

“난방비 뚝” 에어로겔 다겹보온커튼으로 한파 걱정 끝!

- 농촌진흥청, 고단열 투습성 ‘에어로겔 다겹보온커튼’ 현장 적용
- 단열성 뛰어나고 과습 환경 개선...기존 보온커튼보다 난방비 15~20% 절감
- 전국 57개 농가 시범 보급 결과, 난방비는 줄고 상품성 크게 향상

농촌진흥청(청장 권재한)은 이상기후로 심해지는 겨울철 한파에 대응해 온실 난방비와 탄소 배출량을 줄이고, 작물 재배 환경을 개선하고자 개발한 ‘에어로겔 다겹보온커튼’을 농가에 시범 보급하고 실용화에 적극 나선다.

비닐온실은 에너지를 투입해 부가가치를 높이기 위한 시설이다. 그러나 겨울철 난방비가 경영비의 20~30%를 차지해 농가 부담이 크다. 최근 이상기후로 인해 겨울철 한파가 자주 발생하고 있어 시설 난방비 절감 기술 개발이 필요하다.

대부분의 시설재배 농가는 화학섬과 폴리에틸렌(PE) 폼 소재로 된 다섯 겹의 보온커튼을 사용하고 있다. 하지만 화학섬은 습기를 흡수하면 보온력이 떨어진다. 또한, 아침에 커튼을 걷을 때 습이 머금고 있던 찬 물방울이 작물에 떨어져 스트레스를 유발하고 생장이 멈추는 순댓이현상을 일으킨다. 폴리에틸렌 폼은 투습도가 낮아 온실 안 습도가 높아지는 문제를 유발한다.

이런 문제를 해결하고자 농촌진흥청은 2018년 고성능 신소재인 에어로겔을 활용한 다겹보온커튼을 개발했다. 에어로겔은 나노 크기의 다공성 구조를 가진 물질로 매우 가볍고 단열성이 우수해 방위산업, 항공 분야 등에서 사용되고 있다.

연구진은 에어로겔을 흡수시킨 부직포를 가운데 두고 위아래로 마트지와 멜트블로운 부직포를 부착해 다섯 겹의 에어로겔 다겹보온커튼을 제작했다.

커튼 재료의 최적 조합과 에어로겔 함량을 밝히기 위한 실험에서 에어로겔 함량이 낮으면 단열성이 떨어지고, 높으면 입자가 묻어나는 것을 확인했다. 또한, 에어로겔 다겹보온커튼을 적용했을 때 똑같이 다섯 겹인 기존 보온커튼보다 난방비가 15~20% 절감됐다. 두께가 얇아 그늘도 덜 발생했다.

농촌진흥청은 2020년 특허를 등록*한 후 기업체에 기술이전 해 실용화 기반을 마련했다. 또한, 2020년부터 2022년까지 신기술보급사업으로 전국 57개 농가에 에어로겔 다겹보온커튼을 보급했다.

* 다겹보온커튼 및 이의 제조방법(10-2167783)

토마토를 1헥타르(ha)에서 재배하려면, 한 달에 많게는 2,500만 원까지 난방비가 든다. 기존 보온커튼을 사용하면 1,150만 원을 절감할 수 있는데, 에어로겔 다겹보온커튼을 사용하면 절감액이 1,375만 원까지 늘어난다. 에어로겔 다겹보온커튼 설치비는 제곱미터(m²)당 1만 4,000원으로 기존 다겹보온커튼(1만 3,000원)보다 약 8% 비싸지만, 난방비 절감 효과가 커 1~2년 만에 추가 비용을 회수할 수 있다.

신기술보급사업 참여 농가 중 1,743m² 면적에 에어로겔 다겹보온커튼을 설치한 양평 딸기 농가와 2,125m² 규모에 설치한 익산 딸기 농가는 기존 다겹보온커튼을 사용했을 때보다 1년 난방비를 400만 원까지 절감할 수 있었다. 아울러 과습 환경이 개선돼 딸기 상품성도 크게 좋아진 것으로 나타났다.

