

공압실린더를 이용한 온실기둥 상승장치 개발

이현준¹ · 박은미¹ · 신동창² · 최종섭¹ · 김태욱^{1*}

¹경북대학교 정밀기계공학과

²화신농건(주)

Development of Raising Device for Greenhouse Column Using a Pneumatic Cylinder

Hyun June Lee¹, Eun Mi Park¹, Dong Chang Shin², Jung Seob Choe¹, and Tae Wook Kim^{1*}

¹Dept. of Precision Mechanical Engineering, Kyungpook National University, Sangju 37224, Rep. of Korea

²WHASHIN AGRICONSTRUCTION CO. LTD

Abstract. As many consumers prefer good quality food, farms have used various facilities to cultivate products for satisfying their desires. Among them, the most representative facilities are plastic and glass multi-span greenhouse. The height of both plastic greenhouse and glass greenhouse is around three meters high in Korea. As a result, the crop productivity is limited. The solution is to increase the height of the greenhouses to improve the greenhouses' environment. The device for raising columns consists of a stop device, a pneumatic cylinder, and a vertical member. Pneumatic cylinders were designed with a diameter of 160 mm and a stroke length of 50 mm, taking into consideration the safety factor of 1.5. In addition, the air flow was controlled by nozzle to achieve a time of less than 30 seconds per stroke. It was calculated that 21.5L·min⁻¹ of air was needed to complete in less than 30 seconds. Accordingly, the diameter of the nozzle is designed to be 0.5 mm. When the pressure was 0.9 MPa, the average raising force was 13,805N, which was close to the calculated value of 15,612N. The field test results show that any inconsistency in the row columns was not generated. and that it is considered applicable to the actual glass and plastic greenhouses.

Additional key words : air nozzle, remodeling, speed control, upward force

서 론

소비자들은 신선하고 좋은 품질의 먹거리를 원하기 때문에 농가에서는 소비자의 욕구를 충족시키기 위하여 다양한 시설이나 설비를 이용하여 작물을 재배하고 있다. 시설재배는 농작물의 외부 기상환경에 영향을 받지 않고 연중재배하기 위해 온실에서 재배하는 방식이며, 온실은 피복재의 종류에 따라 플라스틱온실과 유리온실로 구분되며, 연동 여부에 따라 단동온실과 연동온실로 구분된다. 현재 우리나라 시설원예 산업의 현황을 살펴보면, 시설채소류 기준으로 재배면적은 1970년 3,727ha에 불과하였으나 2015년에는 61,330ha로 약 16배 정도 증가하였으며, 시설면적은 1970년 762 ha에서 2015년 52,526ha로 70배 가까이 증가하였다(Park, 2016). 국내에

서 보급되어 있는 농가보급형 플라스틱온실과 유리온실의 경우 측고가 3m 안팎이다(Lee, 2011). 따라서 토마토, 파프리카 등을 유인재배 할 경우에는 측고가 낮아 재배기간이 짧아져 정상과의 품질과 수량이 저하되는 것은 물론, 재배기간을 연장할 경우 작물의 누어서 재배하기 때문에 작물의 상태를 약화시키는 단점이 있다(Park 등, 2008). 재배 작목을 변경하는 농가의 경우에는 기존의 1-2W형 연동 온실의 측고를 인위적으로 최고 1.4m 까지 높여 측고가 4.1m인 온실로 구조를 변경하고 있는 추세이다. 온실구조 변경에 따른 온실의 지점조건을 구명하기 위한 연구가 일부 수행되어 왔으며(Lee 등, 2008), 온실의 폭, 측고 및 동고비가 구조안전에 미치는 영향을 분석하는 연구가 진행되어 왔다(Lee 등, 2003). 2013년에는 온실의 실태를 조사하여 구조유형과 설계요소를 분석하고, 기상재해에 대한 안전성과 구조 및 환경 관리에 대한 개선방안을 검토하는 연구가 진행되었다(Nam과 Ko, 2013). 국내 벨로형 유리온실(측고 3.8m)과 1-2W형 플라스틱온실의 파프리카 단위면적(m²)당 생산

*Corresponding author: kimtw@knu.ac.kr

Received March 29, 2018; Revised June 28, 2018;

