

곡물냉각기를 이용한 철제 원형빈에서 벼 냉각

김의웅, 김동철[†]
한국식품개발연구원

Field Cooling Tests of Paddy Stored in Steel Bins with a Grain Cooler

Oui-Woung Kim, Dong-Chul Kim[†]
Korea Food Research Institute, Sunghnam 463-420, Korea

Abstract

Two field cooling tests were conducted to evaluate the cooling characteristic of paddy with a prototype grain cooler. The first test was carried out during summer season in a steel bin with 180.3ton of paddy at Suncheon. And the second test was carried out during harvesting season in a steel bin with 272.2ton of paddy at Ulsan. At the first test, initial paddy temperature of 23.6°C was dropped to 14°C, and initial moisture content of 19.9% was dropped to 19.3% after 52.5 hours of cooling. At the second test, initial paddy temperature of 16.1°C dropped to 5.5°C after 78.0 hours of cooling. And, at the first test, the average air flow rates of chilled air leaving the grain cooler and penetrating the grain layer were 77.5 m³/min and 42.5 m³/min, respectively. To prevent leakage of chilled air from plenum chamber of steel bin, which was about 45% of the average air flow rates of chilled air leaving the grain cooler, a proper method was required. The average total power consumption at the first test during summer was 22.1 kW with control of fan damper. At the second test, it was 17.4 kW due to controlling the capacity of compressor with unloading solenoid valve and changing the flow rates of hot refrigerant gas flowing into evaporator and reheater from compressor, resulting in 27% reduction of energy consumption.

Key words : paddy, grain cooler, field cooling test, energy consumption

서 론

곡물냉각기(grain cooler)를 사용하여 곡물을 냉각저장하는 목적은 나라마다 다소 다르다. 유럽 및 미국에서는 건조기간을 연장하여 건조시설의 능력을 향상시키고, 건조비용을 감소시키며, 수출가능한 함수율로 안전하게 저장하기 위해서 주로 사용하고 있다. 또한, 천일건조가 주된 건조방법인 동남아 및 아프리카에서는 곡온을 낮춰 안전하게 저장하기 위해서 냉각저장하고 있다(1).

곡물냉각기를 이용하여 밀, 콩, 옥수수, 유채씨앗 등의 곡물에 대한 냉각실험을 실시한 연구보고는 대단히 많으며(2), 벼의 냉각저장에 대해서도 일부 보고되고 있다. Clapers(3)는 스페인에서 함수율 16%(wet basis), 초기곡온 25°C의 벼 6,000톤을 높이 32 m의 저장빈에서 7~8°C로 냉각하는데 120시간이 소요되었고, 2개월 후 상부 1m지점의 곡온이 15°C에 도달하였는데, 완전미수율이 20%정도 높았으며 황변

미도 발견되지 않았다고 보고하였다. Torres(4)는 스페인에서는 사일로에 저장되는 벼의 1/3, 평창고에 보관된 벼의 2/3는 냉각저장되고 있으며, 약 325,000톤 정도에 달한다고 보고하였다. Finassi(5)는 이탈리아에서 14~15%의 벼를 늦가을에 10°C로 한번 냉각하여 6~8개월동안 안전하게 저장하였다고 보고하였다. 또한, Baldo(6)는 건조직후 곡온이 약 30°C에 달하는 벼를 곡물냉각기를 이용하여 10~12°C까지 냉각할 때 함수율은 16.8%에서 15.4%로 감소하였으며, 함수율 15~16%의 벼를 산패없이 저장할 수 있다고 보고하였다. 그러나, 이와 같은 냉각실험결과는 곡물냉각기의 종류, 저장시설과 기후의 차이에 따라 달라지게 된다.