태안의 화훼 농가는 1,324m² 면적에 에어로겔 다겹보온커튼을 설치해 1년 난방비를 620만 원 절약했다. 저온기에는 온실 내 과습 환경이 개선됐으며, 고온기에는 차광커튼으로도 사용할 수 있어 수확량과 상품성이 크게 높아졌다.

한편, 코로나19 유행으로 커튼 소재 중 하나인 멜트블로운 부직포가 마

스크 생산에 우선 투입되면서 원료 수급에 어려움을 겪기도 했으나, 이를 농업용 부직포로 대체하고 에어로겔 함량을 5~8%에서 12%로 늘려 문제를 해결했다. 이를 통해 보온율은 66.7%에서 72.3%로 높아졌다.

농촌진흥청은 올해 농림축산식품부 지원사업 시행 지침 ‘에너지절감 시설 지원 단가표’에 에어로겔 다겹보온커튼이 포함되도록 해 농가 지원이 가능하게 했다. 앞으로 수명이 다한 기존 보온커튼을 교체할 농가들이 에어로겔 다겹보온커튼을 선택하도록 적극적으로 홍보할 계획이다.

농촌진흥청 국립농업과학원 이승돈 원장은 “에어로겔 다겹보온커튼이 농가의 난방비 부담을 줄이고 생산성을 높이는 데 크게 도움이 될 것이다.”라며, “앞으로도 지속 가능한 농업을 위해 다양한 신소재를 이용한 농업용 보온자재를 개발해 보급하겠다.”라고 말했다.

- 붙임 1. 에어로겔 다겹보온커튼 기술 소개
- 2. 에어로겔 다겹보온커튼 설치 농가 우수사례
- 3. 묻고 답하기

담당 부서	국립농업과학원 에너지환경공학과	책임자	과 장	유인호 (063-238-4071)
	담당자		연구사	김형권 (063-238-4079)
				



더 아픈 환자께 양보해 주셔서 감사합니다
가벼운 증상은 동네 병·의원으로



붙임 1 에어로겔 다겹보온커튼 기술 소개

1. 추진 배경

- 농업 부문의 **화석연료 사용축소 및 탄소중립 실현**을 위한 혁신적인 **에너지절감 기술 개발 필요**
 - 국제정세 불안 등으로 인한 **고유가**는 시설농업 경쟁력 확보에 위협 요인
- **온실 난방비가 시설원에 경영비의 20~30%**를 차지하고 있어 **농가경영에 부담**이 되고 있음
- 이상 한파에 따른 농업피해가 빈번히 발생하고 있으며, **온실 보온 및 난방의 필요성**은 꾸준히 증가
 - * 다겹보온 면적: ('20) 10,475ha → ('21) 10,825 → ('22) 12,100
 - * 보온덮개 면적: ('20) 10,208ha → ('21) 10,401 → ('22) 10,261
- 온실의 **보온력을 높이는 것**이 난방비를 줄이기 위한 가장 **근본적인 방법**임
 - 기존 **다겹보온커튼**은 PE폼, 화학솜 등을 다섯 겹으로 조합하여 사용
- 기존 **다겹보온커튼의 단점**
 - (**화학솜**) 수분 유입 및 공기층 감소 등에 따른 보온력 저하. 솜에 흡수된 수분이 물방울 형태로 작물에 떨어져 스트레스 유발 및 순댓이 발생
 - (**PE폼**) 투습도가 매우 낮아 온실 내부 과습 및 곰팡이병 발생



기존 다겹보온커튼 전경

- 온실 **에너지 비용 및 탄소 배출량을 줄이고, 작물 재배환경을 개선**할 수 있는 **고기능성 다겹보온커튼 개발 필요**

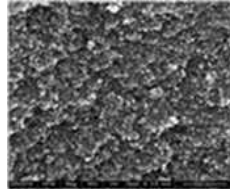
2. 에어로겔 및 부직포 특징

- **에어로겔(aerogel)이란?**
 - (정의) 공기로 된 겔(gel) * 스티븐 키슬러(1931) 개발

- (특징) 분말 형태로 제조되며 그 자체로는 사용이 어려움. 1~50nm 크기의 다공성 입자로 이루어져 있으며, 가볍고 단열성이 매우 우수한 물질
- (활용) 군용, 항공우주, 첨단 선박 분야 등



