

# 인삼재배시설의 구조실태와 기상재해대책

남상운

(충남대학교 농업생명과학대학 농업공학부)

## Investigations on the Shading Structures in Ginseng Field and Countermeasures for Meteorological Disasters

Nam, Sang-Woon

Dept. of Agricultural Engineering, Chungnam National University

### 적 요

인삼은 우리 나라의 농가 경제에 크게 기여하는 주요작물이며 수출 유망 종목으로써 발전의 잠재력이 매우 크다. 인삼의 약리효능이나 재배에 관한 연구는 많이 수행되었으나 시설에 관한 연구는 매우 부족하여 재해로 인한 시설피해를 자주 겪고 있는 실정이다. 본 연구는 인삼재배시설의 구조실태를 조사하여 안전성을 검토하고, 자연재해에 의한 피해사례를 분석하여 기상재해 대책을 수립하는 것을 목적으로 수행하였다. 6개의 인삼주산지역을 대상으로 재배시설의 기본구조실태, 기상재해사례, 구조개선희망사항 등을 조사하였다. 조사결과로부터 뼈대구조의 재질에 따라 목재시설과 철재시설, 기둥과 서까래의 연결방식에 따라 전후주연결식과 후주연결식, 세부구조에 따라 프레임식과 케이블식으로 분류하여 구조를 유형화하였다. 시설의 실측결과 기둥과 서까래는 대부분 표준규격 이상의 단면을 사용하고 있었으나, 도리와 보조서까래는 규격 미달이 많았고 전혀 설치하지 않은 경우도 상당수 있어 이 부분에 대한 보강이 필요한 것으로 판단되었다. 시설의 폭과 높이, 기둥의 설치간격 등은 대체로 표준형과 비슷한 규격으로 설치하는 경향이었으나 편차가 크고, 구조적으로 취약한 부분도 있으므로 자재의 규격화와 시공 및 조립 방법의 표준화가 필요할 것으로 판단되었다. 구조해석에 의한 안전성검토 결과 전후주연결식 목재시설의 안전적설심은 25.9cm, 후주연결식은 17.6cm, 철재 개량시설 모델 1은 25.8cm, 모델 2는 20.0cm로 각각 나타났으며, 시설에 따라서는 지역의 설계적설심을 고려하여 선택하거나 보강설계가 필요할 것으로 판단되었다. 코드사 방식의 경우 적설심 25cm 정도에서 안전을 확보하기 위해서는 처짐을 8~10cm 정도로 제한하고 케이블은 4줄을 사용해야 되는 것으로 나타났다. 재해경험사례는 폭설피해가 9.5년에 1회로 가장 높았고, 태풍과 홍수피해 20년, 고온피해는 70년에 1회의 빈도로 조사되었다. 피해내용도 폭설피해가 가장 심각하여 구조물이 완전히 붕괴되거나 반파 이상의 피해를 입은 경우가 69%로 나타났다. 평상시 시설의 유지관리, 폭설에 대한 사전준비와 응급조치방법, 폭설 후의 점검과 보수 등 재해대책을 검토하였다. 유지관리와 보수·보강도 중요하지만 항구적인 대책으로는 설치비가 저렴하고 구조적으로 안전하며 인삼생육에도 적합한 인삼재배시설 구조모델의 개발이 필요할 것으로 사료되었다.

23,011호, 재배면적 12,445ha, 생산량 13,664톤이다. 인삼은 전체 농업생산액의 1.8%인 3,728억원을 그리고 전체 농산물 수출금액의 약 7%인 7,900만 달러를 차지하고 있어 우리 나라의 농가경제에 크게 기여하는

### I. 서론

국내 인삼산업의 현황은 2000년 말 현재 재배농가

주요 작물이다(농협연감 2000). 또한 노령자나 부녀자의 노동력을 활용할 수 있고 한계농지를 활용할 수 있으므로 WTO체제하의 수출유망 종목으로서 농가소득을 증대시킬 수 있는 작목으로써 발전의 잠재력은 매우 크다. 그러나 현재 인삼재배 농가의 재배기술은 1960년대에 비해 별로 개선된 것이 없으며 거의 모든 작업을 인력에 의존하고 있어 생산성은 낙후되어 있다(조, 1997).

인삼의 약리효능 및 재배에 관한 연구는 상당히 많이 수행되어 왔으며, 현재도 수행되고 있으나 재배의 생력화나 시설에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 현재 전국적으로 인삼재배 농가에서 이용되고 있는 관행 해가림 구조는 구조적 특성상 전행과 후행에 식재된 인삼간에 생육 및 수량의 현저한 차이가 발생한다. 또한 해가림 자재도 다양각색으로 투광율, 강도 및 내구성 등이 제품마다 상이하다(조, 1997). 전후행간 생육차이가 거의 없는 개량 해가림 구조가 한국인삼연초연구원 증평인삼시험장에서 개발된 바 있다. 후주 연결식 개량 해가림이나 지봉식 개량 해가림을 채용할 경우 전후행간 생육차이를 배제하므로 해가림 구조의 개선만으로 25% 이상의 증수를 기대할 수 있다(박, 1996). 해가림 자재는 인삼재배에 최적규격을 정하여 규격화된 자재를 생산 보급함으로써 작업의 효율성을 높이고 자재에 소요되는 비용의 절감이 가능할 것이다.

그러나 해가림 자재 및 인삼재배시설에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 해가림 자재는 1970년대까지 이엉이 주종을 이루었으나 1980년대 후반부터 차광망이 주종을 이루어 현재까지 계속되고 있다. 인삼재배 시설 구조는 1970년대까지 아카시아 기둥이 주종을 이루다가 1980년대부터 수입목재로 대체되어 현재에 이르고 있으며, 재배시설은 지봉식과 터널식 등이 일부 개발되어 보급을 시도한바 있으나 시설의 구조연구가 공학적 이론의 바탕 없이 추진되었기 때문에 실패한 것으로 보고하고 있다(박, 1996).

1999년에 태풍으로 489ha의 인삼재배시설이 파손되었으며, 2001에는 폭설로 4,097ha의 인삼재배시설이 붕괴되는 엄청난 피해를 경험하였다(농림부, 2001). 안정적인 생산기반의 조성을 위해서는 인삼재배시설

의 구조와 환경에 관한 공학적 연구가 절실히 요청되며, 그 중에서도 먼저 구조적 안전성 문제를 해결해야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 인삼재배시설의 구조실태를 조사하여 안전성을 검토하고, 자연재해에 의한 피해 사례를 분석하여 기상재해 대책을 수립하는 것을 목적으로 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 인삼재배시설의 구조실태 및 기상재해사례 조사

충남 금산군 농업기술센터의 인삼연구실, 경북 풍기의 인삼시험장을 방문하여 특징적인 인삼재배시설이 많이 분포하는 지역을 추천 받아 경기 양주, 안성, 이천, 충남 금산, 전북 진안, 경북 풍기 등 6개 지역을 조사대상지역으로 선정하였다. 각 지역의 인삼협동조합을 통하여 지역의 특징적인 시설 유형을 선택하고 현장을 방문하여 실측조사를 수행하였으며, 실측 대상 시설은 22개 농장이었고 조사항목은 인삼재배시설의 기본 구조 형태 및 규격, 부위별 재료 및 단면 특성, 연결방법, 지중 매설부위 처리, 해가림 자재의 종류 등이었다.