우리나라도 물벼의 산물 수매체제로 전환됨에 따라 RPC(미곡종합처리장, Rice Processing Complex)에서는 짧은 기간에 대량의 물벼가 반입되고 있으나 건조능력이 부족하며, 부족한 건조능력을 증대할 방안이 요구되고 있으며, 식미가 우수한 함수율 15.5~16.5%로 벼를 저장하기 위한 냉각저장이 필요한 실정이다. 그러나 RPC에서 곡물냉각기를 이용하여 건조능력과 품질향상을 도모하기 위해서 우선적으로 벼의 냉각특성, 소요에너지 특성 등에 대한 자료가 필요하

[†] Corresponding author. E-mail : krpck@kfri.re.kr, Phone : 82-31-780-9170, Fax : 82-31-780-9059

다. 이와 관련하여 국내의 기후여건과 수확후 관리체계에 적합한 곡물냉각기가 개발되었지만(8), 우리나라 기후와 저장시설에 여건에 맞는 현지 적용실험 결과에 대해 보고된 예는 전무한 실정이다.

본 연구는 곡물냉각기를 이용하여 벼의 냉각실험을 실시하여 벼의 냉각특성과 에너지 특성을 구명하고, 곡물냉각기의 적용성을 검토하여 효과적인 활용방안을 정립하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

재 료

200톤 및 300톤의 철제 원형빈에 저장된 벼를 대상으로 냉각실험을 2회 실시하였다. 1차 냉각실험은 하절기인 8월에 전남 순천시 해룡농협RPC에서 200톤 원형빈에 저장된 벼를 대상으로 실시하였으며, 2차 냉각실험은 수확기인 10월 말에 울산시 농소농협RPC에서 300톤 원형빈에 저장된 벼를 대상으로 실시하였다.

1차 냉각실험에 사용된 시료는 오대, 복강, 운봉, 신운봉 등 조생종의 혼합벼로서, 연속식건조기에서 1차 건조된 후 탬퍼링과정을 거친 후 원형빈으로 이송하여 공시하였으며, 냉각전 벼의 함수율은 평균 19.9%이었다. 2차 냉각실험에 사용된 시료는 동진, 화영, 영남 등 중만생종의 혼합벼로서, 콘크리트 사각빈에서 상온통풍건조중인 벼를 원형빈으로 이송하여 공시하였으며, 냉각전 벼의 함수율은 평균 19.2%이었다.

실험장치

1차 냉각실험에 사용한 원형빈은 직경 6.23 m, 최대퇴적고는 12.65 m, 호퍼각이 20°인 200 톤 규모의 호퍼식 원형철제 빈으로서, 0.05 m 두께의 우레탄 폼으로 단열처리되었다. 원형빈내의 건조 및 배출을 위하여 송풍기가 덕트로 연결되어 있었으며, 공기충만실에서 다공판을 통하여 송풍되는 구조로서 덕트와는 댐퍼로 연결되어 있었다. 벼의 퇴적높이는 원형빈 하부 배출구로부터 평균 10 m로서, 퇴적된 벼의 체적은 305.0 m³, 호퍼스케일로 측정된 시료량은 180.3 톤이었다.

2차 냉각실험에 사용한 원형빈은 직경 6.23 m, 최대퇴적고는 18.38 m, 호퍼각이 30°인 300 톤 규모의 호퍼형 원통철제 빈으로서 단열되어 있지 않았다. 덕트 및 다공판은 1차 냉각실험에 사용한 원형빈과 동일하였다. 벼의 퇴적높이는 평균 18.0 m로서 퇴적된 벼의 체적은 486.1 m³, 호퍼스케일로 측정된 시료량은 272.2 톤이었다.

냉각실험에는 1일 최대 200 톤을 냉각할 수 있는 국내에서 개발된 곡물냉각기(8)를 사용하였다.

1차 냉각실험에서는 원형 철제빈 공기충만실의 2중 점검문의 외문을 제거한 다음 내문을 타공하여 직경 0.35 m의 덕트를 플렌지형으로 연결하였다. 당시 증설 공사중으로 곡물냉각기의 설치여건이 좋지 않아 곡물냉각기와 원형빈의 공기충만실의 연결은 플렉시블 덕트, 스파이럴 덕트 및 플로노즐을사용하였다. 덕트길이는 플렉시블 덕트가 6.2 m, 스파이럴덕트가 6.0 m, 플로노즐이 5.5 m로서 총 17.7 m였으며, 단열은 실시하지 않았다.

