

플라스틱 온실의 피복재 자동세척장치 개발

Development of Automatic Cleaning Equipment on Greenhouse covering with Plastic

이기명* 박규식** 최원환* 남상헌* 안상화* 양희만*
정희원 정희원 정희원 정희원
K.M.Lee K.S.Park W.H.Choi S.H.Nam S.H.Ahn H.M.Yang

1. 서 언

농업구조개선의 일환으로 추진된 시설원예현대화사업으로 1990년의 25,450ha이던 시설원예면적은 1992년부터 급격히 증가하여 1997년 말 47,264ha로 늘어났다. 이 가운데 경질 및 유리 온실은 372ha(0.2%)이고 플라스틱 피복온실이 46,892ha (99.8%)로 거의 대부분을 차지하고 있다.

여기서 피복재로 주로 사용하는 연질 플라스틱 필름인 PE, PVC, EVA 등은 내구연한이 2~5년으로 뛰어나 장기간 사용이 가능하다. 그러나 온실의 피복재는 피복 후 사용기간이 경과함에 따라 피복재의 표면에는 먼지나 이물질이 부착되고 강우만으로는 완전히 제거되지 않아서 점점 쌓이게 되어 비닐의 열화와 함께 광투과율을 저하시키는 주원인이 되고 있다. 이와 같은 광투과율 저하로 지역이나 장소, 그리고 시설의 형태에 따라 차이는 있지만 강도(強度) 면에서는 수년간 사용할 수 있는 비닐 피복재를 대체로 1년간 사용 후 교체하고 있는 실정이다.

정부가 보급하고 있는 파이프 비닐온실의 표준형인 1-2W형의 연동비닐온실은 1, 2층 비닐의 교체비용(자재 및 시공비 포함)이 98년 말 현재 평당 6,000원 정도로 우리나라의 대표적인 경영면적인 1,000평의 온실을 경영하고 있는 농가에서는 매년 600만원의 비용이 지출되어 부담이 되고 있으며, 피복재 교체기간중의 재배중단으로 인한 단경기나 매년 교체되어 발생하는 폐비닐의 처리 등은 점차 농촌의 문제로 대두되고 있다. 또한 비닐의 교체비용에서 뿐만 아니라 비닐의 강도면에서는 계속 사용할 수 있는 자재를 광투과율의 저하로 인한 농산물 품질의 저하나 수확량의 감소를 예상, 교체한다는 것은 전량 수입에 의존하는 자재의 활용성면에서 시급히 대책을 강구해야 할 사안이라고 판단된다.

이와 같은 현실의 시급한 기술 개발의 요구에 부응하여 비닐 피복재를 세척함으로써 광투과율을 회복시킬 수 있는 세척장치를 개발하여 비닐 사용기간의 연장이나 비닐의 내구연한 동안 사용한다면 자원의 절약과 인건비 등 생산비를 절감함과 동시에 품질향상에 기여하게 될 것이다. 또한 지금까지 교체된 폐비닐의 수거가 완전하게 이루어지지 않아 농업환경을 크게 위협하던 폐비닐의 발생을 억제하고, 전량 외국에서 수입해서 사용되는 비닐원자재의 절약을 도모하는 비닐면 세척기술과 세척장치를 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.

* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 구미 1 대학 시설원예과

2. 재료 및 방법

가. 현장 시험

실제 광투과율의 감소정도를 파악하기 위하여 파이프 비닐온실에서 일사량을 직접 측정하였다. 광투과율의 측정은 LUX-METER (DX-100, INS社)를 온실외부의 지면에 고정하여 측정한 조도를 100%로 하였고, 온실 설치 직후의 광투과율은 1-2W형의 파이프 비닐온실내부 지면에 LUX-METER를 고정하고 비닐 피복한 직후 측정한 광투과량으로 하였다. 같은 방법으로 피복 후 10개월 및 32개월 경과한 온실에서 광투과율을 측정하여 비교하였다.

나. 플렉시블 축형 브러쉬 실험장치

온실의 비닐피복면은 골격자재와 밀착하게 되고 연질필름인 비닐을 피복재로 사용하는 대부분의 파이프 비닐온실은 온실의 지붕이 아취형으로 되어있다. 그러나 온실의 폭과 시공 형태에 따라 아취형 서가래의 곡률반경은 일정하지 않으므로 온실 지붕의 피복면을 동시에 세척하면서 온실의 길이 방향으로 진행하기 위해서는 브러쉬의 축이 플렉시블하여 온실의 골격아취에 일정한 압력으로 접촉할 필요가 있다.