Accepted June 29, 2018

량은 14.1kg, 7.8kg으로 측고가 높은 유리온실의 생산성이 플라스틱 온실에 비하여 약 80% 높은 것으로 보고되고 있다(Lee 등, 2010). 온실의 측고 상승은 온실 기둥을 절단 또는 해체 후 기둥을 상승시켜 기존 기둥에 추가 부재를 용접하거나 새로운 기둥부재로 교체하는 방법으로 이루어진다. 국내의 경우 플라스틱 온실 중심으로 수동 잭 또는 크레인을 이용하여 기둥을 상승시키고 있으며, 외국 업체의 경우 유리온실 중심으로 공압장치를 이용한 기둥 상승장치를 이용하고 있다. 국내에서는 기둥 상승장치에 대한 연구가 진행되지 않아 유리온실의 리모델링은 외국 업체에 의존하고 있으며, 플라스틱 온실의 경우 수동자키 또는 크레인을 이용한 방법으로 온실을 인상시킬 수 있으나 노동력이 많이 소요되며, 유리온실에는 유리의 파손 및 전도 등으로 적용이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 공압식 격막실린더를 이용한 상승장치를 설계하여 노동력 감소와 안정성을 높이는 유리온실 및 플라스틱온실의 기둥상승장치의 개발을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

1. 기둥 상승장치

온실의 측고 상승은 온실 기둥을 절단 또는 해체하여 기둥을 상승시킨 후 기존 기둥에 추가 부재를 용접하거나 새로운 부재로 교체하는 방법으로 이루어진다. 온실의 측고를 인상하는 작업 중에는 온실의 자체하중을 유지하면서 일정 높이 이상으로 구조물의 파손 없이 인상시켜야 한다. 기둥 상승장치는 보강대 상부멈춤장치, 하부멈춤장치 및 공압실린더(SC16, Haldex, America) 등으로 구성된다. 기둥상승장치는 Fig. 1과 같이 보강대를 SS400 □75×75×3.0 각재를 사용하여 상승장치를 부착하고 수직상승부는 SS400 □60×60×3.0 각재를 사용하여 제작하였다. 수직상승장치의 구멍 가공부는 6mm 판재를 구멍 가공하여 덧붙이는 방법으로 용접하여 제작하였다. 또한, 상승장치의 수직상승부재의 길이를 2,300mm로 제작하여 하우스 기둥을 최대 1,750mm까지 상승시킬 수 있도록 제작하였다. 구동기는 보강대에 Fig. 2와 같이 공압 구동기를 설치하여 구동하는 방법으로 제작하였다.

인상 시스템은 1회 인상 시 공압으로 격막실린더를 팽창시켜 실린더의 로드를 밀면, 상승장치 하부에 설치된 멈춤장치의 스프링의 인장력에 의하여 Fig. 3과 같이 상부 멈춤장치가 기둥상승장치의 다음 구멍에 위치하게 된다. 하부 멈춤장치의 경우 상승장치가 상승하면 다음 단계의 구멍 가공부로 같이 상승하여, 온실의 하중에 의해 고정된다. 인상 작업 중의 상승 오차로 인한 문제 발생 시 작업자가 하부 멈춤장치를 제어할 수 있도록 레버를

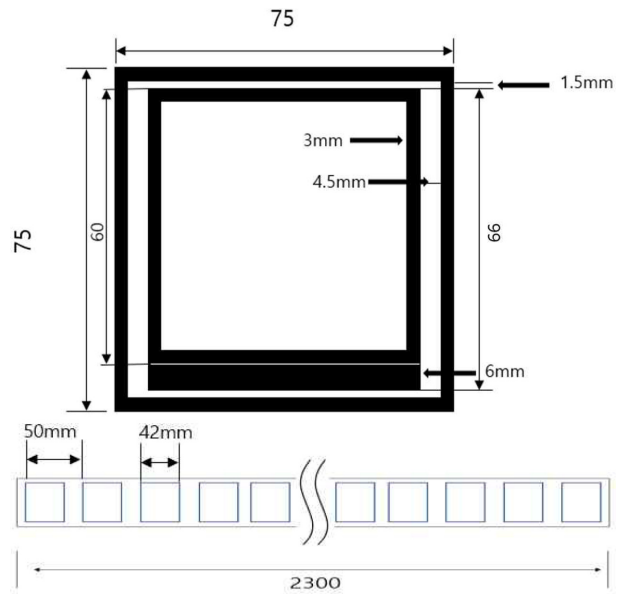


Fig. 1. Reinforcement bar design.

