

무한궤도방식 연소구조의 석탄온풍난방기의 설계

Design of Caterpillar Type Combustion Coal Hot Air Heater on Greenhouse

이시영* · 김학주 · 남윤일 · 전희 · 염성현 · 강윤임 · 윤남규
농촌진흥청 원예연구소 시설원예시험장

Lee, S.Y.* · Kim, H.J. · Nam, Y.I. · Chun, H. · Yum, S.H. · Kang, Y.I. · Yun, N.K.
Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan 618-800, Korea

서 론

시설재배에서 가온을 위한 난방연료로 95% 이상이 경유를 이용하는데 최근 유류 가격의 급격한 상승으로 시설재배 농가의 연료비 부담이 가중되고 있다. 더욱이 국제정세 불안 등으로 앞으로도 고유가 시대가 지속될 것으로 보여 시설농업의 경쟁력 확보와 농가 소득증대를 위해서는 난방비 절감이 무엇보다도 중요한 과제로 대두되고 있다.

경유를 대체하기 위해 연탄, 석탄, 코크스, 펄타이어, 도시폐기물 등이 사용되고 있으며 그 중 석탄은 국내에서 주로 무연탄과 유연탄을 사용하고 있다. 무연탄은 90% 이상이 연탄으로 가공되어 가정·산업 부문에서 연료로 이용되고 있고 유연탄의 경우 무연탄에 비하여 발열량이 높아 화력발전 및 산업용 연료로 사용되고 있으나 국내 생산이 되지 않아 전량을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

농업용 난방연료로 사용되는 석탄은 열량이 6,500~7,000kcal/kg정도인 무연탄이고 경유나 증유에 비해 취급 및 조작이 용이하지 않은 단점이 있다. 기존의 석탄난방기나 연탄난방기는 주로 데워진 온수를 순환펌프로 압력을 가하여 온실내부에 설치된 배관에 공급하고 방열판을 통해 공기 중으로 열을 공급하는 온수난방 방식으로 사용되고 있으나 난방배관의 설치비용이 많이 소요되고 온수, 방열배관, 공기를 통해 에너지를 전달하게 되므로 열이용 효율이 낮은 단점이 있다. 이에 반해 온풍난방 방식은 난방기로 연소실을 고온으로 상승시키고 순환팬으로 직접 더운 공기를 덕트로 보내어 배기구를 통해 재배 작물 부근으로 공급하게 되므로 열이용 효율이 높고 방열배관을 이용하지 않아 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 가격이 저렴한 석탄을 연료로 이용하면서도 무한궤도 방식의 연소실을 개발하여 온도 조절이 용이한 온풍방식의 난방기를 개발하고자 수행하였다.

재료 및 방법

난방기의 내부 연소실은 무한궤도 방식의 연소판을 강철주물로 제작하여 궤도의 끝단을 지지축과 구동모터(3상, 1마력)가 연결된 구동축으로 연결하여 작동하였다. 연소판과 연소실 온도를 측정하여 제어하기 위해 고온용 열전대(T type)를 사용하였으며, 재

배출을 위해 궤도 구동모터와 체인으로 연결된 스크류를 이용하였다. 일산화탄소에 의한 부식을 줄이기 위해 연소실 및 외부몸체는 스테인레스를 이용하였다.