2차 냉각실험에는 원형빈 공기충만실의 점검문을 타공하여 직경 0.35 m의 덕트를 플렌지형으로 연결하였으며, 곡물냉각기 설치여건이 양호하여 길이 4 m의 플렉시블 덕트만으로 연결하였으며, 1차 냉각실험과 동일하게 단열하지 않았다.

실험방법

원형빈의 상부 만량스위치가 작동할 때까지 시료를 퇴적한 다음 곡물냉각기를 가동하여 냉각실험을 실시하였다.

1차 냉각실험에서 냉각공기온도는 8°C로 설정하였으며, 냉각실험은 최상층의 곡은이 공기충만실의 냉각공기온도보다 약 2°C가 높은 온도일 때 종료하였다. 2차 냉각실험은 냉각공기온도를 5.5°C로 설정하였고, 냉각실험은 최상층의 곡은이 공기충만실의 냉각공기온도보다 낮아질 때까지 실시하였다.

1, 2차 냉각실험에서 곡은은 원형빈 중앙부위에 설치되어 있는 IC센서를 이용하여 측정하였으며, 측정치는 곡은관리 시스템을 이용하여 수집하였다. 센서는 1차 냉각실험에 사용한 원형빈에는 하부 2.15 m지점부터 1.7 m간격으로 6지점, 2차 냉각실험에 사용한 원형빈에는 하부 2.0 m지점부터 1.9 m간격으로 8지점에 설치하였다.

1차 냉각실험에서는 곡물냉각기에서 냉각된 냉각공기량은 연결덕트에 설치한 직경 0.35 m의 플로노즐로 측정하였으며, 플로노즐은 한국공업규격(KS A 0612)(9)에 준하여 설치하였다. 플로노즐 전·후의 정압은 차압전송기(C264, Setra, USA)로 측정하였다. 또한, 공기충만실의 댐퍼와 점검문 등에서의 냉각공기 누설을 감안하여 실제 곡물층을 통과하는 송풍량을 예측하기 위하여 공기충만실 점검문에 직경 0.009 m의 측정공을 타공하여 공기충만실의 정압을 차압전송기(C264, Setra, USA)로 측정하였다.

2차 냉각실험에서는 1차 냉각실험결과를 토대로 플로노즐을 설치하지 않았으며, 곡물층을 통과한 송풍량을 예측하기 위하여 1차 냉각실험과 동일하게 공기충만실의 정압을 측정하였다.

외기온도, 곡물냉각기의 출구공기온도, 응축 및 증발온도, 원형빈 공기충만실의 냉각공기온도는 열전대(k-type)를 사용하여 측정하였다. 외기, 곡물냉각기 출구 및 공기충만실의 상대습도는 상대습도 전송기(HD8607, USA)로 측정하였으며,

측정치는 자료수집장치(Datascan, 7327, U.K.)로 기록하였다. 또한, 곡물냉각기 소요동력은 직산전력계를 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