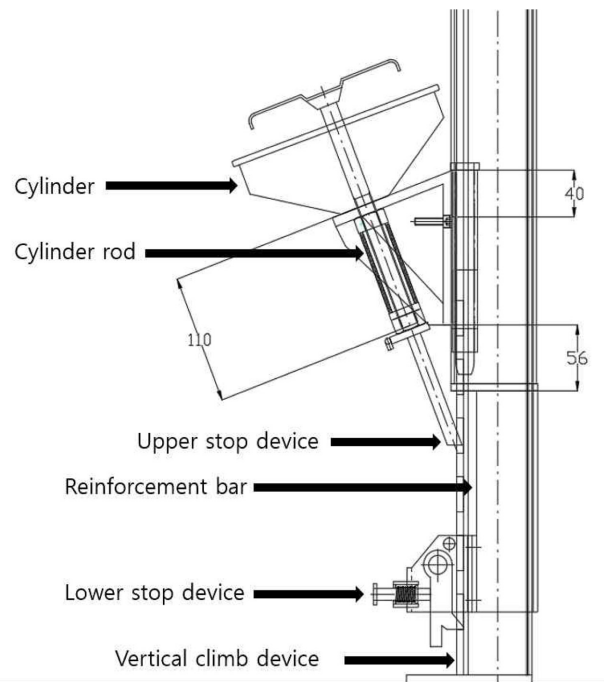


Fig. 2. Greenhouse column raising device design diagram.

추가하여 설계하였다. 유리온실의 기둥간 높이 차이가 70mm 이상일 경우, 부재의 비틀림 및 파손 등의 위험성이 있다. 따라서 1회 인상높이는 안정성을 고려하여 50mm로 설계하였다.

온실 기둥상승장치의 구동방식으로는 전기모터, 공압



Fig. 3. Upper stop device for pneumatic cylinder and lower stop device for return.

및 유압방식이 있으며, 전기모터를 사용할 경우 기어장치에 의해 기계적 동력 전달이 원활하고 시스템의 구성이 간단하다는 장점을 가지고 있으나, 타 구동방식(공압식, 유압식)에 비해 유연성이 부족하여 온실 구조체의 비틀림 발생으로 인한 온실의 변형 또는 파손 가능성이 있다. 유압식은 일반적으로 철판 구조물 인상 등의 인상기술에 적용되며, 건축물 등과 같은 큰 하중을 인상시키는 방식이다. 그러나 유압시스템은 인상장치의 로드 높이에 따라 최대 인상 높이가 제한되는 단점이 있으며, 온실에 적용할 경우 유압 오일의 누수가 발생하여 작물 재배에 지장을 초래할 위험 요소가 있다. 따라서 본 연구에서는 온실의 기둥을 안전하게 인상시키기 위해 공압 방식인 격막형 실린더를 적용하였다. 격막형 실린더의 경우 산업용 공압실린더에 비해 제어하기 쉬우며 기존의 온실의 측고를 안전하고 경제적으로 상승시킬 수 있다. 공압 실린더는 공압실린더 단면적에 단위 면적당 작용압력을 곱하여 구동기의 작용력을 계산하고 안전계수 1.5를 고려하여 공압실린더 직경을 160mm, 행정길이 50mm로 설계하였다. 온실 리모델링을 위한 온실기둥을 1,500mm 인상시키기 위해서는 온실기둥 1개당 30번의 반복 상승 동작이 필요하다. 또한, 상승 동작 시 기둥을 연속적으로 인상시키는 것이 아닌 인접한 기둥과 50mm 이상의 높이 차이가 없도록 인상해야 하며, 같은 열에 있는 기둥의 경우 인상작업 후의 높이가 일정하게 유지되어야 한다. 1회 인상에서 약간의 오차로 인한 기둥 간의 높이차이가 발생하게 되면 다음 단계의 상승동작에서 공압 구동기에 공압 공급이 중단되며, 온실 자중에 의해 발생된 오차만큼 기둥상승장치가 하강하여 멈춤장치에 정렬하도록 설계하여 오차누적이 발생하지 않도록 설계하였다.