또한 각 지역별 7개 농가씩 총 42농가를 방문하여 면접을 통한 설문조사를 수행하였다. 설문내용은 태풍, 폭설, 집중호우 등에 의한 시설의 기상재해 사례와 인삼재배시설의 구조개선 희망사항, 환경관리 현황과 개선희망사항 등을 포함하였다.

### 2. 인삼재배시설의 구조해석 및 안전성 검토

#### 1) 인삼재배시설의 구조 유형화 및 구조 모델링

농촌진흥청(2001)의 표준 인삼경작방법에 의한 해가림 구조의 종류는 표 1과 같으나, 본 연구에서는 기본 구조 실태조사 결과를 분석하여 구조재료, 구조형식 및 세부구조에 따라 구조를 유형화하였다. 또한 실측조사 결과로부터 대표적인 규격을 도출하여 구조해석을 위한 구조 모델링을 실시하였다.

2) 주요 인삼재배시설 모델의 구조해석 및 안전성 검토  
 SAP2000 구조해석 프로그램을 이용하여 구조 유형별 구조해석을 실시하고, 재료의 허용응력으로부터 안전하중을 구하였다. 기상재해 사례조사 결과 폭설에 의한 피해가 일반적인 것으로 판단되어 적설하중에 대하여만 안전성을 검토하였다. 차광망이 덮여있어 눈이 미끄러져 내려오지 않으므로 적설하중의 감소계수는 고려하지 않았고, 단위적설중량은 1.0kgf/m<sup>2</sup>/cm를 적용하였다(김 등, 2000).

서까래와 도리는 휨부재로서 부재의 휨응력이 허용휨응력 이하가 되도록 하고 허용전단응력에 대하여도 검토하였다. 기둥은 휨과 압축을 받는 부재로서 휨과 압축에 대한 실제응력과 허용응력의 관계가 다음 식을 만족하도록 설계되어야 한다.

$$\frac{f_c}{f_{ca}} + \frac{f_b}{f_{ba}} \leq 1.0 \quad (1)$$

여기서,  $f_c$ 는 압축응력,  $f_{ca}$ 는 허용압축응력,  $f_b$ 는 휨응력,  $f_{ba}$ 는 허용휨응력이다. 코드사 방식의 경우에는 케이블의 장력을 구하여 허용인장응력에 대하여 검토하였다.

가장 많이 사용하는 목재는 아피톤(apitong)으로서 비중이 0.72~0.80으로 느티나무와 유사하다(이 등, 1989 ; 임업연구원, 1990). 목재의 허용응력은 건축물 구조내력에 관한 기준(건교부, 1997)을 적용하였다.

동 기준에 의하면 별표에 규정되지 않은 수종은 비중이 같은 목재의 허용응력을 적용한다고 되어있어 느티나무의 허용응력을 적용하였으며, 또한 비바람에 노출된 경우에 해당하는 80%를 적용하였다. 그리고 동 기준은 장기응력에 대한 값으로서 적설하중은 단기응력이므로 하중기간인자를 곱하여 사용하였다. 적설하중에 대한 목구조의 하중기간인자는 1.15(Breyer, 1999)를 적용하여 허용압축응력은 73.6 kgf/cm<sup>2</sup>, 허용휨응력은 101.2kgf/cm<sup>2</sup>, 허용전단응력은 11.0kgf/cm<sup>2</sup>으로 하였다. 또한 목재의 세장비에 따라 수정한 허용압축응력은 다음 식으로 구하였다(건교부, 1997).

$$\lambda \geq 100 \text{ 일 때 } f_{kc} = f_{ca}(1-0.007\lambda) \quad (2)$$

$$\lambda < 100 \text{ 일 때 } f_{kc} = \frac{0.3f_{ca}}{\lambda/100} \quad (3)$$

여기서,  $\lambda$ 는 기둥의 세장비,  $f_{ca}$ 는 나무결방향의 허용압축응력(kgf/cm<sup>2</sup>),  $f_{kc}$ 는 좌굴을 고려한 목재의 허용압축응력(kgf/cm<sup>2</sup>)이다.

철재의 경우는 플라스틱 온실용 아연도 강관을 사용하고 있으며, 강재의 허용응력은 강관구조 설계기준(대한건축학회, 1998)을 적용하였다. 동 기준에 의하면 좌굴을 고려한 압축부재의 허용압축응력( $f_c$ )은 다음과 같다.

표 1. 표준인삼경작방법에 의한 해가림구조의 종류(농촌진흥청, 2001)

구 분	명 칭	특 징
관행 해가림구조 (전후주연결식)	B형	꺼치 등 벗짚류 피복 도리목과 보조연목 대신 철선, 코드사, 대나무 등 이용
	B-1형	PE차광망 피복 전주, 후주, 연목, 보조연목, 도리목을 정식으로 갖추
개량형 해가림구조 (후주연결식)	A형	PE차광망 피복 지주목, 연목, 보조연목, 도리목을 정식으로 갖추
	A-1형	해가림피복물 2중 설치 지주목, 연목, 보조연목, 도리목을 정식으로 갖추
	A-2형	복렘 및 PE차광망 보조연목과 도리목 대신에 코드사 4줄 사용
	A-3형	코드사 2줄 및 PE차광망 보조연목과 도리목 대신에 코드사 2줄 사용

$$\lambda \leq \lambda_p \text{ 일 때 } f_c = \frac{[1-0.4(\lambda/\lambda_p)^2] F_y}{n} \quad (4)$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ 일 때 } f_c = \frac{0.277F_y}{(\lambda/\lambda_p)^2} \quad (5)$$

여기서,  $\lambda$ 는 압축재의 세장비,  $\lambda_p$ 는 한계세장비,  $n$ 은 안전율,  $F_y$ 는 강재의 허용응력도를 결정하는 기준값(kgf/cm<sup>2</sup>)이며, 한계세장비와 안전율은 다음과 같다.

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 F_y}} \quad (6)$$

$$n = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} (\lambda/\lambda_p)^2 \quad (7)$$

온실용 아연도 강관의  $F_y$ 는 2,400kgf/cm<sup>2</sup>이고, 단기응력에 대한 값을 적용하여 허용휨응력은 2,400kgf/cm<sup>2</sup>, 허용전단응력은 1,380kgf/cm<sup>2</sup>을 사용하였다.

