	인삼과 - 325(2016. 1.28.)
	주관책임자 및 세부책임자	서태철	권기범(인사발령)	인삼과 - 325(2016. 1.28.)
	협약변경 세부과제명 및 내용	1세부과제 : 하우스 직파재배를 위한 안정 입모수 확보 기술 확립 2세부과제 : 하우스 이용 인삼 직파재배 유기물 선발 및 시비량 설정 연구	- 1세부과제 : 인삼의 입모율 향상을 위한 종자 휴면타파시 저장조건 구명 - 2세부과제 : 인삼의 지상부 피해 시기가 놔두형성에 미치는 영향	돌풍피해 인삼과 - 2836(2016.8.31.)
		1세부과제 : 2013년 1년생의 입모율 결과를 2014년, 2015년 보고서에 잘못 표기	50립->28립, 42립->33립, 33립->42립, 28립->50립의 수치가 교차 표기되어 이를 수정함	보고서 작성 중 입모율 결과 표기 오류 수정: 인삼과 - 3736(2016.11.23)

제 12 장 참고문헌

- Bang KH, Jo IK, Chung JW, Kim YC, Lee JW, Seo AY, Park JH, Kim OT, Hyun DH, Kim DH and Cha SW. (2011). Analysis of Genetic Polymorphism of Korean Ginseng Cultivars and Foreign Accessions using SSR Markers. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:347–353.
- Cho JW, Park HW, Kim MJ, Kim HH and Choi JE. (2008). Photosynthetic, morphological and growing characteristics by shading materials in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 53:256–260.
- Chung YR. (1989). Effect of decomposed organic matter on the suppression of soilborne plant diseases. The Plant Pathology Journal. 5:87–95.
- Jang IB, Hyun DY, Lee EH, Park KC, Yu J, Park HW, Lee SW, and Kim GH. (2014). Analysis of growth characteristics and physiological disorder of korean ginseng affected by application of decomposing plant residues in paddy-converted field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:140–146.
- Jin HO et al. (2009) Effect of nutritional environment in ginseng field on the plant growth of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Journal of Ginseng Research. 33:234–239.
- Jo JS, Kim CS and Won JY. (1996) Crop rotation of the Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the rice in paddy field. Korean J. Medicinal Crop Sci. 4(1):19–26.
- Jo JS, Won JY and Mok SK. (1986). Studies on the photosynthesis of Korean ginseng. Korean Journal of Crop Science. 31:408–415.
- Jo JS, Kim CS and Won Jy. (1996). Crop rotation of the Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the rice in paddy field. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 4:19–26
- 정햇님, 정태성, 허수정, 함진관, 류시환, 방순배, 하건수, 서정식. (2011). 6년생 논재배 인삼의 북부지역 해가림 자재에 따른 지하부 생육특성 및 품질비교. 한국약용작물학회 춘계학술발표. . 206–207.
- 강광희, 박훈, 이충열, 김찬중, 안영남, 이선영. (2000). 비누수 광반사 차광판 해가림에서 인삼생육과 미기상연구. 농립기술개발과제 최종보고서.