2. 상승장치의 속도조절

온실 기둥상승장치의 상승시간을 제어하기 위해 공압

실린더에 공급하는 공기량을 노즐을 이용하여 제어하도록 설계하였다. 구동장치인 공압실린더에 사용되는 공기 유량은 공기유량식인(PISCO 2014), 식(1)로 구하였으며, 공기분출량은 (HAEDUKENG 2010) 식(2)를 활용하여 산출하였다.

$$Q = 4.7 \times 10^{-5} \times (D^2 \times L) / t \times (P + 0.1013) / 0.1013 \quad (1)$$

여기서,

Q = 공기유량(L·min⁻¹(ANR))

D = 실린더 내경(mm)

L = 실린더 행정(mm)

t = 행정 (mm·s⁻¹)

P = 실린더 작용압력(MPa)

ANR: 20°C 대기압 상대습도 65%에서의 상태

$$V = 237.6/r \times (A \times C \times P) / \sqrt{T_1} \quad (2)$$

여기서,

V = 공기의 분출량(L/min)

237.6 = 노즐 계수

r = 공기의 비중량(1.2kg/m³)

A = 단면적($\pi \times d^2/4$)

C = 유량계수(공기의 경우 = 1)

P = 절대압력(P + 1.03323kg/cm²)

T₁ = 절대온도(K)

식 (1)에서, 공압실린더 내경 160mm 행정길이 50mm 작용압력이 0.98 MPa으로 1행정을 30초 내외로 완료하기 위한 공압실린더에 필요한 공기유량은 21.5L·min⁻¹ 이다. 노즐에서의 공기분출량을 압력이 0.98 MPa일 때 식 (2)를 이용하여 계산한 결과는 Table 1과 같다. 따라서,

Table 1. Air release quantity with diameter of nozzle.

Nozzle Diameter (mm)	0.4	0.5	0.6	1.0
Air flow (l·min ⁻¹)	16.0	25.1	36.0	100.1

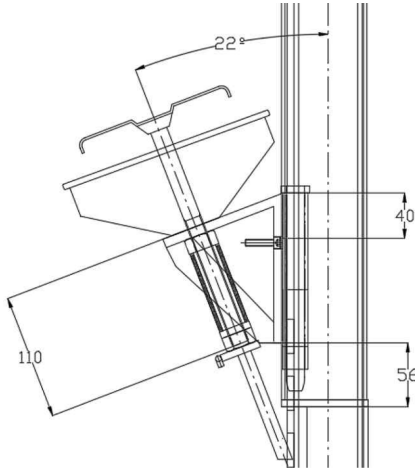


Fig. 4. Device installation angle.

필요한 공기소요량이 21.5L·min⁻¹이므로 노즐 직경은 0.5mm로 선정하여 공기량을 제어하였다.

3. 인상력 실험

실증시험에 앞서 인상력 시험을 하기 위해 압축시험기(한국기계연구원)를 이용하여 0.5 ~ 0.9MPa의 공기압에 대한 인상력을 5회 시험하였다. 공기압은 최초 0.5Mpa에서 0.1Mpa 단위로 증가시켜 30초 간격으로 인상력을 측정하였다. 온실 기둥상승장치의 부하 설계는 식(3)을 이용하였으며, 0.98 MPa에 대한 인상력은 19,704N으로 나타났다.

$$F = (\pi/4 \times 0.16 \times 0.16) \times (0.98 \text{ MPa}) = 19,704\text{N} \quad (3)$$

수직분력 및 수평분력은 식(3)의 추력(F)과 Fig. 4의 공압실린더 설치도로부터 아래의 식(4)와 (5)를 이용하여 구하였다.

$$\text{수직분력: } 19,704\text{N} \times \sin 68^\circ = 18,269\text{N} \quad (4)$$

$$\text{수평분력: } 19,704\text{N} \times \cos 68^\circ = 7,381\text{N} \quad (5)$$

인상력은 계산한 수직분력과 수평분력을 이용하고 마찰계수 0.36 (Raymond A. Serway)을 고려하여 식(6)과 같이 구하였다.

$$\text{인상력: } 18,269\text{N} - (7,381\text{N} \times 0.36) = 15,612\text{N} \quad (6)$$

일반적으로 공압 장치의 사용압력의 강하등 기타 조건을 고려하여 이론 출력에 대한 부하의 비율을 0.7 이하로 선정한다(Metal Network Korea Company, 2011). 이를 활용하여 안전계수 1.5를 적용하여 설계하였으며, 인상하중은 인상력과 안전계수 1.5로부터 10,408N으로 나타났다. 공기압 0.9 MPa가 공급될 때의 평균 인상력은 13,805N으로 식 (6)에서 계산한 인상력 15,612N과 1,807N의 차이가 나타났다.