### 3. 인삼재배시설의 구조 개선방안 및 기상재해대책

안전성 검토 결과와 재배 농가의 구조개선 희망사항 조사결과를 종합하여 인삼재배시설의 구조 개선방안을 도출하였다. 실태조사 결과로부터 태풍이나 폭설, 집중호우 등의 기상재해에 의한 피해사례를 분석하고, 일반구조물과 농업시설물의 안전관리지침 등을 참고하여 사전준비대책과 사후보강대책 및 시설의 유지관리방법 등을 검토하고, 기상재해로 인한 인

삼재배시설의 피해 방지대책을 수립하였다.

그리고 설문조사 결과로부터 차광자재와 관수 실태, 각종 관리작업의 난이도와 노동 시간, 자동화나 기계화가 우선 필요한 작업 등을 분석하고, 재배관리작업과 관련된 개선방안을 검토하여 인삼재배시설의 환경관리 연구를 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 인삼재배시설의 구조 유형화

실태조사 결과를 분석하여 구조재료, 구조형식 및 세부구조에 따라 구조를 유형화하였으며, 그 결과는 표 2와 같다. 기둥, 서까래, 도리 등 뼈대구조의 재질에 따라 목재시설과 철재시설로 분류하고, 기둥과 서까래의 연결방식에 따라 전후주연결식과 후주연결식으로 분류하였다.

또한 도리와 보조서까래의 세부구조에 따라 프레임식과 케이블식으로 분류하고, 프레임식은 다시 표준형과 간이형으로, 케이블식은 2선식과 4선식으로 구분하였다. 여기서 프레임식은 도리와 보조서까래에 각목이나 파이프 등의 단면을 가지는 골조를 사용하는 경우이고, 케이블식은 도리와 보조서까래를 사용하지 않고 서까래를 지지점으로 코드사 또는 철선을 매달아 사용하는 경우이다. 인삼재배시설 각 부재의 명칭

표 2. 인삼재배시설의 구조 유형화

구 분	분류기준	명 칭	명 칭	비 고
구조재료에 의한 분류	기둥, 서까래, 도리의 재질에 따라	목 재		각 목
		철 재		파이프
구조형식에 의한 분류	기둥, 서까래의 연결방식에 따라	전후주연결식		단동형식(single span)
		후주 연결식		연동형식(multi span)
세부구조에 의한 분류	도리와 보조서까래의 세부구조에 따라	프레임식	표준형	도리(2개), 보조서까래(2개) 정식 사용
			간이형	도리와 보조서까래 불규칙, 대나무 등 이용
		케이블식	2선식	코드사(또는 철선) 2줄
			4선식	코드사(또는 철선) 4줄

은 그림 1과 같고, 유형별 대표적인 실태조사 사진의 예는 그림 2~그림 5와 같다. 농촌진흥청의 표준형에서는 지주목, 연목, 도리목, 보조연목이라는 부재 명칭을 사용하고 있으나, 개량 철재 시설이 늘어나고 있는 추세를 반영하고 농업시설의 일반명칭을 적용하여 기둥, 서까래, 도리, 보조서까래로 정의하였다.

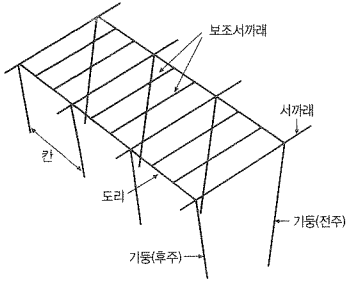


그림 1. 인삼재배시설 각 부재의 명칭

2. 인삼재배시설의 기본구조실태

인삼재배시설의 실태조사 결과 기둥과 서까래의

표 3. 기둥과 서까래의 규격

기둥		기둥	
규격	시설수(%)	규격	시설수(%)
각목 30×30mm	3(13.6)	각목 20×30mm	2( 9.1)
각목 30×35mm	2( 9.1)	각목 30×30mm	2( 9.1)
각목 30×40mm	12(54.6)	각목 30×35mm	2( 9.1)
파이프 22.2mm	3(13.6)	각목 30×40mm	10(45.5)
파이프 25.4mm	2( 9.1)	각목 30×50mm	1( 4.5)
		철재(기둥과 동일)	5(22.7)
계	22(100)	계	22(100)

주) 철재 파이프의 두께는 1.2mm, 기둥이 파이프인 경우는 서까래도 동일 단면

부재 규격은 표 3과 같이 나타났다. 농촌진흥청(2001)에서 고시한 표준인삼경작방법에 따르면 해가림시설의 기둥과 서까래 부재는 모두 30×36mm의 각목을 사용하도록 되어 있다. 철재 파이프를 사용하고 있는 농가를 포함하여 대부분이 표준 규격 이상의 단면을 사용하고 있었으나, 기둥은 22.7%, 서까래



그림 2. 전후주연결식 구조(좌로부터 각목, 통나무 기둥, 대나무 보조연목)

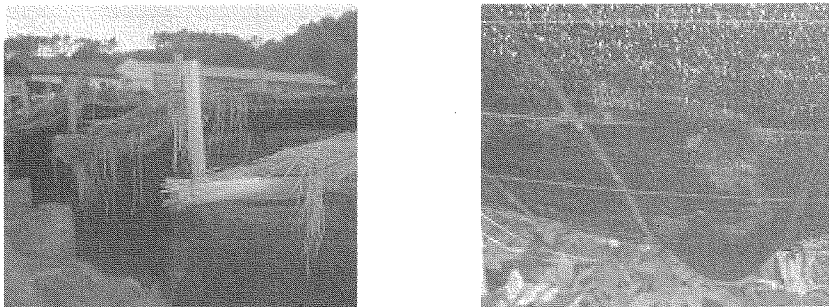


그림 3. 후주연결식 구조(좌 : 철재구조, 우 : 목재구조)

표 4. 도리와 보조서까래의 규격

도리		보조서까래	
규격	시설수(%)	규격	시설수(%)
없음	3(13.6)	없음	6(27.3)
각목 20×30mm	6(27.3)	각목 20×30mm	1( 4.5)
각목 30×40mm	1( 4.5)	각목 30×40mm	2( 9.1)
대나무	2( 9.1)	대나무	7(31.8)
코드사 2줄	4(18.2)	댕살	4(18.2)
코드사 4줄	4(18.2)	클립용 철재	2( 9.1)
클립용 철재	2( 9.1)	—	—
계	22(100)	계	22(100)

주) 코드사 직경 2~4mm, 클립용 철재는 비닐하우스용으로 철재개발시설1에서 사용

의 경우는 27.3%에서 규격 미달로 나타났다.