에어로겔 파우더



에어로겔 전자현미경 사진

○ 에어로겔 다겹보온커튼에 이용되는 부직포

- **멜트블로운 부직포**
 - (제조법) 고온으로 녹인 섬유를 미세한 노즐로 압출하여 제조
 - (용 도) 마스크 및 각종 필터, 보온재 등
- **스펀레이스 부직포**
 - (제조법) 섬유에 고압의 물을 분사해서 제조
 - (용 도) 위생용품(아기 기저귀, 물티슈 등), 화장품 분야(클렌징 제품 등)
- **농업용 부직포(스펀본드)**
 - (제조법) 고온으로 녹인 섬유를 흘려서 적층하여 제조
 - (용 도) 제초 매트, 냉해방지용 보온재 등

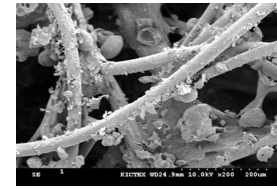
3. 주요 기술 내용

○ 에어로겔(aerogel) 부직포 개발

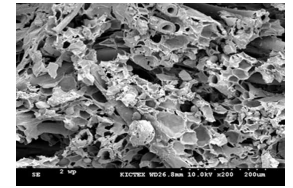
- 에어로겔과 부직포를 복합화한 고기능성 원단 개발
 - ① 부직포 원료를 녹인 후 에어로겔을 투입하여 노즐로 압출하여 제조
 - ② 부직포에 에어로겔을 코팅하여 제조
 - ③ 부직포에 에어로겔이 스며들게 하여 제조(본 커튼의 제조 방법)
- 에어로겔 페이스트(paste) 제조 기술 정립
- 에어로겔 부직포의 에어로겔 함량 구명 → 5~15%
- * 보온성, 가공성 및 경제성 고려



에어로겔 부직포 표면부



표면부 SEM



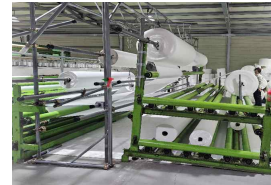
단면부 SEM

○ '에어로겔 다겹보온커튼' 구성

- ① 마트지+ 멜트블로운부직포(40g/m²)+ 에어로겔부직포(스펀레이스40g/m²)+ 멜트블로운부직포(40g/m²)+ 마트지 → 보온율: 66.7%
- ② 마트지+ 농업용부직포(50g/m²)+ 에어로겔부직포(스펀레이스40g/m²)+ 농업용부직포(50g/m²)+ 마트지 → 보온율: 72.3%

○ 보온성능

- 보온율(KS K 0560)은 66.7→72.3%, 투습도(KS K 0594) 37g/m²/h,



에어로겔 다겹보온커튼 제작 전경

○ 특허등록('20.10.13.) : 다겹보온커튼 및 이의 제조방법(10-2167783)

- 2022년 국유특허 유망기술 선정(한국농업기술진흥원)

4. 농가 보급

○ 농촌진흥청 및 지자체 신기술보급사업 추진('20~'22)

- 전국 57개소에 보급, 사업화에 성공



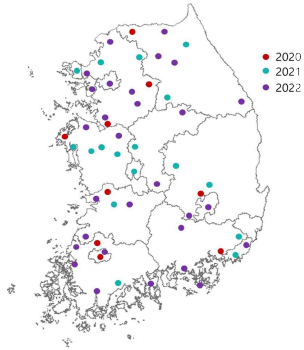
태안(화훼, 2020)



양평(딸기, 2020)



파주(선인장, 2021)



○ 에어로겔 다겹보온커튼 설치 면적('20~'22) : 124,986m²

- ('20) 29,732m² → ('21) 37,638 → ('22) 57,616

○ 농가 현장 기술지원 실시

- (내용) '에어로겔 다겹보온커튼' 설치 및 사용 방법
- (효과) 난방비 절감, 과습 환경 개선, 결로 발생 저감, 잿빛곰팡이병 감소, 작물 품질개선 및 생산성 향상에 기여



양평(2022)

공주(2022)

군위(2022)

○ '시설원에 에너지절감 설비 설치 및 관리 매뉴얼' 작성·배포(2024.10.)