곡온 및 함수율 변화

Fig. 1, Fig. 2는 각각 1, 2차 냉각실험에서 벼의 곡온 변화를 나타낸 것이다. 1차 냉각실험에서 초기곡온은 최대 27.2°C, 최저 21.8°C로 원형빈 상부의 곡온이 하부의 곡온보다 높았으며, 평균곡온은 23.6°C였다. 이와 같이 곡온의 차이가 발생한 것은 원형빈 하부에 투입한 벼는 연속식건조기에서 1차 건조 및 템퍼링 과정을 거친 후 사각빈에서 상온통풍되었던 반면, 원형빈 상부에 투입된 벼는 템퍼링빈에서 템퍼링중에 바로 원형빈으로 이송되었기 때문이었다. 초기 평균 곡온 23.6°C인 벼는 50시간 냉각된 후 상층부의 곡온은 공기충만실의 냉각공기온도 12.9°C보다 약 2°C정도 높은 14.8°C를 나타냈으며, 52.5시간 경과후 상층부 곡온이 14°C까지 냉각되었다. 냉각된 벼의 곡온은 최저 11°C정도로서 냉각공기온도 12.9°C에 비해 약 1.9°C 낮게 냉각되었는데, 이는 냉각과정중 벼로부터의 수분의 증발에 의한 영향으로 판단되었다. 한편, 냉각된 벼는 사각빈으로 이송하였으며, 호퍼스케일에서 측정된 평균 함수율은 19.3%로 냉각을 통해 약 0.6% 정도의 함수율이 감소된 것으로 나타났다.

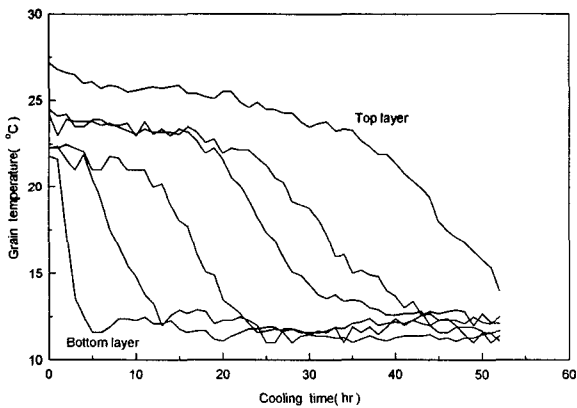


Fig. 1. Temperature profiles of paddy at six depths in the steel bin during the first cooling test.

2차 냉각실험에서 초기곡온은 최대 18.8°C, 최저 14.7°C로서 원형빈 중간부위의 벼가 비교적 높은 곡온을 나타냈으며, 평균곡온은 16.1°C였다. 상층부의 곡온이 공기충만실의 냉각공기온도 7.6°C보다 약 2°C정도 높게 나타나는 것은 냉

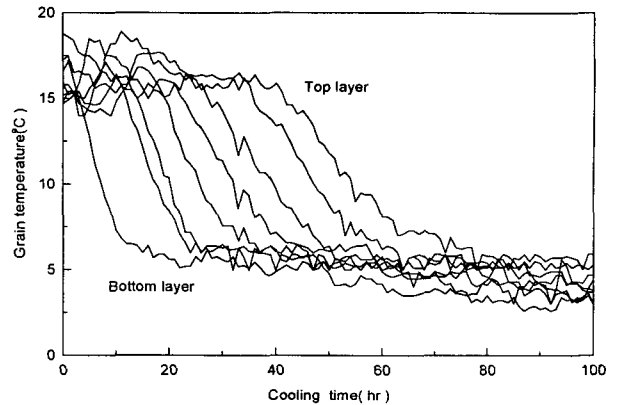


Fig. 2. Temperature profiles of paddy at eight depths in the steel bin during the second cooling test.

각시작 후 59시간이 경과한 이후부터였으며, 상층부 곡온이 7.6°C까지 냉각되는데는 62시간, 설정온도 5.5°C까지 냉각되는데는 78시간이 소요되었다. 냉각된 벼의 곡온은 최저 3.0°C정도로서 냉각공기온도 7.6°C에 비해 약 4.6°C가 낮게 냉각되었다. 이는 건조에 의한 증발잠열의 영향으로 판단되었다.

냉각공기 온도 및 상대습도 변화

Fig. 3, Fig. 4는 1차 냉각실험에서 외기, 곡물냉각기출구 및 원형빈 공기충만실 공기온도 및 상대습도를 나타낸 것이다. 실험기간중 외기온도는 최고 33.5°C, 최저 18.1°C로 최대 온도차는 15.4°C였으며, 평균온도는 24.9°C를 나타냈다. 한편, 외기의 상대습도는 최고 95%, 최저 30%로 최대 상대습도차는 65%이었으며, 평균 상대습도는 약 77%였다. 야간의 상대습도는 90~95%수준을 나타냈으며, 실험기간중 약 5시간 동안 강우가 있었으나 상대습도는 비가 오지 않는 날의 야간 상대습도와 거의 비슷한 96%수준을 나타냈다.