도리와 보조서까래의 부재 규격은 표 4와 같이 조사되었다. 농촌진흥청의 표준형에 따르면 도리는 30×36mm, 보조서까래는 24×30mm의 각목을 사용하거나, 또는 도리와 보조서까래 부재를 사용하지 않고 코드사나 철선을 서까래 위에 걸쳐서 케이블로 사용하도록 되어 있다. 조사결과 표준 규격 이상의 부재

를 사용하고 있는 시설이 도리의 경우에는 50.0%로 나타났고, 보조서까래의 경우에는 18.2%에 불과했다. 보조서까래에는 대부분 대나무 등을 이용하거나 (50.0%), 전혀 보조서까래를 사용하지 않고 1칸 간격으로 설치된 서까래 위에 도리만 걸치고 그 위에 차광망을 덮은 경우가 많아 적설시 안전에 취약한 것으로 나타났다. 보조서까래 뿐만 아니라 도리 부재도 설치하지 않은 시설이 13.6%나 되었으며, 도리와 보조서까래가 없거나 부재단면의 부족은 구조물의 연쇄붕괴로 이어지므로 이 부분에 대한 보강이 시급한 것으로 판단되었다.

표 5는 부재의 연결방법과 칸의 길이에 대한 조사 결과이다. 목재 시설의 경우에는 타카핀을 이용한 연결이 가장 많았고, 끈이나 철사를 이용한 연결도 상당히 많았으며, 철재 시설의 경우에는 모두 파이프 온실용 조리개를 사용하고 있는 것으로 나타났다. 표준형 시설에서 1칸의 길이는 180cm로 되어 있으나 실태조사 결과 180cm를 확보한 시설은 36.3%로 나타났고 170cm 이하가 36.4%, 190cm 이상인 시설도 27.3%나 되는 것으로 나타났다. 칸의 길이는 기둥과 기둥 사이의 간격으로서 좁으면 구조적 안전성은 증

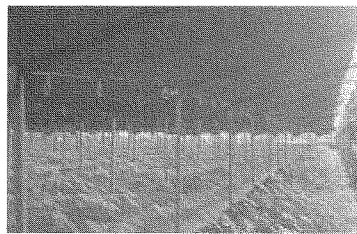


그림 4. 케이블식 구조(좌 : 2선식, 우 : 4선식)

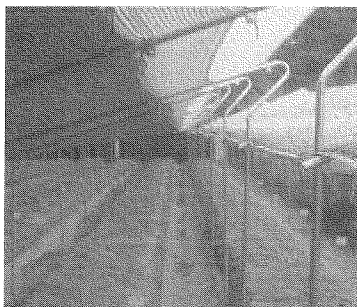


그림 5. 개량형 후주연결식 철재구조(그림 10 및 그림 11의 모델 참조)

표 5. 부재의 연결방법과 칸의 길이

부재 연결방법	시설수(%)	칸의 길이(cm)	시설수(%)
타카핀	9(31.0)	160이하	2( 9.1)
못	2( 6.9)	170	6(27.3)
끈	7(24.1)	180	8(36.3)
철사	6(20.7)	190	2( 9.1)
조리개(파이프용)	5(17.3)	200이상	4(18.2)
계	29(100)	계	22(100)

주) 부재연결방법은 2가지를 병행한 경우도 있어서 시설수가 다름, 칸의 평균길이는 180cm

대되지만 작업성이 떨어지게 된다. 또한 간격이 넓으면 구조적으로 취약하고 특히 적설하중에 약하므로 안전한 간격을 확보할 수 있도록 대농민 지도가 필요한 것으로 판단되었다.

표 6은 인삼재배시설의 각 부위별 상세 규격을 실측 조사한 결과를 정리한 것이다. 각 부위별 치수의 기호는 그림 6과 같으며, 전후주연결식과 후주연결식

으로 구분하여 범위와 평균을 구하고 표준형 시설(농촌진흥청, 2001)과 비교하였다. 전후주연결식의 경우 전주와 후주의 간격(C)이 표준형에 비하여 상당히 넓었으며, 나머지는 대체로 표준형과 비슷한 규격으로 설치되어 있었다. 전주의 높이(A)는 약간 낮았고, 지붕사면의 길이는 거의 비슷하지만 앞으로 돌출된 부분(D)은 약간 긴 것으로 나타났다. 후주연결식의 경우에는 대체로 표준형과 비슷한 규격으로 설치되어 있었으나, 폭(C)은 표준형에 비하여 약간 좁고, 전방 높이(A)는 약간 낮고 후방 높이(B)는 약간 높아 표준형에 비하여 경사가 완만한 것으로 나타났다. 전체적으로는 표준형 시설의 규격에 가깝게 설치하는 경향이었으나, 설치된 규격 범위의 편차가 크게 나타나고 있다. 작업의 편리성과 구조의 안전성을 고려하고 환경조절 성능이 우수한 시설을 위해서는 자재의 규격화 및 시공, 조립 방법의 표준화가 필요할 것으로 판단되었다.

표 6. 인삼재배시설의 규격 조사결과(치수기호는 그림 6 참조, 단위: cm)

치수기호	설 명	전후주연결식			후주연결식		
		범위	평균	표준형	범위	평균	표준형
(A)	전주 높이	90~135	118	126	165~195	176	180
(B)	후주 높이	65~100	80	80	85~125	106	100
(C)	전후주 간격	100~175	125	80	150~185	167	180
(D)	지붕사면 전방*)	15~75	37	25	15~50	25	45
(E)	지붕사면 길이	105~120	112	120	150~210	177	155
(F)	후방 돌출부위	5~10	8	15	0~15	8	25

주\*) 전후주연결식은 전방 돌출부위, 후주연결식은 지붕사면 전방 차광막이 없는 부위

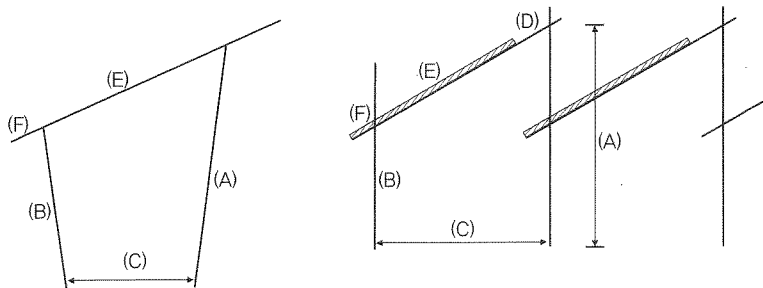


그림 6. 인삼재배시설의 상세규격 치수기호(좌 : 전후주연결식, 우 : 후주연결식)

### 3. 인삼재배시설의 모델별 안전적설심

구조해석을 위한 모델은 2차원 및 3차원 프레임 구조로 하였으며, 기둥이 토양에 30~40cm 정도 박혀 있으므로 지점조건은 지반과 접하는 부분에서 고정으로 취급하였다. 목재 시설 2종류(전후주연결식과 후주연결식)와 철재개량시설 2종류를 대표적인 형태의 구조로 선정하여 모델링 하였으며, 재료와 세부부재의 단면에 대하여는 구조해석 결과로부터 검토하였다. 대표적인 형태에 대한 구조해석 모델링 결과는 그림 7~그림 11과 같다. 3차원 프레임구조의 길이방향은 3칸(5.4m)으로 설정하고, 후주연결식 연동 구조의 폭방향은 3연동으로 설정하여 모델을 구축하였다.