- Kang SW, Yeon BY, Hyeon GS, Bae YS, Lee SW, and Seong NS.** (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soil of ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:157-161.
- Kim CH.** (2004). Review of disease incidence of major crops in 2003. Research in Plant Disease. 10:1-7.
- Kim DW, Kim JY, You DH, Kim CS, Kim HJ, Park JS, Kim JM, Choi DC, Oh NK** (2014) Effect of Cultivation Using Plastic-Film House on Yield and Quality of Ginseng in Paddy Field. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22(3):210-216.
- Kim DW, Cheong SS, Park JS, Park CB, Ryu J and Yang JC.** (2006). Disease incidence and growth characteristics under the shading type of vinyl-covered house in *Panax ginseng*. Korean J. Medicinal Crop Sci. 51:476-477.
- Kim HJ, Jung SS, Kim DW, Sark PJ, Rhy J, Bae YK and Yoo SJ.** (2008). Investigation into disease and pest incidence of panax ginseng in Jeonbuk province. Korean J. Medicinal Crop Sci. 16:33-38.
- Kim et al.** (2009) Growth condition according to the number and time of irrigation on ginseng in vinyl-covered house. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23(3): 198-206.
- Kim HJ, Cheong SS, Kim DW, Park JS, Ryu J, Bea YS, and Yoo SJ.** (2007). Investigation into disease ad pest incidence of *Panax ginseng* in Jeonbuk. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:33-38
- Kim JG and Jung KY.** (2000) Amount of maximum compost application on the long-term application with different organic material sources in upland soil. Korean Journal of Soil Science & Fertilizer. 33:182-192.
- Kwon WS, Chung CM, Kim YT, Lee MG, Choi KT** (1998) Breeding process and characteristics of KG101, a superior line of Panax ginseng C.A. Meyer. Korean J Ginseng Sci 22(1):11-17.
- Kwon WS, Lee JH and Lee MG.** (2011) Optimum Chilling Terms for Germination of Dehisced Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Seed. J. Ginseng Res. 25(4):167-170.
- Kwon WS, Lee MG, Choi KT** (2000) Breeding process and characteristics of Yunpoong,

- a new variety of *Panax ginseng* C.A. Meyer. J Ginseng Res 24(1):1–7.
- Kwon WS, Lee JH and Lee MG.** (2011) Optimum Chilling Terms for Germination of Dehisced Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Seed. J. Ginseng Res. 25(4):167–170.
- Lee CY.** (2007). Effects of shading material of rain shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J. Medicinal Crop Sci. 15:291–295.
- Lee et al.** (2003) Effect of several kinds of compost on growth status of aerial parts in ginseng seedlings. Journal of Ginseng Research. 27:24–31.
- Lee et al.** (1995) Studies on the ginseng cultivated in paddy field. Ginseng Research Annual Report. P.299–317.
- Lee JC, Ahn DJ, Byen JS, Cheon SK and Kim CH.** (1998) Effect of Seeding Rate on Growth and Yield of Ginseng Plant in Direct-Sowing Culture. J. Ginseng Res. 22(4):299–303.
- Lee JH, Lee JS et al.** (2015) Characteristics of Korean ginseng varieties of Gumpoong, Sunun, Sunpoong, Sunone, Cheongsun, and Sunhyang. J Ginseng Res 39(2): 94–104.
- Lee ss, Yang DC, Kim YT**(1982) Effect of soil water regimes on photosynthesis, growth and development of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korea J. Crop Sci. 8(1):65–74.
- Lee SW, Cha SW, Hyun DY, Kim YC, Kang SW, and Seong NS.** (2005) Comparison of Growth Characteristics, and Extract and Crude Saponin Contents in 4-Year-Old Ginseng Cultured by Direct Seeding and Transplanting Cultivation. Korean J. Medicinal Crop Sci. 13(6):241–244.
- Lee SW, Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK, and Cha SW.** (2007). Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:194–198.
- 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 Greenhouse and Traditional Shade Facility. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19(3):157–161.

- Lee SW, Hyun DY, Park CG, Kim TS, Yeon BY, Kim CG and Cha SW. (2007). Effect of soil moisture content on photosynthesis and yield of ginseng seedling in Yangjik seedbed cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:367-370.
- 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 Greenhouse and Traditional Shade Facility. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19(3):157-161.
- 이성우, 김금숙, 이민정, 현동윤, 박춘근, 박호기, 차선우. (2007). 청색과 황색 해가림이 인삼의 생육 및 진세노사이드 함량에 미치는 영향. 한국약용작물학회지. 15(3):194-198.
- 이종철, 안대진 (1998) 인삼 직파재배에서 파종밀도가 생육 및 수량에 미치는 영향. 고려인삼학회지 22(4): 299 - 303.
- 이충열. (2007). 비누수 해가림 재배가 인삼의 생육 및 품질에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 15(4):291-295.
- 이태수, 목성균, 천성기, 이장은, 민병선 (1999). 우량인삼 안전다수 재배법 연구. 한국인삼연초연구원 보고서(재배분야). p.56-59.
- 목성균. (1986). 고려인삼의 부초재배에 관한 연구. 충남대학교 박사학위논문 1-32.초연구소 인삼연구보고서 1-92.
- 목성균, 신동양, 천성기, 이태수, 이성식 (1993). 홍삼제품 원료삼 수삼의 재배방법 연구. 한국인삼연초연구원 보고서(재배분야). p. 61-66.
- 목성균, 천성기, 이성식, 신동양. (1984). 최적 환경조성 및 해가림자재개발 연구. 한국인삼연초연구원 보고서(재배분야). p. 61-66.
- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Lee EH, and Kim KH (2014) Effect of Sowing Density and Number of Seeds Sown on *Panax ginseng* C. A. Meyer Seedling Stands under Direct Sowing Cultivation in Blue Plastic Greenhouse. J. Medicinal Crop Sci. 22(6): 469-474.
- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Kim KH and Seo TC. (2015) Effect of Seed Density, Number of Seeds Sown Per Hole and Thinning Treatment on Growth Characteristics and Disease Occurrence in Greenhouse-Cultivated Ginseng. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23(3): 198-206.