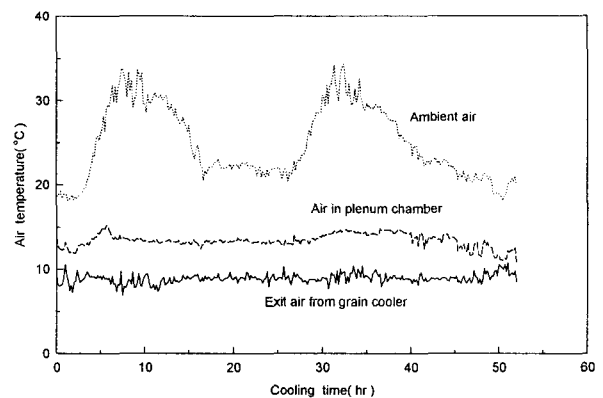


Fig. 3. Temperature changes of the ambient air, air in plenum chamber and exit air from grain cooler air during the first cooling test.

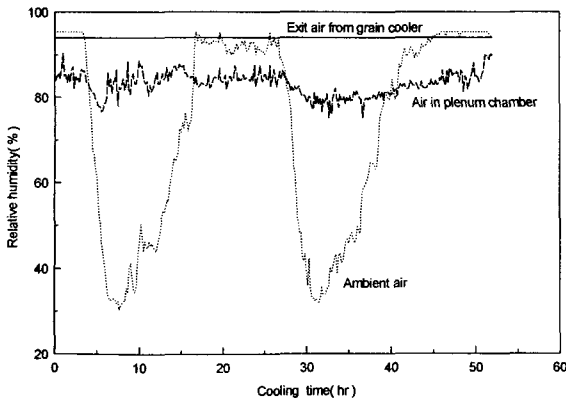


Fig. 4. Relative humidity changes of the ambient air, air in plenum chamber and exit air from grain cooler air during the first cooling test.

곡물냉각기를 통과한 냉각공기의 평균온도는 8.0℃로 설정 온도인 8.0℃와 동일하였으며, 이 때 표준편차는 0.48℃를 나타냈다. 또한, 냉각공기의 상대습도는 94%로 일정하게 유지되었으며, 이는 냉각코일에서의 상대습도가 약 95%을 나타낸다는 제 6장의 결과와 거의 일치하였다. 또한, 원형빈의 공기충만실에서 측정된 냉각공기의 평균온도 및 상대습도는 12.9℃, 73%정도를 나타냈다. 곡물냉각기에서 토출되는 냉각 공기온도 8.0℃에 비해 공기충만실에서 공기온도는 약 4.9℃ 높게 나타났다. 이는 길이 17.7m의 단열되지 않은 덕트를 통과하면서 외부로의 열손실에 기인한 것으로 판단되었다.

Fig. 5, Fig. 6은 2차 냉각실험에서 외기, 곡물냉각기출구 및 원형빈 공기충만실 냉각공기의 온도 및 상대습도를 나타낸 것이다. 실험기간중 외기온도는 최고 23.7℃, 최저 1.6℃로 최대온도차는 22.1℃이었으며, 평균온도는 13.2℃를 나타냈다. 한편, 외기의 상대습도는 최고 96%, 최저 32%로 평균 상대습도는 70.3%였으며, 곡물냉각기 출구공기의 상대습도는 최고 94%, 최저 42%, 평균 82%를 나타냈다.