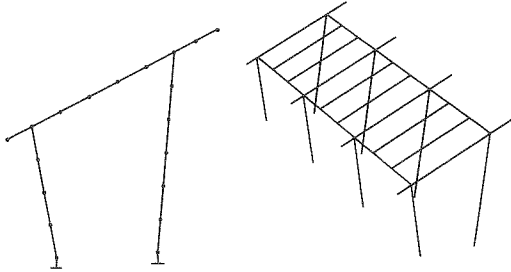


그림 7. 전후주연결식 구조모델(2차원, 3차원)

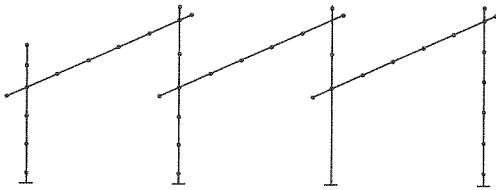


그림 8. 후주연결식 구조모델(2차원)

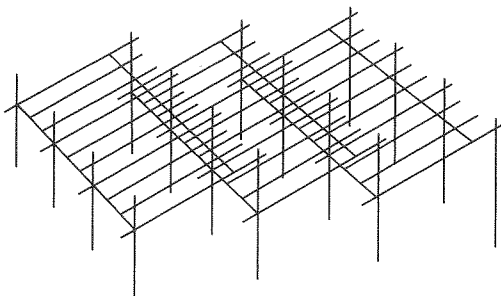


그림 9. 후주연결식 구조모델(3차원)

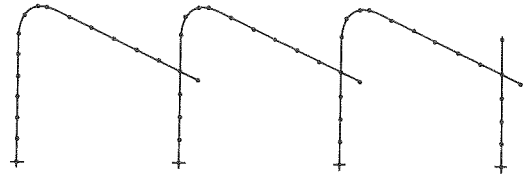


그림 10. 철재 개량시설 구조모델 1

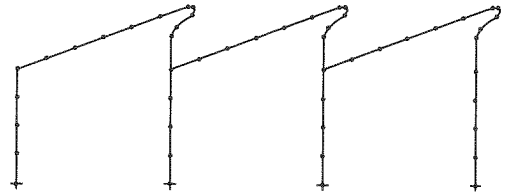


그림 11. 철재 개량시설 구조모델 2

목재 시설은 표준형 규격을 적용하고, 철재 시설은 실측조사의 평균값으로 구조해석을 실시하였으며 각 부재의 단면 특성은 표 7과 같다. 하중은 단위적설중량(적설심 1cm에 대한 중량)을 등분포하중으로 작용시켜 구조해석을 실시하였다. 표 8은 단위 적설심 작용시의 각 부재에 발생하는 최대 단면력을 나타낸 것이다. 기둥은 압축부재로서 축방향력과 휨모멘트에 대하여 검토하였으며, 서까래, 도리 및 보조서까래는 휨부재로서 휨모멘트와 전단력에 대하여 검토하였다.

구조해석 결과의 최대 단면력과 각 부재의 단면 특성치로부터 최대 응력을 구하고, 각 재료의 허용 응력을 기준으로 안전적설심을 구한 결과는 표 9와 같다. 부재마다 최대 응력이 다르기 때문에 안전적설심 또한 다르게 나오는데, 가장 불안정한 부재의 안전적설심이 구조물 전체의 안전적설심이 되므로 그 편차가 크지 않게 설계하는 것이 바람직할 것이다. 전후주연결식 목재시설의 경우 기둥의 안전적설심은 39.2cm나 되지만 도리는 25.9cm로 도리가 파손되면 연쇄적으로 구조물이 붕괴되므로 구조물의 안전적설심은 25.9cm이다. 이 경우 편차는 13.3cm나 되고, 이와 같이 편차가 큰 것은 경제적인 설계가 되지 못한다. 한편 후주연결식 목재시설의 안전적설심은 17.6cm로 나타났다. 1980년대에 해가림 아래의 상대



조도를 인삼의 광합성에 최적인 상태로 높이는 한편 통풍을 원활히 하여 온도의 상승을 억제하고 재식위치에 따르는 인삼생육의 차이를 줄이기 위하여 해가림 자재와 함께 구조의 개선이 시도되어 후주연결식 개량해가림이 개발되었다(조 등, 1998). 이와 같은 후주연결식의 경우 전후주연결식에 비하여 기둥 간격이 넓어지면서 서까래의 지간이 길어지므로 기둥과 서까래의 응력이 증대된다. 같은 단면의 부재를 사용할 경우 안전적설심은 현저히 감소하여 전후주연결식의 25.9cm에 비하여 17.6cm로 줄어드는 것으로 나타났다. 따라서 후주연결식의 목재시설은 단면의 증대가 필요할 것으로 판단되었다.

철재 개량시설은 최근에 개발되어 보급되기 시작한 것으로서 모델 1의 경우에는 안전적설심이 25.8cm로 나타났다. 영동지방과 같은 다설지역을 제외하고는 중부지방 대부분 지역에서 재현기간 15년의 설계적설심은 22~25cm정도이므로(김 등, 2000), 철재 개량시설 1은 대체로 안전한 것으로 판단되었다. 그러나 모델 2의 경우에는 안전적설심이 20cm로 나타났다. 이 모델은 파이프 골조의 기둥과 서까래 연결부분을 없애고 휨가공을 통하여 1개의 부재로 제작하여 구조물의 조립 시공을 간편하게 만든 것으로서, 서까래 부분의 길이가 모델 1에 비하여 길어졌기 때문으로 판단된다. 또한 휨가공 부위의 곡률이 매우 작기 때문에 응력집중 현상이나 부식현상이 발생되기 쉬울 것으로 생각되므로 철재 개량시설 2는 지역의 설계적설심을 고려하여 선택하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

코드사 방식의 경우 케이블의 처짐을 5~10cm로 제한하고 단위 적설심에 대하여 장력을 구해본 결과 14.7~7.5kgf으로 나타났다. 표준형에서 케이블은 6만 데니아의 코드사 또는 #14(직경 2.032mm)의 철선을 2줄 또는 4줄 설치하도록 되어 있다. 철선(#14) 4줄을 설치할 경우 처짐에 따라 안전적설심은 15.9~31.1cm로 해석되었다. 처짐을 작게 유지하면 매우 큰 장력이 걸리고 처짐이 너무 크면 적설시 편심하중이 발생하기 쉬우므로, 적설심 25cm 정도에서 안전을 확보하기 위해서는 처짐을 8~10cm 정도로 제한해야 할 것으로 판단되었다. 코드사 또는 철선 2줄을 사용하