그림 1은 플렉시블 축형 브러쉬의 세척 특성을 시험하기 위하여 제작한 기초시험장치이다. 이것은 아취형 파이프 비닐온실의 피복면과 같은 곡률반경을 갖는 시험세척비닐을 부착할 수 있는 프레임 제작하여 주행로울러를 부착하여 적당한 속도로 진행하여 세척기의 진행속도에 따른 세척효과를 분석할 수 있도록 하였고, 가변속도 모터를 브러쉬와 직결하여 브러쉬의 회전속도에 따른 세척 특성을 시험할 수 있도록 하였다.

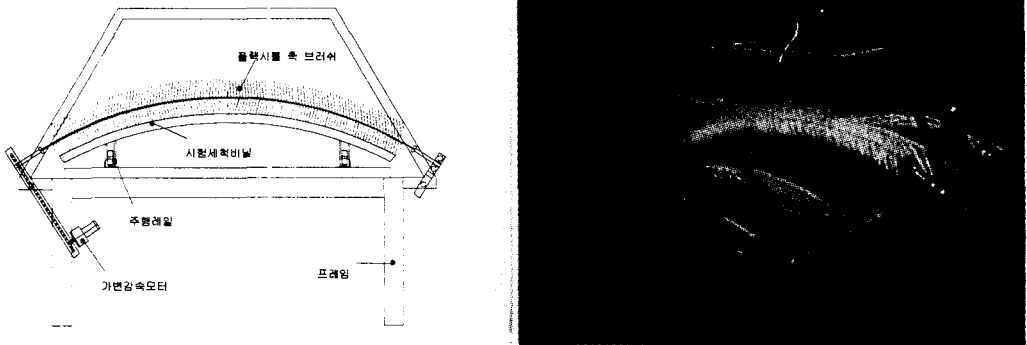


그림 1 플렉시블 축형 브러쉬 방식 피복재 세척 기초시험 장치와 시험 광경

다. 물받이 주행형 세척기

물받이 주행형 세척기는 연동온실에서 온실의 기둥골격 상부에 설치된 물받이를 이용하여 주행하는 방식의 시스템이다. 프레임은 트러스 구조로 제작하고, 지역이나 시공상태에 따라 차이가 있는 온실의 아취부 지붕높이의 변화에 대응할 수 있도록 세척 브러쉬의 높이를 조절할 수 있도록 하였다. 또한 온실폭의 변화에 따라 프레임 중앙 연결부를 조절하여 양 주행부 간의 폭을 조정할 수 있도록 하였다. 주행부는 양측 타이어 차륜을 감속기가 부착된

직류모터로 스프로켓과 체인 전동으로 구동하는 것으로 하였다. 이 때 양측 구동륜을 동기하도록 하여 직진성을 부여하였다. 물받이 주행형 세척기는 온실의 형상이나 온실골격 파이프의 요철에 관계없이 비교적 정형의 물받이를 이용하고 트러스 형태의 프레임으로 구성되었기 때문에 안정된 자주장치의 구성이 가능하다.

라. 서가래 주행형 세척장치

서가래 주행형 세척장치는 연동 및 단동온실에 모두 적용할 수 있는 방식의 시스템이다. 그림에서 보는 바와 같이 온실지붕의 정부인 용마루 부위와 양측 지붕면의 가로대 부위 3곳을 지지하여 온실정부의 궤도바퀴를 구동부로 하고, 양 측면의 바퀴는 직진성 유지 및 시스템의 균형용으로 구성한 방식이다.

연동 파이프비닐온실은 곡부 천창의 상한선이 되는 곡부의 중간부위에 비닐패드를 설치하여 비닐을 고정하므로 이 부위의 패드 재재를 측면 지지점으로 활용하여 조향 가이드로 하여 직진성을 유지하도록 하였다. 또한 온실의 정상부위에 길이방향으로 설치된 가로 보강대를 세척장치 본체의 하중지지와 궤도바퀴 롤러의 중간 홈에 물리게 하여 직진성을 유지하며 주행하도록 하였다.