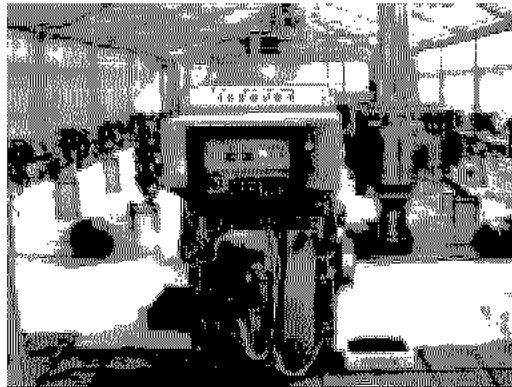


Fig. 1. Picture of caterpillar combustion coal hot air heater

결과 및 고찰

기존의 석탄난방기는 내화벽돌로 만들어진 박스형의 연소실에 스크류방식의 연료공급장치를 통해 석탄을 공급하도록 되어 있는데, 연소실 상부에 미연소 석탄이 쌓여 하부에서 연소되고 있는 석탄의 불씨에 의해 상부의 미연소 석탄에 점화되는 방식이므로, 석탄이 완전히 연소되기 전에 상부에 석탄 연료가 추가 공급되고 난방기의 발열량을 증가시켜 온실 내부의 온도를 높이기 위해서는 연소실 내부에 많은 양이 한꺼번에 연소되어야 하므로 석탄 공급량에 따른 연소실의 온도조절이나 온풍 온도의 조절이 정밀하게 이루어지지 않게 된다. 본 연구에서 개발한 무한궤도연소식 연소실 내부구조는 기존의 내화벽돌로 된 고정식 박스형태를 개선하여 석탄이 무한궤도상에서 연소되면서 서서히 전진 이동함으로써 석탄 투입구에서 떨어져 완전 연소될 때까지 연소실 내부의 온도를 상승시키고 최종적으로 하부 배출구로 낙하하여 재가 스크류식 장치를 통해 외부로 배출될 수 있도록 하는 무한궤도식의 연소실 내부구조를 설계하였다.

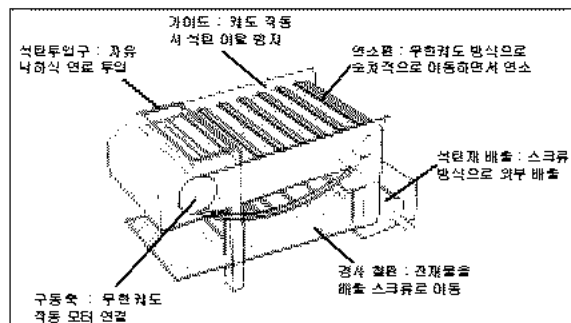


Fig. 2. Caterpillar type combustion plate

무한궤도 연소장치는 궤도의 구성요소를 각각 연결하여 석탄이 전진 이동하면서 연소될 수 있는 회전식의 무한궤도 연소판을 구성하여 연료투입구 하부에 설치된 구동축에 의해 무한궤도를 작동 및 정지시키고 재가 낙하하는 배출구 쪽은 지지용 축을 설치하여 무한궤도가 계속 회전운동을 하도록 구성하였으며, 석탄이 공급되는 연료투입구와 연소 중인 석탄이 전진 이동하면서 무한궤도 연소판 밖으로 이탈하지 않도록 하는 가이드를 몸체로 구성하였다.

기존 석탄난방기의 온도 조절장치는 온실내부에 설치된 온도센서에 의해 석탄공급 장치의 작동여부를 결정하는 단순 제어방식으로서 연소실로 공급되는 석탄량이 일정치 않고 석탄이 적정 발열량을 내기 위한 연소시간을 확보하기 어렵도록 구성되어 있다. 연탄난방기 또한 대량의 연탄을 교체하는 노력이 소요되고 연소시작에서부터 재가 될 때까지의 온도 차이가 크고 연소 지속시간에 따른 제어가 힘들고 연소시간이 길어 작물재배를 위한 시간대별 다단변온 등의 정밀한 온도 제어가 어렵다. 무한궤도 연소식 석탄온풍난방기의 제어는 온실내부 온도센서, 석탄연소부 온도센서, 열교환실 온도센서에 의해 산소공급기, 무한궤도 연소부, 송풍팬 등을 제어하여 자동적으로 난방기가 작동되도록 하였다.

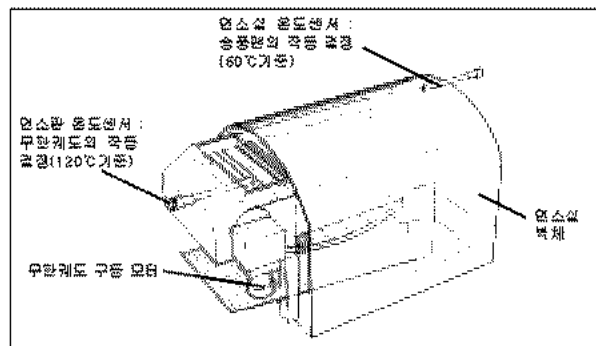


Fig. 3. Disposition of inner temperature sensors

또한 온실내부에 온도센서를 설치해 사용자가 원하는 설정온도를 기준으로 일정수준의 편차를 두어 산소공급기를 작동 및 정지시켜 무한궤도 상에 있는 석탄의 연소 및 소화를 유도하고 석탄 연소부에 고온용 온도센서를 설치하여 일정온도 이상이 되면 무한궤도 구동모터를 작동시켜 연소중인 석탄을 전진시킴으로써 연료 투입구에서 미연소 석탄을 유입시키고 연소 중인 석탄을 재 배출구 방향으로 이동시키면서 체인으로 연결된 스크류식 배출장치를 동시에 작동시키도록 설계하였다. 또한 연소실 상부에 고온용 온도센서를 설치하여 일정온도 이상이 되면 송풍팬을 작동시켜 열교환실을 통해 공기를 송풍구로 불어내어 덕트를 통해 온실내부로 온풍을 공급하도록 하였다.