표 7. 안전성 검토 모델의 부재 단면 특성

구분	부재	규격(mm)	단면적 (cm <sup>2</sup> )	단면계수 (cm <sup>3</sup> )	회전반경 (cm)
목재	기둥	30×36	10.8	6.48	1.039
	서까래	30×36	10.8	6.48	1.039
	도리	30×36	10.8	6.48	1.039
	보조서까래	30×24	7.20	3.60	0.866
철재	개량시설	∅222, 12t	0.792	0.394	0.743

표 8. 단위하중 작용시의 각 부재에 발생하는 최대 단면력

구분	구조모델	부재	축방향력 (kgf)	휨모멘트 (kgf·cm)	전단력 (kgf)	
목재	전후주연결식	기둥	1.92	10.3	-	
		서까래	-	19.8	1.07	
		도리	-	25.3	0.86	
		보조서까래	-	10.8	0.36	
	전후주연결식	기둥상	상	1.09	34.5	-
			하	3.35	14.4	-
		서까래	-	37.3	1.59	
		도리	-	28.5	0.97	
		보조서까래	-	18.0	0.47	
		철재	개량시설1	기둥	29.2	3.41
휨부재	-			36.6	1.19	
개량시설2	기둥		24.2	3.31	-	
	휨부재		-	47.2	1.70	

표 9. 대표적인 구조 모델별 안전적설심

구분	구조모델	안전적설심 (cm)	부재별 안전적설심 (cm)				
			기둥	서까래	도리	부조서까래	최대편차
목재	전후주연결식	25.9	39.2	33.1	25.9	33.7	13.3
	후주연결식	17.6	18.0	17.6	23.0	20.2	5.4
철재	개량시설1	25.8	27.3	25.8	-	-	1.5
	개량시설2	20.0	28.0	20.0	-	-	8.0

는 경우에는 안전적설심이 10.6~20.7cm로 나타나 안전을 확보하기가 곤란할 것으로 판단되므로 케이블의 직경을 증대시키든가 보강이 필요할 것으로 생각

되며, 케이블이 끊어지면 구조물 전체가 연쇄적으로 붕괴되므로 주의가 요망된다.

4. 인삼재배시설의 재해사례와 구조개선방안

앞 절에서 살펴본 바와 같이 표준형 시설도 일부는 구조적 안전성이 충분하지 못하며, 실제 농가에서 설치한 시설의 규격은 표준형에 미치지 못하는 경우가 많으므로 폭설시 피해를 겪는 농가가 많다는 것을 이해하는 것은 어렵지 않다. 본 연구에서는 인삼재배시설의 구조개선방안을 도출하고자 농가의 기상재해 사례와 구조개선 희망사항을 조사하였다. 표 10과 표 11은 설문조사 대상농가의 일반현황과 시설유형을 나타낸 것이다. 재배경력은 대부분 10년 이상이었으며 20년 이상인 농가가 54.8%나 되었으며, 재배면적은 대부분 3천평 이상이었고, 홍삼을 재배하는 농가가 47.6%, 백삼 38.1%, 2가지 모두 재배하는 농가가 14.3%였다. 인삼재배 시설의 구조재료는 대부분이 목재였고, 구조형식은 후주연결식이 약간 많았으며, 세부구조는 프레임식이 78.6%로 많았으나 케이블식도 21.4%나 되었다.

표 10. 설문조사대상 인삼재배농가의 일반현황

재배경력		재배면적		인삼종류	
구분	농가수(%)	구분	농가수(%)	구분	농가수(%)
10년미만	5(11.9)	1천평미만	7(16.7)	백삼	16(38.1)
10년이상	14(33.3)	1천평이상	10(23.8)	홍삼	20(47.6)
20년이상	13(31.0)	3천평이상	13(31.0)	백삼+홍삼	6(14.3)
30년이상	10(23.8)	5천평이상	12(28.5)		
계	42(100)	계	42(100)	계	42(100)

표 11. 설문조사 대상농가의 인삼재배시설 유형

구조재료		구조형식		세부구조	
구분	농가수(%)	구분	농가수(%)	구분	농가수(%)
목재	41(97.6)	전후주연결식	20(47.6)	프레임식	33(78.6)
철재	1(2.4)	후주연결식	22(52.4)	케이블식	9(21.4)
계	42(100)	계	42(100)	계	42(100)

주) 목재는 모두 아피톤, 철재는 아연도 강관

표 12는 인삼재배농가의 기상재해 경험 빈도를 나타낸 것이다. 빈도는 재배경력 기간동안 재해경험 횟수를 조사하여 평균값으로 구한 것이다. 폭설피해를 가장 많이 겪어서 평균 9.5년에 1회의 피해를 경험하였으며, 다음은 태풍과 홍수피해로 20년에 1회, 고온피해는 70년에 1회의 빈도로 재해를 경험한 것으로 나타났다.

기상재해의 종류에 따른 피해정도는 표 13과 같이 조사되었다. 폭설피해는 재해빈도도 가장 높았지만 피해내용도 가장 심각하여 구조물이 완전히 붕괴된 경우가 41.4%나 되었고, 반파 이상의 피해를 입은 경우가 69%로 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 태풍에 의한 피해는 차광막 파손이 대부분이었고 심각한 구조적 손상은 많지 않은 것으로 조사되었다. 그러나 회오리바람이나 돌풍에 의한 피해는 어느정도 예상되므로 지반에 매설된 부위나 연결부위, 케이블과 차광막의 고정 부분에는 세심한 주의가 필요할 것으로 판단되었다. 홍수피해는 침수후 작물피해와 병충해 발생이 문제가 되며, 시설피해는 거의 없었다. 홍수피해를 예방하기 위해서는 시설의 입지 선정에 주의하고 배수시설을 잘 갖추도록 해야할 것이다. 인삼은 주변온도가 30℃ 이상으로 4일정도 지속되면 고온장해가 나타나는데(이, 1998), 이로 인한 시설피해는 없지만 시설의 계획 및 설치시 충분히 고려하여

표 12. 인삼재배농가의 기상재해 경험 빈도

재해의 종류	재해 경험 빈도	비고
태풍피해	20년에 1회	재해 경험 빈도는
폭설피해	9.5년에 1회	재배경력의 평균값을
홍수피해	20년에 1회	평균 재해경험횟수로
고온피해	70년에 1회	나누어 구함

표 13. 설문조사 대상농가의 기상 재해별 피해정도

폭설피해내용	비율(%)	태풍피해내용	비율(%)
구조물 일부파손	31.0	차광막 파손	46.2
50% 이상 반파	27.6	구조물 일부파손	23.1
기둥파손 완전붕괴	41.4	회오리바람으로 전파	30.7

주) 비율은 피해경험 농가중 설문에 응답한 결과임

고온기에 통풍이 잘 되도록 대책을 강구해야 할 것으로 생각한다.