여기서 온실 지붕의 높이와 폭에 따라 다양한 지붕 곡면을 하게 되고 또한 단동온실에도 적용성이 있도록 하기 위하여 그림에서와 같이 프레임이 양 절곡부를 힌지로 고정하여 각도를 변경시킬 수 있도록 하였다.

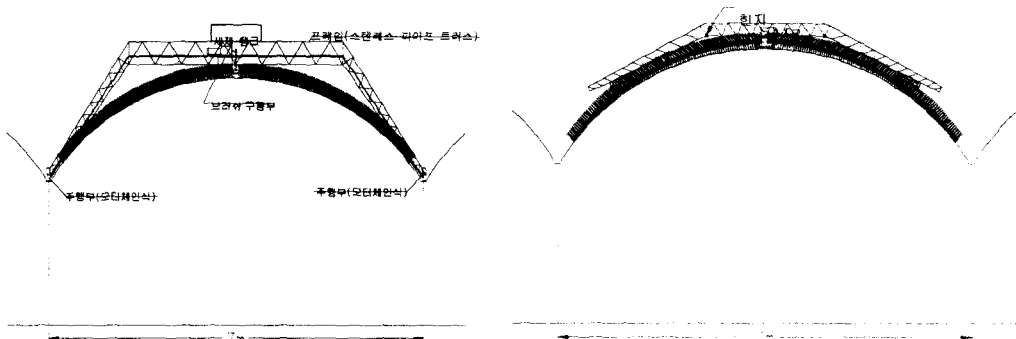


그림 2 물받이 주행형 세척기와 서가래 주행형 세척기

3. 결과 및 고찰

가. 플라스틱 피복재의 사용기간에 따른 광투과율 변화

경북 선산지역의 온실에서 비닐피복 설치 직후와 1년, 3년 사용한 후 온실내에서의 광투과율을 측정된 결과는 표 1과 같다. 설치직후 85%이던 것이 1년 정도 사용한 것은 78% 정도, 3년 정도 사용한 경우는 72% 정도로 광 투과율이 감소된 것으로 조사되었다.

표 1 비닐의 사용기간에 따른 광투과율 변화

구 분	광 투 과 율 (%)			
	시험 1	시험 2	시험 3	평 균
설치 직후	85.31	85.00	83.73	84.68
10 개월 후	80.19	76.18	78.91	78.42
32 개월 후	73.30	71.47	72.35	72.37

※ 시험장소 : 선산, 필름종류 : EVA삼중필름

매년 많은 비용에도 불구하고 비닐을 교체하는 것은 비닐의 광투과율 감소가 온실재배에서 농산물의 품질과 수량에 얼마나 많은 영향을 미치는가를 여실히 나타내주는 것이라고 할 수 있다. 또한 온실내에 작물이 재배되는 중에는 비닐을 교체할 수 없으므로 재배중단이 불가피하여 온실의 주년활용에 지장이 있으며 철거된 비닐은 재생을 위한 수거가 원만히 이루어지지 않기 때문에 농촌에 야적되거나 방치되고 있어 온실밀집지역에서는 새로운 농촌문제로 되고 있는 실정이다.

대부분의 농장진입로나 농로는 비포장이기 때문에 특히 농로주변에 있는 온실의 경우는 육안으로 보아도 먼지의 쌓인 정도가 그렇지 않은 온실과 확실하게 구별이 된다. 이와 같은 흙먼지도 강우와 같은 물만으로는 세척이 되지 않으므로 도로주변의 온실의 경우에는 수시로 세척을 하여 흙먼지를 세척해 줄 필요가 있는 것으로 판단된다.

나. 플렉시블 축형 브러쉬 방식의 세척효과

플렉시블 축형 브러쉬의 세척특성을 파악하기 위한 시험결과는 그림 3, 그림 4와 같다. 그림 3은 세척효과가 높은 플렉시블 축 브러쉬의 적정 회전수를 구명하기 위한 시험으로 플렉시블 축형 브러쉬의 회전속도를 5 단계로 처리하여 세척한 후 광투과율을 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 플렉시블 축의 회전속도 50, 100, 150, 175, 200rpm으로 세척하여 광투과율을 측정된 결과 150rpm에서 가장 높은 세척효과를 나타냈고 그 다음으로 175rpm에서 높게 나타났다.