4. 기둥상승 장치의 안정성

온실 기둥상승장치를 현장시험에 적용하기에 앞서 안정성을 확인하기 위해 압축시험기(환경 챔버 부착형 5ton급 압축 시험기, KIMM, Korea)를 이용하여 온실 기둥상승장치에 대한 안정성을 시험하였다. 시험 방법은 온실 기둥상승장치를 지그에 고정시킨 후, 0.1mm/sec 속도로 압축하여 파괴 또는 하중이 44,145N이 초과하게 되면 시험을 종료하도록 하였고, 압축시험은 5회 실시하였다.

5. 현장시험

1) 모형시험

설계 제작한 인상장치의 작동 여부를 확인하기 위해 실험용 온실모형을 제작하였다. 모형의 넓이는 48m²(폭 4m × 길이 12m), 높이 2.5m로 제작하였다. 설치한 모형의 기둥에 6개의 인상 장치를 설치하고 구동기에 공압 공급장치를 연결하여 실험하였다. 첫 실험에서는 인상장치와 공압 유닛의 작동 여부 및 문제점 발생 등을 점검하기 위하여 하중을 가하지 않고 실시하였으며, 인상장치의 정상 작동 여부를 확인한 후, 하중을 2,943N(300kgf), 4,905N(500kgf), 6,867N(700kgf)을 가하여 실험하였다.

2) 유리온실모형 시험

온실 기둥상승장치의 정상작동 여부 확인 후, 유리온실(베로형)과 동일한 크기의(폭 4m, 측고 4m), 2지붕(2.5m × 4m) 유리온실 모형을 경기도 농업기술원(경기도 수원시 영통구 반정로 215) 부지에 설치한 후, 온실 기둥상승장치를 적용하여 시험을 실시하였다. 1차 시험을 철골(스테인리스스틸, SS400)만 설치하고 2차 시험은 지붕유리(규격 977mm × 2,124mm × 4mm × 8장)도 설치하여 인상속도 및 인상 높이를 확인하였다. 유리온실 모형 인상작업 도중의 붕괴나 파손을 최소화시키기 위해 Fig. 5와 같이 전도방지 장치를 사용하였으며, a=전도방지 헤드, b=몸체, c=지반고정 부분을 나타낸다.

3) 플라스틱온실 실증 시험

전남 장흥군에 위치한 1-2W형 플라스틱온실(직경 48.1mm×2.3t 농업용파이프 SPVH, 1ha)에서 2014년 7월부터 9월까지 실시하였으며, 실증시험 온실을 4연동(1번 온실/0.25ha), 4연동(2번 온실/0.25ha), 8연동(3번 온실/0.5ha)으로 3구역으로 분리하여 상승장치를 플라스틱 온실 외측과 내측 기둥에는 각각 4,000mm, 8,000mm 간격으로 1번 온실에는 119개 2번 온실에는 79개 3번 온실에는 111개를 각각 설치하였다. 온실 기둥 상승장치를 상승시킬 기둥에 설치하고 하단부를 절단하였으며, 인상장치와 분리되는 문제를 방지하고자 밴드를 활용하여 장치 상하부에 고정하였다. 다음으로 온실의 붕괴 및 파괴를 방지하기 위하여 전도방지장치를 설치하였으며, 공압 배관을 통하여 온실 기둥상승장치에 공압을 공급하였다. 공기의 압력은 별도의 컨트롤러 없이 설계 제작한 에어노즐 0.5mm를 사용하여 인상속도를 30초 내외로 제어하였다. 절단한 온실 기둥을 보완하기 위해 48.1×2.3 규격의 농업용강관(SPVH)를 연결하였다. 연결된 부위에서 틈이 발생하지 않도록 압착 및 피스로 고정 작업을 실시하였다.