Nam KY, Pak H, Lee IH (1980) Effect of soil moisture content on growth of *Panax ginseng* Korean Soc. Sci . Fert. 17(1):24-29

Ngouajio M. (2011) Using the right planting density is critical for optimum yield and revenue for vegetable crops. Michigan State University Extension, http://msue.anr.msu.edu/news/using_the_right_planting_density_is_critical_for_optimum_yield_and_revenue

농촌진흥청(2013) 인삼 우량묘삼 생산을 위한 육묘기술 지침서. 제1장. 종자준비. p1-13.

농촌진흥청(2014) 인삼 농업기술길잡이. 제6장 인삼재배. p166-171.

Oh YJ, Kim MH, NA YE, Hong SH, Paik WK and Yoon ST.(2012). Vulnerability assessment of soil loss in farm area to climatic change adaption. Korean Journal of Science and Fertilizer. 45:711-716.

Oh SY and Yoo IJ. (2001). A study on the developing direction of new Samgye-tang products. Korean Journal of Food Science Animal Resource. 21:103-109.

Park H, Yoon JH, Byen JS, Cho BG. (1987) Effect of Growth light and Planting Density on Yield and Quality of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J. Crop Sci. 32(4):386-391.

Park HW, Jang IJ, Kang SW, Kim YC, Kim JU, Bang KH, Kim GH, Hyun DY, and Choi JE. (2013). Growth Characteristics and Yields of 3 Year Old Korean Ginseng with Different Planting Densities in Direct Seeding Cultivation. Korean J. Medicinal Crop Sci. 21(5):372-379.

Park JY, Lee CY, Won JY. (2007). Analytical optimum of ginsenosides according to the gradient elution of mobile phase in high performance liquid chromatography. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:215-219

박홍우, 모황성, 장인배, 유진, 이영섭, 김영창, 박기춘, 이웅호, 김기홍, 현동윤 (2015) 비닐 하우스에서 인삼 직파재배 시 유기물 처리에 따른 연차간 임모율 및 생육특성. 한국약용 작물학회지 23(1) : 27 - 36.

Rahman MM and Hossain MM (2011) Plant Density Effects on Growth, Yield and Yield Components of Two Soybean Varieties under Equidistant Planting Arrangement. Asian Journal of Plant Science. 10(5):278-286.

Seong BJ, Kim GH, Kim HH, Kim SI, Han SH and Lee KS. (2010) Physicochemical Characteristics of 3-Year-Old Ginseng by Various Seeding Density in Direct-Sowing Culture. Korean J. Medicinal Crop Sci. 18(1):22-27.

Thomas SCL. (2002) Stratification of American Ginseng Seeds-Problems and Solutions. Native Plants Journal 3(2):109-111.

Won JY, Jo JS, and Kim HH (1988) Studies on the Germination of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) Seed. Korean J. Crop Sci. 33(1):59-63.

원준연, 조재성 (1999) 고려인삼의 직파재배에 관한 조사 연구. 한국약용작물학회지 7(4) : 308 - 313.

주 의

1. 이 보고서는 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농촌진흥청에서 시행한 「FTA대응경쟁력향상기술개발사업」의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.