석탄이 연소될 때는 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화황 등의 유해가스가 발생하게 되는데 토마토나 고추 등 작물체에는 외관상에는 피해가 나타나지 않으나 단일 가스가 아닌 석탄이 연소될 때 발생하는 이산화황, 일산화질소 등의 복합 유해가스에는 작물체에 피해가 발생하게 된다. 또한 이러한 유해가스는 철을 부식시켜 온실 골조에 영향을

줄 수 있으며 인체에도 해롭기 때문에 석탄온풍난방기의 외부는 유해가스에 의한 부식을 방지하기 위해 스테인레스 재질로 구성하였다. 석탄투입구는 100kg용량으로 설계하여 석탄을 1회 투입하여 1~2일정도 사용할 수 있도록 하였고 연통과 연결하여 연소가스와 분진을 배출할 수 있는 사이클론, 무한계도 연소실과 석탄재 배출 스크류를 작동시키는 구동모터, 석탄 연소에 필요한 산소를 공급하는 블로어, 온실 내부에 온풍을 공급하는 송풍팬 및 송풍구 등으로 구성하였다.

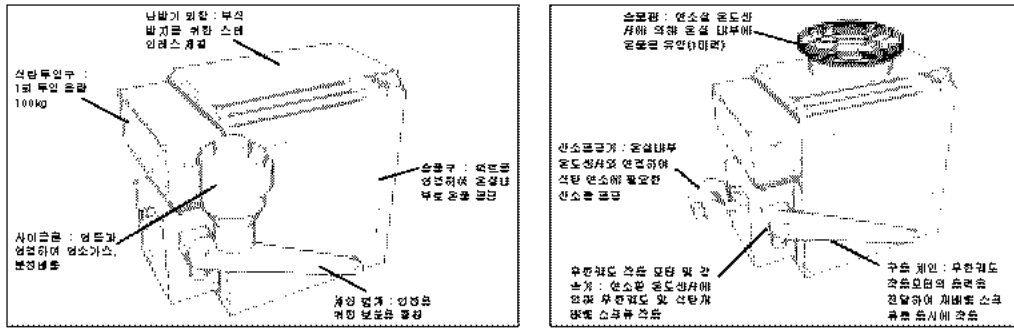


Fig. 4. Exterior view of coal hot air heater

요약 및 결론

기존 석탄난방기의 연소방식과는 달리 석탄이 무한계도상에서 이동 연소되면서 연소실 내부의 온도를 상승시키고 낙하하여 재가 외부로 배출될 수 있도록 고안한 무한계도 연소실 내부구조와 온실내부 온도센서, 석탄연소부 온도센서, 열교환실 온도센서에 의해 산소공급기, 무한계도 연소부, 송풍팬 등을 제어하여 자동적으로 난방기가 작동되도록 하였으며, 난방이 필요 없는 시간대에는 불씨유지 기능에 의해 연료소모를 최소화하고 재가동시 다시 점화할 필요 없이 지속적으로 난방을 할 수 있도록 제어장치를 구성하여 기존 석탄 및 연탄난방기 사용의 불편함을 개선하였으며 운전조작이 쉽고 경유온풍기 수준으로 온도를 정밀하게 조절할 수 있는 석탄온풍난방기를 설계하였다.

참고문헌

1. 김영중. 1998. 온풍난방기에 관한 연구. 농업기계화시험연구보고서. 1999:182 190
2. 김현환. 2001. 코크스 난방기를 활용한 시설원에 난방비 절감 연구. 원예시험연구보고서. 2001:1092 1097.
3. Barrington S. 2001. A strategy for greenhouse climate control. JAER. 79(1):99 105
4. Pian CCP. 2001. Development of a high temperature air blown gasification system. Bioresource Technology. 79(3):231 241.
5. Teitel M. 1999. A comparison between pipe and air heating methods for greenhouses. JAER. 72(3):259 273.