실 기둥상승장치를 설계 및 제작하였다. 온실 기둥상승장치는 수직부재, 상부, 하부 멈춤장치 및 공압실린더 등으로 구성된다. 기둥상승장치는 1행정당 50mm씩 상승하며, 1회 인상작업속도를 30초 내외로 하기 위해 소요되는 공기량을 계산하였다. 계산결과 1행정당 공기 소요량은 21.5L·min⁻¹로 나타났으며, 공기분출량을 고려할 때, 노즐의 직경은 0.5mm가 적당한 것으로 나타났다. 실증시험에 앞서 상승장치의 인상력을 확인하기 위해 한국기계연구원에서 공기압 0.5MPa~0.9MPa으로 인상력을 시험한 결과는 Table 2와 같으며, 공기압이 0.9MPa 일 때, 평균 인상력은 13,805N으로 나타나 계산 값 15,612N과 1,807N의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 결과 공기압이 0.9MPa 일 때의 인상율은 안전계수 1.5를 고려하여 9,203N으로 판단되었다. 인상력 시험결과는 Table 2와 같다.

또한, 기둥상승장치의 안정성을 확인하기 위해 압축시험기를 통하여 안정성 시험을 하였으며, 총 5회 시험결과 압축시험기의 최대 압축하중 44,145N이 가해졌을 때, 온실의 기둥상승장치의 파괴가 일어나지 않았다. 국내 유리온실의 각 기둥의 최대하중은 10,000N 이내로 온실

결과 및 고찰

본 연구에서는 플라스틱 온실 및 유리 온실의 기둥을 안정적으로 인상시키기 위해 격막형실린더를 활용한 온

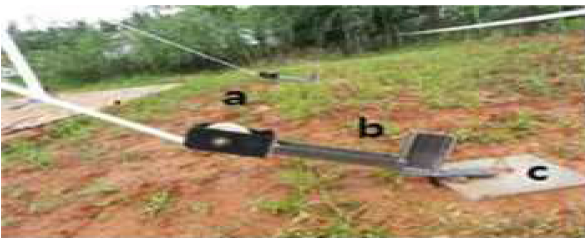


Fig. 5. Destruction preventing device.



Fig. 6. Work fixing the column.

Table 2. Test results using the raising device.

(Unit: N)

Test No.	Pressure (MPa)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	Note
1		7,890	9,590	10,753	12,237	14,250	
2		8,032	9,635	10,918	12,898	13,511	
3		8,412	9,402	10,256	12,128	13,716	
4		7,436	8,668	9,953	11,190	12,947	
5		8,090	10,406	11,530	13,251	14,601	
Ave.		7,972	9,540	10,681	12,340	13,805	

Table 3. Increment of the height of the greenhouses.

Greenhouse	Area	The previous height	The later height
1	0.25ha	3,000mm	4,800mm
2	0.25ha	3,000mm	4,800mm
3	0.5ha	3,300mm	5,100mm



Fig. 7. Before and after construction.

리모델링시 온실기둥 상승장치에 적용 가능한 것으로 판단되었다. 실증 시험에 앞서 기둥상승장치를 모형온실에서 하중시험을 하였으며, 실험결과 각 기둥전체에 대하여 1회 50mm씩 인상하여 3회에 걸쳐 150mm를 인상하였다. 또한, 모형유리온실 시험에서는 1차, 2차로 시험을 나누어서 시험하였으며, 1차 인상 시험 후, 2차 시험에 앞서 모형온실의 높이 확인 및 전체의 수평, 수직상태를 점검하였으며 최종적으로 1,500mm 인상하였다. 실증 시험은 총 면적 1ha 플라스틱온실에서 시험을 하였으며 인상 높이는 1,800mm 이고, 인상 완료 후 온실의 뒤 라인부터 순차적으로 온실 기둥상승장치와 기둥을 분리하였다. Fig. 7은 온실의 내부 체적이 증가한 것을 나타내고, 인상 전과 인상 후의 온실 측고는 Table 3과 같다. 2014년 8월 4일 기준 최대 풍속 24m/s의 강풍에 온실 피해가 없었으며, 이를 통하여 구조적 안정성을 확인할 수 있었다. 따라서 개발된 온실기둥 상승장치는 유리온실 및 플라스틱 온실의 리모델링에 적용 가능한 것으로 판단되었다.