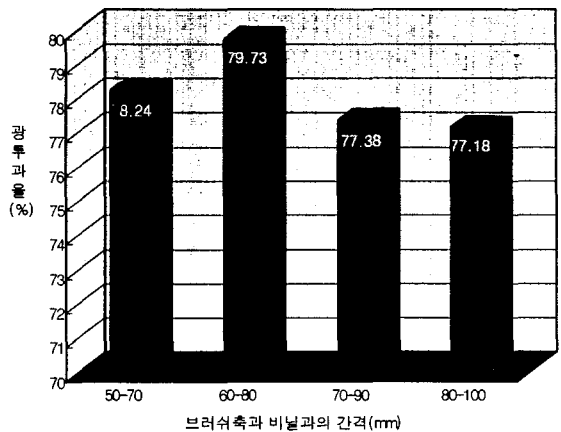
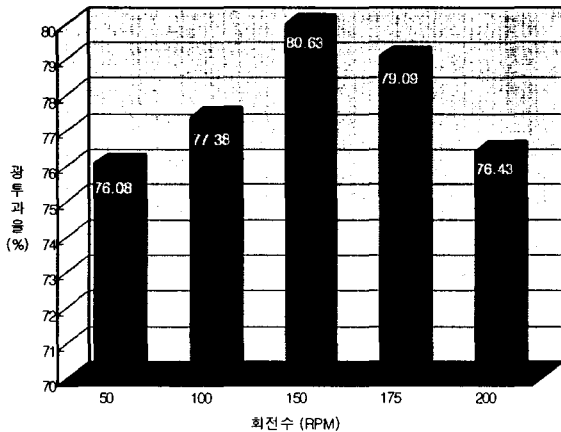


그림 3 브러쉬의 회전속도에 따른 세척 효과

그림 4 축과 비닐 면과의 간격에 따른 세척효과

그림 4는 브러쉬의 PE사가 비닐면을 세척할 때 접촉의 정도를 결정하기 위하여 행한 시험으로 브러쉬 직경이 250mm로 PE사 측으로부터 125mm인 경우에 브러쉬축과 비닐면과의 간격을 4 단계로 처리한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 브러쉬축과 비닐면과의 간격을 50~70, 60~80, 70~90, 80~100mm의 4 단계로 처리하여 세척시험을 하여 광투과율을 비교한 결과 60~80mm가 가장 높게 나타났다. 이것은 브러쉬축과 비닐과의 간격이 브러쉬가 비닐과 접촉하는 면적을 결정하는 요인으로 대체로 접촉면적이 많은 쪽이 세척효과가 좋게 나타났다으며 본 실험에 사용한 브러쉬의 외경은 250mm로 브러쉬의 PE사 길이의 절반정도가 된 상태로 비닐면과 접촉하는 것이 세척효과가 우수하였다.

다. 물받이 주행형 세척장치

1-2W형 파이프 비닐온실은 1동 폭이 7m이고 물받이의 높이인 간고 2.7m, 지붕 정부의 높이인 동고는 4.6m이며, 서가래 파이프의 길이는 8m로서 세척면 길이가 8m에 상당한다.

물받이 주행형 세척장치는 Ø13 스테인레스 파이프를 사용하여 트러스 구조로 제작하였고, 지역이나 시공상태에 따라 높이가 다른 온실에 적용할 수 있도록 높이를 2.5m로 하여 브러쉬의 높이를 조절할 수 있도록 하였다. 양쪽 구동바퀴의 간격은 온실 1동 폭인 7m로 하여 폭 조절이 가능하게 하였고, 진행속도 3.5, 4.5m/min의 2단으로 설정할 수 있도록 하였으며, 브러쉬 회전속도는 130, 150rpm, 전체하중 55kg이었으며, 전원은 12V로 배터리를 이용할 수 있도록 하였다.