- ①보온커튼 일반사항 ②설치과정(권취식, 수평예인권취식, 수평예인식, 수평 락피니언식) ③설치 시 유의 사항 ④운전·관리 시 점검 사항

○ 농림축산식품부 '2025년 스마트팜 ICT 융복합 확산' 사업에 포함

- 에너지절감시설 지원단가표

설비형식	기준단가	지원내용
다겹보온커튼	수평권취식 13천원/㎡	○ 수분흡수 방지를 위한 코팅 보온재를 포함한 5겹 이상의 보온 재료를 사용한 보온커튼(항온법 기준 보온율 70% 이상) * 단, 저온성 작물 또는 제주도 등 품목별·지역별 특성을 감안하여 3겹 보온커튼으로 대체가 가능할 경우 지지체장이 종합적으로 판단하여 3겹 보온커튼으로 지원 가능(보온율 기준 미적용)
	예인식·외부권취식 11천원/㎡	○ 알루미늄스크린의 겹수를 포함한 5겹 이상의 보온 재료를 사용한 다층 보온커튼(항온법 기준 보온율 55% 이상)
	알루미늄스크린 11천원/㎡	○ 항온법 기준 보온율 42% 이상 제품
	에어로겔보온커튼 14천원/㎡	○ 에어로겔 부직포를 포함한 5겹 이상의 보온 재료를 사용한 다층 보온커튼(항온법 기준 보온율 70% 이상)

5. 파급효과

○ 난방비 절감 효과(농가 사례)

- 양평 딸기농가(1,743m²): 1,000만 원→600만 원(40% 절감)
- 익산 딸기농가(2,125m²): 1,000만 원→600만 원(40% 절감)
- 태안 화훼농가(1,324m²): 1,200만 원→580만 원(52% 절감)

○ 직접 기술편의 합계('22~'31) : 1,427백만원 * 기업기술가치평가사 평가

- (조건) 최대 보급률 14.87%, 할인율 4.5%(예비타당성 수행지침) 적용

○ CO₂ 저감에 따른 효과 * 기업기술가치평가사 평가

- CO₂ 저감량('22~'31): 205,709tCO₂ ⇒ 소나무 14만7천 그루가 매년 흡수하는 양

1. 경기도 양평

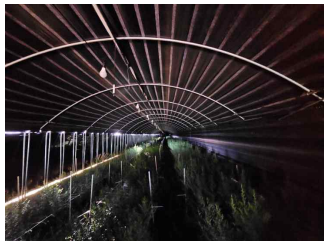
- (현 황) 시설(단동, 1,743m²), 작목(딸기)
- (난방비) 1,000만 원 → 600만 원(40% 절감)
 - * 에어로젤 다겹보온커튼 설치비('20): 4,000만 원
- (의 견) 난방비 절감, 과습 환경 개선 및 결로 감소로 딸기 상품성 크게 개선, 화분매개벌 움직임 활발

2. 전북 익산

- (현 황) 시설(단동, 2,125m²), 작목(딸기)
- (난방비) 1,000만 원 → 600만 원(40% 절감) * 설치비('20): 4,400만 원
- (의 견) 온실 내부기온을 8℃로 안정적으로 유지, 과습 환경 개선으로 잿빛곰팡이병 감소, 버리는 불량과 현저히 줄었음

3. 충남 태안

- (현 황) 시설(단동, 1,324m²), 작목(화훼(안개꽃, 리시안시스 등))
- (난방비) 1,200만 원 → 580만 원(52% 절감) * 설치비('20): 3,400만 원
- (의 견) 2020년 12월 전체 온실에서 냉해 피해 발생, 에어로젤 다겹보온커튼 설치 온실만 냉해 피해 모면
 - * 2020년 12월 태안에서 양식하는 굴이 폐사할 정도의 한파 발생
 - 저온기: 과습 환경 개선으로 수확량, 상품성 크게 개선
 - 고온기: 낮에 차광커튼으로 사용, 강한 햇빛은 줄여주면서 광합성에 필요한 광량은 투과
 - * 기존 다겹보온커튼은 햇빛이 대부분 차단, 광합성 불가능(차광용으로 부적합)



기존 다겹보온커튼



에어로젤 다겹보온커튼

Q1 우리나라 온실 및 다겹보온커튼 설치 면적은?