적 요

대부분의 소비자들이 질 좋은 음식을 선호하기 때문에, 농장에서는 소비자들의 욕구를 충족시키기 위해 다양한 시설을 이용하고 있다. 가장 대표적인 시설은 플라스틱 온실과 유리온실이다. 국내의 플라스틱 온실 과 유리 온

실의 측고는 3m 내외이다. 결과적으로 작물의 생산성이 제한되고, 이를 해결하기 위해서는 기둥의 높이를 증가시켜 온실의 측고를 높이는 것이다. 온실 기둥상승 장치는 멈춤장치, 공압 실린더 및 수직 부재 등으로 구성된다. 공압 실린더는 안전계수 1.5를 고려하여 직경 160mm와 행정길이 50mm로 설계하였으며, 노즐을 통하여 공기의 압력을 제어하였다. 1행정 시간을 30초 내외로 설계하기 위해서는 21.5L·min⁻¹ 공기가 필요한 것으로 나타났다. 따라서 노즐의 직경은 0.5mm로 설계하였다. 압력이 0.9 MPa일 때 평균 인상력은 13,805N으로 계산된 값 15,612N에 근접하였다. 현장 시험결과 같은 열의 기둥과 오차가 발생하지 않았으며, 실제 유리 및 플라스틱 온실에 적용 가능한 것으로 판단되었다.

추가 주제어: 공기노즐, 리모델링, 속도조절, 인상력

사 사

이 논문은 2016학년도 경북대학교 연구년 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

Literature Cited

Haedukeng. Nozzle air injection quantity. 2010. <http://haeduk.greenpen.gethompy.com/gnu> (in Korean).

Jeong, S.W., J.Y. Park., M.R. Huh, and J.C. Park. 2008. Analysis on the Safety Structure under 1-2W Type Greenhouse for Paprika Culture. Protected Horticulture and Plant Factory. 17(1):398-401. (in Korean).

Lee, H.W., S.N. Go., T.W. Kim, and J.W. Lee. 2013. Developed technology for high-temperature elevation and falling prevention. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 55(4):84-93. (in Korean).

Lee, J.H. 2013. Introduction of commercial crop production system and techniques in state-of-the-art greenhouse horticulture. Protected Horticulture and Plant Factory. 18(1):27-29. (in Korean).

Lee, J.S. 2011. An Analysis of Structure Safety of Greenhouse according to Cloumn Lift. MS. Chungbuk National Univ., Cheongju. p. 1-52. (in Korean).

Lee, J.W. 2009. Improvement of Greenhouse Structure. Korean Journal of Horticultural Science & Technology. 27(2):30-30. (in Korean).

Lee, S.G., J.W. Lee, and H.W. Lee. 2003a. Effects of Width, Edge and Side Height of Single-span Vinyl-house on Structural Safety. Protected Horticulture and Plant Factory. 12(1):48-51. (in Korean).

Lee, S.G., H.W. Lee, and J.W. Lee. 2003b. Analysis of Structural Style of One Span Vinyl House by Region and Growing crop. Protected Horticulture and Plant Factory. p.222-

226. (in Korean).
- Lee, S.G., J.W. Lee., C.S. Kwak, and H.W. Lee. 2008. Experimental Study on the Ground Support Conditions of Pipe Ends in Single Span Pipe Greenhouse. *Protected Horticulture and Plant Factory*. p.188-196. (in Korean).
- Nam, S.W. and G.H. Ko. 2013. Analysis of Structural Types and Design Factors for Fruit Tree Greenhouses. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 22(1):27-33. (in Korean).
- Nam, S.W., H.H. Shin., D.U. Seo, and I.H. Yu. 2014. Comparative analysis on environment control systems for glass-houses and plastic houses. *Korean Journal of Agricultural Science*. 41(3):251-258. (in Korean).
- Metal Network Korea Company. 2011. Selection of the pneumatic device for automation and cautions. http://www.metal-net.co.kr/Technical/Mechtornics/MC107_CYL1/Automation-CYL1.html (in Korean).
- Park, J.S., Y.H. Kim., K.K. Seo, and Y.S. Kim. 2011. Desing of Optimum Section for Structural Members of Wide Span-Type and 2-Bay Venlo-Type Glass Green Houses. *Protected Horticulture and Plant Factory*. 20(1):50-57. (in Korean).
- Park, H.M. 2016. The status and advanced direction of facilities horticulture industry. *Korean Society For Horticultural Science*. p.37-37. (in Korean).
- Pisco. Actuation device total preview. 2014. <http://www.pisco.co.kr> (in Korean).
- Raymond A. Serway., John W. Jewett. 2007. *Physics for Scientists and Engineers with Modern physics 7th*. 100p. (in American).