목재는 5~6년후 재사용이 불가능하며 지주목의 강도가 약하므로 철재로 개량이 필요하지만 철재시설의 가격이 너무 비싸 경제적 측면에서 어려움이 많은 것으로 나타났다. 목재 표준형의 시설비는 평당 6~8천원으로 조사되었으며, 철재는 목재 표준형에 비하여 재료가 1.5배 이상 소요되는 것으로 나타나 가격을 낮출 수 있는 대책을 요구하는 농민이 많았다. 작업성 등의 측면에서 시설의 규격은 비교적 적당하지만 보다 강한 재료 및 구조모형의 개발에 관한 요구가 있었다. 특히 폭설에 대한 피해가 많으므로 폭설피해를 방지하기 위해서 겨울철에는 해체하는 방식의 조립이 간편한 시설을 개발하는 것도 고려해볼 필요가 있을 것으로 판단되었다.

폭설 피해시에는 복구비가 설치비보다 많이 소요되고, 휴면중인 인삼이 설해를 입으면 이듬해에 병충해가 많이 발생되므로 폭설에 대한 재해대책이 가장 중요한 구조개선 사항으로 생각된다.

전후주연결식이 구조적으로는 더 안전한 것으로 나타났지만 후주연결식 해가림이 인삼의 생육환경이나 작업성 측면에서 우수한 것으로 알려져 있으므로(박, 1996 ; 조 등, 1998), 후주연결식 해가림구조에 대한 개선대책을 중점적으로 고찰해 보았다. 부재단면과 길이, 설치간격 등의 규격을 준수하고 강도가 큰 목재를 사용하도록 하며, 설계적설심이 20cm 이상인 지역에서는 단면을 증대시키거나 철재를 사용하도록 해야 할 것으로 판단되었다. 가능한 도리와 보조서까래를 갖춘 프레임식을 택하고, 케이블식으로 설치할 경우에는 적설시 불균일한 처짐이 생기지 않도록 4선식으로 하고 일정 간격으로 버팀틀을 설치하여 연쇄적인 붕괴를 막도록 해야 한다.

폭설과 같은 재해에 대비하여 평상시에도 주기적인 점검을 실시할 필요가 있으며, 부식된 부재는 발견 즉시 교체하고 연결부위의 이상은 신속히 보수하도록 한다. 눈이 내릴 때 피복이 처져있으면 그곳에 눈이 집중적으로 쌓여 과대 편심하중에 의한 붕괴를 초래하므로 피복의 처짐을 방지해야 한다. 대설주의보나 경보가 발령되면 다음과 같은 조치를 취하면

좋을 것으로 생각한다. 눈이 쌓이면 쉽게 미끄러져 내려오도록 차광망 위에 미리 플라스틱 필름을 피복해 둔다. 보강자재를 준비해 두었다가 취약부분에 설치한다. 가능하다면 눈을 쓸어내리는 것이 좋겠으나 쉽지 않으므로, 안전적설심 이상의 눈이 예상될 경우 미리 피복을 찢어 구조물 붕괴를 피하는 것도 염두해 둘 필요가 있을 것으로 생각한다. 폭설후에는 구조물과 피복재의 손상부위를 신속히 점검하여 보수한다.

아울러 보다 항구적인 대책으로는 설치비가 저렴하고 구조적으로 안전하며 인삼생육에도 적합한 인삼재배시설 구조모델의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 인삼재배시설의 환경관리실태와 개선방안

본 연구에서는 구조안전이나 기상재해대책과는 큰 관련이 없지만 환경조절형 인삼재배시설의 개발을 위한 기초자료를 제공할 목적으로 재배환경 관리시설과 관리작업 현황 및 환경개선에 관한 희망사항을 조사하였다. 표 14는 인삼재배농가의 환경관리시설 현황을 나타낸 것이다. 차광자재는 PE 4중직 또는 PE 4중직에 2중직을 덧씌우는 농가가 대부분이었다. 차광막의 경우에는 누수율과 광투과율의 최적화를 통하여 비가림기능과 고온억제기능의 향상이 필요한 것으로 나타났다. 관수시설을 갖추고 있지 않은 농가가 대부분이었으나 최근에 점적관수 시설이 늘어나고 있는 추세로 조사되었다. 그러나 인삼재배에 관한 관수 기준이 없어서 경험적으로 타이머 제어에 의존하는 경우가 대부분인데 이 경우 과습 문제가 종종 발생되는 것으로 나타났으며, 인삼재배를 위한 관수 기준 설정 연구가 시급한 것으로 판단되었다.

인삼재배 포장의 이랑규격은 두둑폭 90~110cm(평균 103cm), 고랑폭 50~80cm(평균 63cm), 두둑높이 15~45cm(평균 27cm)로 조사되었다. 표준인삼경작방법의 규격은 두둑폭 90cm, 고랑폭 90cm, 두둑높이 35~40cm로서 큰 차이를 보이고 있다. 부초는 이영 63.6%, 벚짚 27.3%, 왕겨기타 9.1%로 조사되었다.

표 14. 설문조사 대상농가의 인삼재배 환경관리 시설 현황

차광자재	농가수(%)	관수시설	농가수(%)
PE 4중직	24(57.1)	점적관수	6(14.3)
PE 4중직+2중직	10(23.8)	이랑관수	8(19.0)
벚 짚	6(14.3)	호스관수	2( 4.8)
기 타	2( 4.8)	관수시설 없음	26(61.9)
계	42(100)	계	42(100)

표 15는 설문조사 대상농가의 재배환경 관리작업 현황을 나타낸 것이다. 가장 힘든 작업과 시간이 많이 소요되는 작업에 대한 설문 결과 모두 해가림시설 설치에 압도적으로 많게 나타났으며 다음으로 묘삼이식과 예정지관리로 응답하였다. 우선적으로 자동화·기계화가 필요한 작업은 묘삼이식, 해가림설치, 수확의 순으로 조사되었다. 현재에도 묘삼이식과 수확작업은 어느 정도 기계화가 이루어진 상태이므로 해가림시설 설치에 대한 기계화나 설치가 용이한 구조모델의 개발에 관한 연구가 필요한 것으로 판단되었다. 한편, 인삼재배를 위한 예정지가 부족하므로 연작장해 개선을 위한 대책이 절실하며, 인삼 전용 농약의 개발에 대한 요구가 높았고, 인삼과 관련된 연구, 교육 전문기관이 필요한 것으로 조사되었다.