- 우리나라 시설채소 면적은 2022년 기준으로 52,808헥타르(ha)이며, 이중 다겹보온커튼과 보온덮개 설치 면적은 22,361헥타르에 이릅니다. 최근 기후변화 및 고품질 농산물 생산에 대응하기 위해서도 보온커튼의 설치 면적은 꾸준히 증가할 것으로 예상합니다.

Q2 에어로젤(aerogel)이란?

- 에어로젤(aerogel)은 1~50nm 크기의 다공성 입자로 이루어져 있으며, 가볍고 단열성이 매우 뛰어난 물질입니다. 최근, 군용, 항공우주, 첨단 선박 분야 등에서 주로 사용되고 있습니다.
- 공기로 된 겔(gel)이라는 이름이 말해 주듯 같은 부피의 공기보다 무게가 3배 정도밖에 되지 않아 지구상에 존재하는 가장 가벼운 고체로 알려져 있습니다.
- 이 소재를 사용해서 보온재를 만들면 가벼우면서도 두껍지 않고 물을 흡수하지 않는 특성으로 인해 장기간 사용 시에도 보온성이 유지됩니다.

Q3 개발 초기 '에어로젤 다겹보온커튼'보다 개선된 점은?

- 2020년부터 2022년까지 농촌진흥청·지자체 신기술보급사업을 통해 전국 57개 농가에 보급하여, 난방비 절감과 재배환경 개선 효과를 검증했습니다.
- 코로나19가 유행하는 동안 마스크 소재로 사용되는 '멜트블로운 부직포'를 '농업용 부직포'로 대체해서 수급 문제를 해소했고, 에어로젤 함량을 5~8%에서 12%로 늘려 보온율을 66.7%에서 72.3%로 높였습니다.

Q4 에어로겔 다겹보온커튼은 어떻게 만드나요?

- 먼저 **에어로겔 부직포**를 만듭니다. 에어로겔은 위에서 언급한 장점도 있지만, **소수성과 깨지기 쉬운 약한 강도** 때문에 활용이 매우 어렵습니다.
- 에어로겔 부직포를 개발하는 과정에서 많은 시행착오를 거쳤고, 아래의 3가지 제조 기술을 확립했습니다.
- 에어로겔 부직포는 ① 부직포 원재료를 녹인 후 에어로겔을 투입하여 노즐로 압출하여 제조하거나 ② 부직포에 에어로겔을 코팅하여 제조하거나 ③ 부직포에 에어로겔이 스며들게 하여 제조합니다.
- 에어로겔 다겹보온커튼 생산을 위한 추가적인 장치의 투입은 **요구되지 않습니다**. 기존 다겹보온커튼 생산시설을 이용하여 쉽게 생산할 수 있습니다.

Q5 에어로겔 다겹보온커튼의 조합 구성은?

- 기존 다겹보온커튼과 마찬가지로 **다섯 겹**으로 구성됩니다.
<에어로겔 다겹보온커튼 조합>
 - ① 마트지+ **멜트블로운 부직포(40g/m²)**+ **에어로겔 부직포(스펀레이스 40g/m²)**+ **멜트블로운 부직포(40g/m²)**+ 마트지 → **보온율 66.7%**
 - ② 마트지+ **농업용 부직포(50g/m²)**+ **에어로겔 부직포(스펀레이스 40g/m²)**+ **농업용 부직포(50g/m²)**+ 마트지 → **보온율 72.3%**

Q6 에어로겔 다겹보온커튼의 내구연한과 설치비용은?

- 에어로겔 다겹보온커튼의 내구연한은 농가의 사용조건 및 관리상태에 따라 차이가 날 수 있습니다만, **교체 주기는 7~8년** 정도로 예상합니다.
- 에어로겔 다겹보온커튼의 m²당 설치비는 14,000원, 기존 다겹보온커튼은 13,000원으로, 약 **8%** 비쌉니다. 그러나 절감된 난방비로 1~2년 안에 추가 비용을 회수할 수 있습니다.