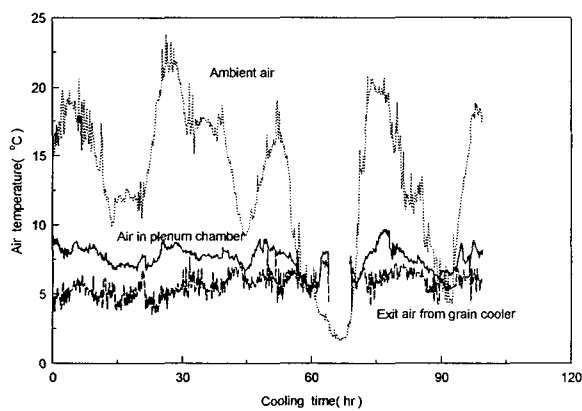


Fig. 5. Temperature changes of the ambient air, air in plenum chamber and exit air from grain cooler air during the second cooling test.

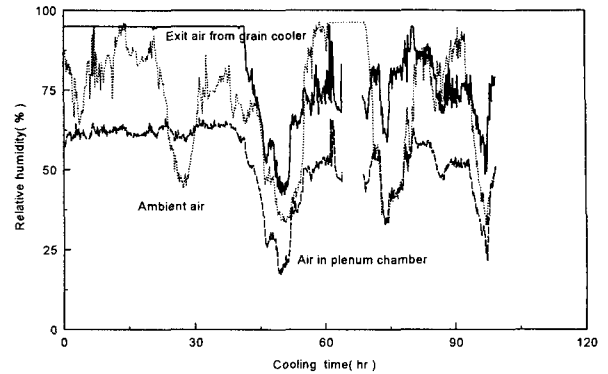


Fig. 6. Relative humidity changes of the ambient air, air in plenum chamber and exit air from grain cooler air during the second cooling test.

실험기간 동안 외기조건은 변화가 대단히 심하였으며, 실험시작 60시간경에는 강우와 함께 외기온도가 최저 1.6℃까지 저하하였다. 외기온도가 설정온도(5.5℃)보다 2℃이상 낮아진 가동시간 64.2~68.7시간경에는 곡물냉각기가 정지하였으며, 외기 온도가 3.5℃이상인 68.7시간부터는 다시 가동되었다. 한편, 곡물냉각기출구 공기의 평균온도는 5.7℃, 표준편차 0.84℃로 1차 냉각실험의 온도편차 ±0.48℃보다 편차가 크게 나타났다. 이는 실험기간중 외기조건이 변화가 심하였으며, 낮은 외기로 인해 평균적으로 냉각부하가 적어 압축기의 무부하전자변, 재열기 및 증발기로의 고온고압가스 공급 및 응축기 송풍기의 제어가 이루어진데 그 원인이 있는 것으로 판단되었다.

송풍량

1차 냉각실험에서 냉각기간중 곡물냉각기 출구에 설치한 플로노즐로 측정된 최대송풍량은 92.0 m³/min, 최소송풍량은 55.4 m³/min이었고, 평균송풍량은 77.5 m³/min로서 설계송풍량 120 m³/min보다 낮게 나타났다. 이것은 외기온도가 높아 냉각부하가 증가하여 송풍기의 댐퍼로 송풍량을 조절하였기 때문이었다. 한편, 냉각기간중 원형빈 공기충만실의 최대정압은 86 mmAq, 최소정압은 31 mmAq, 평균정압은 55 mmAq로 나타났다. 곡물층의 공기저항 측정치를 이용하여 식 (1)로 송풍량을 계산한 결과, 송풍량은 최대 60.4 m³/min, 최소 27.1 m³/min이었으며, 평균 송풍량은 약 42.5 m³/min이었다. 이 값은 곡물냉각기 출구에서 측정된 냉각공기의 송풍량 77.5 m³/min과는 큰 차이를 나타냈다. 이와 같이 곡물냉각기 출구에서 측정된 송풍량과, 원형빈 공기충만실의 정압을 이용하여 계산한 송풍량과 차이가 발생한 것은 원형빈의 공기충만실에 설치되어 있던 댐퍼와 점검문 등을 통한 냉각공기의 누설에 기인한 것으로 판단되었다. 따라서, 냉각공기의 누설이 약 45%정도에 달하는 것을 감안할 때 공기충만실에서 냉각공기의 누설을 막는다면 냉각소요시간은 현저하게