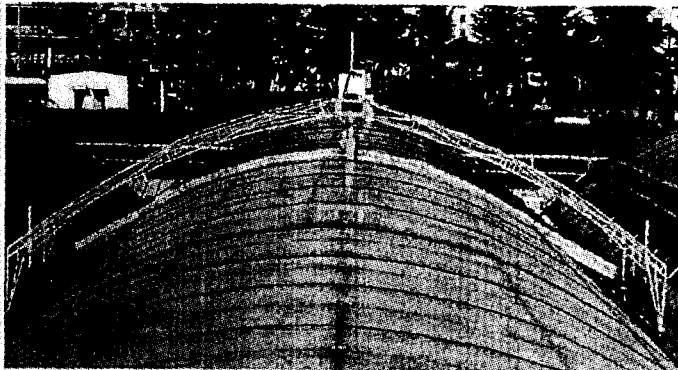


그림 5 물받이 주행형 세척장치

세척 시스템의 슬립율은 6.5m에서의 실제 주행거리를 측정하여 시험한 결과 0.46~1.23%, 평균 0.77%로 물받이 주행형은 거의 슬립이 일어나지 않았으나 물받이에 설치된 비닐밴드 고리에 장애를 받는 경우 주행이 불가능하게 되므로 비닐밴드의 설치위치에 대한 고려나 주행륜의 선택에 주의가 필요하다고 판단되었고, 직진성은 주행속도에 관계없이 양호하였다.

라. 서가래 주행형 세척장치

서가래 주행형은 연동이나 단동의 지붕 서가래 위를 주행하도록 하여 온실의 폭 변화에

신축적으로 적용할 수 있도록 하였고, 서가래의 다양한 곡률반경에 적용하기 위하여 프레임 을 3구분하고 양측부를 힌지로 연결 고정하여 조절할 수 있도록 하였다. 프레임은 $\varnothing 30, 15\text{mm}$ 알루미늄 파이프를 사용하여 제작하였고, 중앙상부에 길이 70cm의 궤도형 구동장치를 앞뒤로 배치하여 동시 전동하고, 그 사이에 10cm의 간격을 두어 설치한 브러쉬 구동부에 좌우 각각의 브러쉬를 엇갈리게 설치하여 미세척부를 최소로 하였다. 세척장치의 구동모터 는 DC 90V-40W 진행속도는 최대 5m/min, 브러쉬 구동모터는 DC 90V-24W 회전속도는 성능 시험을 위하여 0~200rpm의 가변형으로 하였으며, 시스템의 총하중은 65kg이었다.

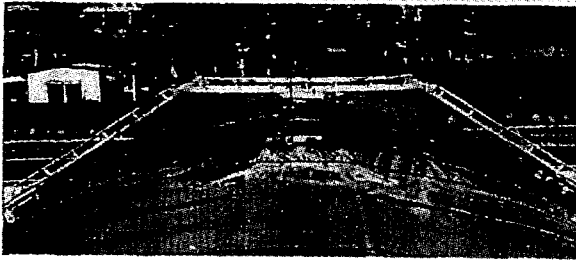


그림 6 서가래 주행형 세척장치



그림 7 단동에서의 적용 예

전후처리 물분사는 모든 농가에서 소유하고 있는 동력분무기를 사용하도록 구성하여 4개 의 분무 노즐을 이용하였고 세척 브러쉬부에 별도의 세제를 분사하였다.

4. 요약 및 결론

비닐온실에 사용하고 있는 비닐은 강도(強度)면에서는 내구년한이 3~5년 정도로 수명이 길어지는 등 품질은 좋아졌으나 비닐은 피복 후 사용기간이 경과함에 따라 먼지나 때가 부착하여 광투과율은 현저하게 감소하기 때문에 거의 매년 교체하고 있는 실정이다.

본 연구는 온실의 피복재를 세척하여 광투과율을 회복시킬 수 있는 기계적 세척 기술 개발을 목적으로 수행되었으며 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 다양한 온실의 폭과 지붕형상에 따른 적용성이 좋은 2개의 궤도륜으로 서가래 위를 주행하는 플렉시블 축 브러쉬형의 세척장치를 개발하였다.
2. 연질 플라스틱 피복재 온실에 적합한 기계세척 메카니즘은 아취형 온실의 피복 비닐 면에 적용성이 좋고 브러쉬의 연장으로 온실 폭에 맞출 수 있는 플렉시블 축형으로 하고, 브러쉬의 구동은 중앙부에 설치한 1대의 구동 모터로서 충분하였다.
3. 먼지가 많은 도로주변의 온실에서는 수시로 비닐 피복면을 세척하여 광투과율을 회복 시킴으로서 농산물의 다수확과 고품질화를 기할 수 있어 농업경영을 개선하는데도 기여할 수 있다.
4. 비닐 교체 비용의 절약으로 실질적으로 농가소득 증대에 이바지할 뿐만 아니라 폐비닐에 의한 농촌 환경의 악화를 감소시키는 효과가 있다.