Q7 난방비 절감 효과는?

- 자체 실험을 통해서 기존 다겹보온커튼보다 난방비가 **15~20%** 절감

되는 것을 확인하였습니다.

- 1ha에 토마토를 재배하기 위해서는 한 달 난방비가 많게는 2,500만 원 까지 드는데, 기존 보온커튼을 사용하면 1,150만 원, 개발 보온커튼을 사용하면 1,375만 원을 절감할 수 있습니다.
- 신기술보급사업(2020~2022년) 추진 과정에서, 경기도 양평의 한 딸기 농가는 1,743m² 규모의 시설에서 난방비를 이전 대비 **400만 원(40%) 절감**한 바 있습니다.

Q8 난방비 절감, 습도 환경 개선 이외의 장점은?

- 온실 내부온도를 잘 유지할 수 있으며, 이에 따라 화분매개벌의 움직임도 좋아집니다. 고온기에는 차광커튼으로도 활용할 수 있습니다.
- 기존 다겹보온커튼보다 무게가 비교적 가볍고, 두께도 얇습니다. 특히, 에어로겔 다겹보온커튼은 압축에 따른 차이가 거의 없어 길으로 보이는 두께와 실제 두께가 비슷합니다. 따라서 기존 보온커튼보다 **관리가 쉽고 온실 설치 시 그들이 덜 생기는 장점이** 있습니다.

구분		무게(g/m ²)	실제 두께(mm)	겉보기 두께(mm)
에어로겔 다겹보온커튼		515.9	2.8	2.8
기존 다겹보온커튼	P사	635.7	2.8	3.3
	N사	515.8	2.6	2.9
	S사	598.0	3.4	7.7
	U사	459.1	2.2	4.4
	T사	589.0	8.7	28.8

주) 실제 두께(KS K 0506): 섬유 두께 측정기(다이얼 치크니스 게이지)
 겉보기 두께: 버니어 캘리퍼스

Q9 '에어로겔 다겹보온커튼'의 보급 활성화 방안은?

- 다겹보온커튼은 온실 내부기온을 외부기온보다 8~10℃ 정도 높게 유지할 수 있습니다. 농림축산식품부 에너지절감시설 지원사업에서 '다겹보온커튼'과 '자동보온덮개' 두 설비의 비중이 95%를 차지하고 있습니다.
- 농촌진흥청은 올해 **농림축산식품부 지원사업 시행지침 「에너지절감**

시설 지원단가표」에 ‘에어로겔 다겹보온커튼’이 포함되도록 해 농가 지원이 가능하도록 했습니다.

- 또한 보급활성화를 위해 기존 커튼의 수명이 다한 농가에서 이 신소재 보온커튼으로 교체할 수 있도록 적극적으로 홍보할 계획입니다.
- 더불어, 다겹보온커튼의 설치 및 사용 방법에 대하여 지침서를 만들었고, 농가 현장 기술지원을 지속해서 추진하겠습니다.

Q10 에어로겔 다겹보온커튼의 설치 방법은?

- 설치 방법은 기존 다겹보온커튼과 같습니다. 기존 보온커튼에서 사용하는 권취 파이프와 개폐 모터를 그대로 사용할 수 있습니다. 따라서 에어로겔 다겹보온커튼을 농업시설에 이용하기 위한 추가적인 장치는 필요 없습니다.

Q11 에어로겔 다겹보온커튼의 보관 및 폐기 방법은?

- 보관 및 폐기 역시 기존 다겹보온커튼과 같습니다. 보관 시에는 수분이 많은 곳은 피하고, 장기간 사용하지 않을 때는 직사광선이 없는 곳에 보관하는 것이 좋습니다. 또한, 폐기 시에는 수거업체에 의뢰하여 폐기 합니다.

Q12 다른 나라에서도 에어로겔 다겹보온커튼을 개발하여 실용화한 사례가 있는지?

- 에어로겔은 군용, 항공우주, 첨단 선박 분야 등에서 사용되고 있습니다. 그러나 온실 보온재로 실용화된 사례는 없습니다.