단축될 것으로 판단되었으며, 냉각공기의 손실을 방지할 수 있는 방안이 필요한 것으로 판단되었다. 한편, 곡물냉각기에 서 냉각된 공기량은 냉각소요기간 중 244,755 m³이었으며, 곡물층을 통과한 송풍량은 133,875 m³으로서 곡물체적 305 m³의 각각 802배 및 439배 정도에 달하였다.

$$\Delta P = 653.54 \times v^{1.2727} \times (H + 0.1) \dots\dots\dots(1)$$

여기서 ΔP : 송풍저항 (mmAq)

v : 벼층 통과공기의 겉보기풍속 (m³/sec/m²)

H : 벼 퇴적높이 (m)

2차 냉각실험에서는 플로노즐을 설치하지 않았으며, 공기층만실에서의 정압을 측정하여 식 (1)로 곡물층을 통과한 냉각공기량을 예측하였다. 그 결과, 공기층만실의 평균정압은 149 mmAq였으며, 송풍량은 약 58.8 m³/min로서 1차 냉각실험에서 곡물층을 통과한 송풍량 42.5 m³/min보다는 약 38% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 설계송풍량보다는 적은 송풍량으로, 이는 공기층만실에서의 냉각공기 누설과, 곡물의 퇴적높이의 증가에 따른 공기저항에 원인이 있는 것으로 판단되었다. 한편, 벼의 곡온이 설정온도인 5.5℃까지 냉각되는데 78시간이 소요되었으며, 이 기간중 4.5시간동안 곡물냉각기가 가동되지 않았으므로 73.5시간동안의 냉각공기량은 259,308 m³이었다. 이 송풍량은 곡물체적 486.1 m³의 약 533배 정도로 공기의 분포가 균일할 때, 곡물의 온도를 곡물층을 통과하는 공기온도까지 냉각시키는데 필요한 공기의 양은 곡물 체적의 600~750배정도가 소요된다는 Sauer(2)의 보고와 유사한 결과를 나타냈다.

소요전력량 및 냉각능력

곡물냉각기의 설계소요전력은 압축기 11.0kW, 송풍기 7.5kW, 응축기 송풍기 2.2kW, 전자변 및 송풍기댐퍼, 각종 동작지시램프 등 0.5kW로서 총 21.2kW였다(8).

1차 냉각실험에서 소요전력은 22.1kW였으며, 52.5시간동안 소요전력량은 1,160.5 kWh이었다. 이 결과는 Kim 등(8)이 보고한 공방실험에서 송풍기 댐퍼만이 제어될 때의 소요전력 22.8kW와 유사하였다. 곡물 1톤당 냉각에 필요한 소요전력량은 6.4 kWh/ton이었다.

2차 냉각실험에서는 곡물냉각기가 정지한 4.5시간을 제외한 95.5시간동안 소요전력량은 1,663.5 kWh, 소요전력은 17.4kW였다. 이는 Kim 등(8)이 보고한 압축기의 무부하전자변이 작동하고, 재열기가 제어될 때의 소비전력 17.4kW와 동일한 결과를 나타냈다. 따라서 댐퍼만이 제어될 때 소비전력 22.1kW에 비해 약 27% 정도의 에너지가 절감된 것으로 나타났다. 곡물 1톤당 냉각에 필요한 소요전력량은 6.1 kWh/ton으로서 1차 냉각실험의 결과와 유사하게 나타났다.

한편, 1차 냉각실험에서 외기조건과 냉각공기의 열물성치로부터 단위시간당 냉각능력을 구한 결과 51,497 kcal/hr로 나타났다. 이 때 응축 및 증발온도는 43℃ 및 7℃로서, 압축기 제조회사의 상용적인 프로그램(VAP 6.1, BOCK Co., Germany)을 이용하여 동일조건에서 구한 이론적인 냉각능력 50,439 kcal/hr에 비해 약 3%정도 높은 값을 나타냈다. 또한, 냉각과정중 외기공기로부터의 제습량은 시간당 44.6kg이었으며, 냉각기간중 총제습량은 약 2,341kg에 달하였다.