표 15. 설문조사 대상농가의 재배환경 관리작업 현황

가장 힘든 작업		시간이 많이 소요되는 작업		자동화, 기계화가 필요한 작업	
구 분	농가수(%)	구 분	농가수(%)	구 분	농가수(%)
예정지관리	4( 8.9)	예정지관리	6(11.8)	예정지관리	2( 4.9)
묘삼이식	7(15.6)	묘삼이식	11(21.6)	묘삼이식	19(46.3)
해가림설치	31(68.9)	해가림설치	29(56.8)	해가림설치	12(29.3)
병충해방제	1( 2.2)	병충해방제	4( 7.8)	병충해방제	1( 2.4)
수확	2( 4.4)	수확	1( 2.0)	수확	6(14.7)
				관수	1( 2.4)
계	45(100)	계	51(100)	계	41(100)

주) 복수응답 및 무응답으로 인하여 전체농가수가 상이함.

## IV. 결론

본 연구는 인삼재배시설의 구조상태를 조사하여 안전성을 검토하고, 자연재해에 의한 피해사례를 분석하여 기상재해 대책을 수립하는 것을 목적으로 수행하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 인삼재배시설의 실측조사결과 기둥과 서까래는 대부분 표준 규격 이상의 단면을 사용하고 있었으나, 도리와 보조서까래는 규격 미달이 많았고 이를 전혀 설치하지 않은 경우도 상당수 있어 이 부분에 대한 보강이 필요한 것으로 판단되었다.

2. 시설의 폭과 높이, 기둥의 설치간격 등은 대체로 표준형과 비슷한 규격으로 설치하는 경향이었으나 편차가 크고, 구조적으로 취약한 부분도 상당수 있으므로 자재의 규격화와 시공 및 조립방법의 표준화가 필요할 것으로 판단되었다.

3. 실태조사 결과를 바탕으로 뼈대구조의 재질에 따라 목재시설과 철재시설로 분류하고, 기둥과 서까래의 연결방식에 따라 전후주연결식과 후주연결식으로 분류하였으며, 도리와 보조서까래의 세부구조에 따라 프레임식과 케이블식으로 구조를 유형화하였다.

4. 대표적인 형태의 모델에 대한 구조해석과 안전성 검토 결과 전후주연결식 목재시설의 안전적설심은 25.9cm, 후주연결식은 17.6cm, 철재 개량시설 모델 1은 25.8cm, 모델 2는 20.0cm로 각각 나타났다. 시설에 따라서는 지역의 설계적설심을 고려하여 선택하거나 보강설계가 필요한 것으로 판단되었다.

5. 도리와 보조서까래를 사용하지 않은 코드사 방식의 경우 적설심 25cm 정도에서 안전을 확보하기 위해서는 처짐을 8~10cm 정도로 제한해야 하며, 케이블은 4줄을 사용하고 2줄을 사용해서는 안되는 것으로 나타났다.

6. 인삼재배 농가의 기상재해 경험 사례는 폭설피해가 95년에 1회로 가장 높았고, 태풍과 홍수피해 20년, 고온피해는 70년에 1회의 빈도로 재해를 경험한 것으로 조사되었다. 피해내용도 폭설피해가 가장 심각하여 구조물이 완전히 붕괴되거나 반파 이상의 피해를 입은 경우가 69%로 나타났다.

7. 홍수나 고온에 의한 시설피해는 거의 없고 태풍 피해도 심각한 구조적 손상은 많지 않은 것으로 조사되어 폭설에 대한 재해대책이 가장 중요한 구조개선 사항으로 판단되었으며, 대 농민 설문조사 결과 현재의 목재보다 강한 재료와 저렴한 시설비에 대한 요구가 많았다.

8. 평상시 시설의 유지관리, 폭설에 대한 사전준비와 응급조치방법, 폭설 후의 점검과 보수 등 재해대책을 검토하였다. 유지관리와 보수·보강도 중요하지만 항구적인 대책으로는 설치비가 저렴하고 구조적으로 안전하며 인삼생육에도 적합한 인삼재배시설 구조모델의 개발이 필요할 것으로 사료된다.

### 인용 문헌

1. 건설교통부. 1997. 건축물의 구조내력에 관한 기준. 건교부고시 제1997-378호.
2. 김문기, 남상운 외. 2000. 농업시설공학. 향문사.
3. 남기열. 1990. 토양염류 농도가 고려인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 충남대학교 박사학위논문.
4. 농림부. 2001. 원예특작분야 시설 재해복구비 내역.
5. 농림부. 2001. 농정주요통계지표. [http://www.maf.go.kr/html/pds/pds01\\_01.htm](http://www.maf.go.kr/html/pds/pds01_01.htm).
6. 농업협동조합 중앙회. 2001. 농협연감 2000.
7. 농촌진흥청. 2001. 표준인삼경작방법. 농촌진흥청 고시 제 2001-8호.
8. 대한건축학회. 1998. 강관구조 설계기준 및 해설. 기문당.
9. 박 훈. 1996. 인삼재배 분야의 과거 20년 연구. 고려인삼학회지 20(1) : 472-500.
10. 서상덕 외. 1998. 약용작물 재배기술 개선연구 : 인삼 안전재배 기술개발. 충남농촌진흥원 시험연구보고서 1997 : pp.329-342.
11. 서중혁 외. 1992. 인삼산업의 중장기 발전방향. 한국농촌경제연구원 C92-12.
12. 신현성. 1984. 인삼포의 환경요인과 토양미생물 분포에 관한 연구. 동국대 박사논문.
13. 이용엽. 1998. 우리 인삼의 발자취. 도서출판 문정사.
14. 이화형 외. 1989. 목재물리 및 역학. 향문사.
15. 인삼협동조합중앙회. 1995. 21C 인삼산업 발전구상과 인삼협동조합의 참여방안.
16. 임업연구원. 1990. 열대재의 재질과 가공성. pp.91-92.
17. 조재성. 1997. 인삼산업 발전방향. 한국 약용작물 발전전략에 관한 국제심포지움. 한국약용작물학회.
18. 조재성, 목성균, 원준연. 1998. 최신인삼재배. 선진문화사.
19. 조정호 외. 1998. 약용작물 재배법 개발 연구 : 전북지방 인삼 재배 실태 조사. 전북농촌진흥원 시험연구보고서 : pp.848-853.
20. 차재경. 2000. 목재역학. 선진문화사.
21. 천성기. 1989. 광량 및 광질이 고려인삼의 생육과 품질에 미치는 영향. 경북대학교 박사학위논문.
22. 최광태 외. 1996. 최신고려인삼(재배편). 한국인삼연초연구원.
23. Breyer, D.E., K.J. Fridley and K.E. Cobeen. 1999. Design of Wood Structures ASD. McGraw-Hill.
24. Midwest Plan Service. 1983. Structures and Environment Handbook, MWPS-1.
25. Whitaker, J.H. 1979. Agricultural Buildings and Structures. Reston Publishing Co.