요 약

곡물냉각기를 이용하여 벼의 냉각특성을 구명하기 위하여 RPC의 원형빈에서 2회의 냉각실험을 실시하였다. 1차 냉각실험은 하절기에 200톤 규모의 원형빈에서, 2차 냉각실험은 수확기에 300톤 규모의 원형빈에 저장된 벼를 대상으로 실시하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1차 냉각실험에서 초기곡온은 23.6℃, 함수율 19.3%인 벼 180.3톤을 14℃까지 냉각시키는데 52.5시간이 소요되었으며, 냉각을 통해 함수율은 약 0.6% 감소하였다. 또한, 2차 냉각실험에서 초기곡온 16.1℃, 함수율 19.2%인 벼 272.2톤을 5.5℃까지 냉각시키는데 78.0시간이 소요되었다. 1, 2차 냉각실험에서 냉각공기온도를 각각 8.0, 5.5℃로 설정하였을 때, 곡물냉각기출구의 냉각공기온도는 각각 8.0±0.48℃, 5.7±0.84℃로서 정밀하게 제어되고 있음을 알 수 있었으며, 2차 냉각실험에서의 온도편차가 1차 냉각실험에서보다 높게 나타난 것은 냉각부하가 적었고, 외기조건이 급격히 변화하여 압축기 무부하전자변, 재열기 및 증발기에 공급되는 고온고압 냉매가스량, 응축기 송풍기가 제어되었기 때문으로 판단되었다.

1차 냉각실험에서 곡물냉각기에서 냉각된 공기량은 평균 77.5 m³/min인데 비해 곡물층을 통과한 냉각공기량은 42.5 m³/min에 불과해 약 45%의 냉각공기가 누설되어 이에 대한 방지책이 필요하였다. 냉각부하가 큰 하절기에 실시한 1차 냉각실험에서는 댐퍼만이 제어되었으며, 소요전력은 평균 22.1kW를 나타낸 반면, 냉각부하가 적은 수확기에 실시한 2차 냉각실험에서는 압축기의 무부하전자변, 응축기 송풍기 등이 제어되었으며, 소요전력은 평균 17.4kW로 나타나 하절기에 비하여 약 27%정도의 에너지가 절감된 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Hellemar, J. (1993) The big chill : a grain handling alternative. Proceed. GEAPS Exchange '93. Minneapolis, MN, 63-74
2. Sauer, D.B. (1992) Storage of cereal grains and their products. A.A.C.C., Inc., Minnesota, U.S.A, p.274-278
3. Clapers, R. (1970) Rice cooling. Internal Report. Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany, p.1-6
4. Torres, J.R. (1985) Experiences with paddy storage using Granifrigor grain chillers. Internal Report. Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany, p.1-6
5. Finassi, A. (1987) Recent progress in rice cultivation in Italy. FAO International Commission Report, 36, 5-7
6. Baldo, R. (1987) Experience report on cold preservation of rice using Sulzer-Escher Wyss grain chillers. Internal Report. Sulzer-Escher Wyss, Lindau, Germany, p.1-6
7. Chek, T.I. (1989) Application of paddy cooling technique in Malaysia rice industry. Workshop on grain drying and bulk handling and storage systems in ASEAN, Pitsanuloke, Thailand, 17-29 October
8. Kim, D.C., Kim, O.W., Keum, D.H. and Han, J.K. (2004) Development of a new commercial grain cooler. Korean Journal of Food Preservation, (In printing)
9. 한국공업표준협회 (1992) 조임기구에 의한 유량측정방법 (한국공업규격 KS A 0612), 서울

(접수 2004년 4월 3일, 채택 2004년 5월 8일)