

RPC 건조 시설의 발전 방향

(1.연속식 건조기의 건조특성 연구)

Prospect of Drying System in PRC

(1.Study of Characteristics in Continuous Grain Dryer)

박경규* 나규동*
 정희원 정희원
 K .K. Park K. D. Nah

1. 서론

1980년대 초반 개념이 도입되고 1990년대 들어서 건설되기 시작한 미곡 종합 처리장(이하 RPC)은 '97 현재 전국 253개소에 설치 운영되고 있다. 또한, RPC는 '98 년도에만도 50개소 추가 계획하에 설치 중에 있으며 2004년까지 총 400개소에 설립할 계획으로 향후 RPC의 건설에 투자될 금액이 약 7,000억을 상회(농림부)할 것으로 보인다. 그 동안의 RPC 건설로 전국적인 벼의 수확 후 일관처리의 기계화, 자동화에 대한 가능성을 열었다고 볼 수 있는데 이는 곧 쌀 생산비의 절감, 농촌 노동력 부족에 대한 효율적인 대처, 쌀의 품질 향상에 의한 경쟁력 확보로 벼농사에 있어 수확 후 처리에 의한 농가의 실질적인 소득 증대가 가능한 것으로 보인다. 그러나 우리 나라에서의 벼 총 생산량에 대한 RPC에서의 수확 후 처리 능력은 국내 벼 총 생산량 대비 도정 능력은 23.6%, 건조 및 저장 능력은 4% 정도인 것으로 파악되어 농민의 RPC 이용률이 매우 낮음을 알 수 있는데 앞으로 RPC의 이용률을 제고하기 위해 RPC 증설을 위한 정부의 장기적인 계획수립, 산물벼 수매를 위한 수확체계의 확립 및 건조·저장 시설의 확충 등 여러 가지의 시도와 노력들이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 이 중 가장 시급한 문제로 대두되고 있는 문제점은 건조·저장 시설의 부족을 들 수 있는데 그림1에서 보는 바와 같이 현재의 RPC 시설은 건조·저장 시설의 능력이 매우 낮고 도정 능력 대비 건조 능력이 약 17% 수준으로 시설간의 불균형이 심각한 정도가 되어 전체 시설의 가동률을 떨어뜨리고 수확기에 있어서의 산물벼 처리에 큰 장애가 되고 있는 실정이다.

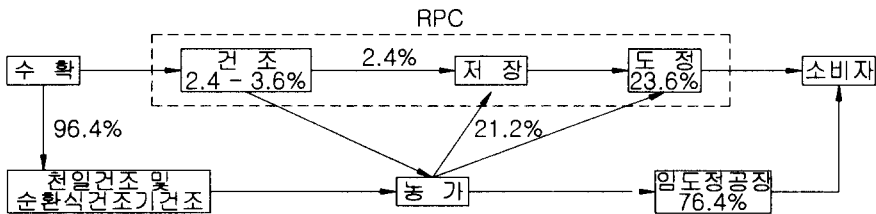


그림. 1. 우리 나라에서의 벼 수확 후 처리현황

* 경북대학교 농업기계공학과

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 당연히 건조·저장 시설 확충이 이루어져야 하는데 현재 우리 나라 RPC에 도입되어 있는 대부분의 건조기는 순환식으로서 시설 확충에는 한계가 있다. 일본, 미국 등 선진국에서의 대규모 곡물 건조를 위한 건조기는 대부분 연속식 건조기를 사용하고 있는데 우리 나라에서도 건조 시설의 확충에 있어서는 많은 양의 곡물을 짧은 기간 내에 처리할 수 있는 연속식 건조기의 도입이 반드시 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이미 실제 현장에서는 연속식 건조기의 보급이 신속히 이루어지고 있는데 그 현황을 살펴보면 그림 2에 나타낸 바와 같이 현재 전체 RPC중 42개소의 RPC에 연속식 건조기가 보급되어 운용되고 있으며 최근 들어 급격히 증가되고 있는 것으로 나타났다. 현재 RPC 및 8개소의 종자 보급소에서 사용되고 있는 연속식 건조기는 기존에 사용되고 있는 순환식 건조기에 비해 곡물의 처리속도가 빠르며 작업이 일괄적이고 용이한 특성으로 최근 산물 벼 수매가 늘어나고 있는 것으로 파악되었다. 이러한 연속식 건조기는 초기에는 대부분 수입 건조기를 사용하였으나 국내산이 '97년 개발 설치되기 시작하여 98년 현재 국내산 16개소(전체의 38%), 국외산 26개소(전체의 62%)로 증가추세를 보이고 있어 향후 건설될 연속식 건조기의 국내산 점유율은 점차 증가할 것으로 전망된다.

연속식 건조기 보급의 증가는 신규 RPC에 있어서의 연속식 건조기 도입 및 기존 순환식 건조기의 연속식 건조기로의 대체 형태로 이루어지는데, 신규 및 기존 RPC에 연속식 건조기의 설치가 늘어나면서도 수확 후 처리 시에 벼의 품질이나 도정 수율 저하 등의 손실을 막을 수 있는 연속식 건조기에 의한 건조작업에 대한 연구가 거의 이루어져 있지 않기 때문에 기존의 RPC 시설 하에 있어서 연속식 건조기에 의한 건조저장 시설의 운용 방법이나 연속식 건조기에 의한 우리 나라 벼의 건조 저장 방법 등에 대한 연구가 필요한 것으로 보이며 보다 시급한 것은 현재 보급된 건조기 사용시의 적정 건조 온도, 건조시간, 제반의 건조 조건 등을 고려한 건조 작업의 일관성 있는 지침이나 자료의 개발이 절실히 요구되고 있는 상태이다.

본 연구는 RPC 건조 시설의 발전 방향을 제시하기 위한 첫 단계로 현재 보급된 연속식 건조기의 사용 실태를 조사하고 실제 운용중인 연속식 건조기의 관행의 운영 방법에 따른 건조기 사용 실험을 실시하여 그 특성을 파악하고 문제점을 제시하는데 있다.

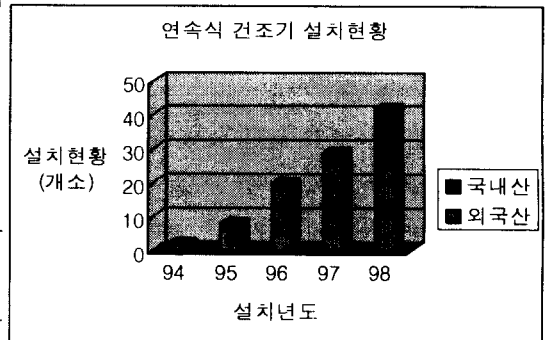


그림 2 연속식 건조기 설치현황

2. 연구의 방법 및 내용

가. 건조기 사용 실태 조사

1998년 10월 한 달간 전국 42개소 RPC의 연속식 건조기 사용 담당자를 상대로 전화 통

화를 통한 구두 설문 조사 및 Fax를 이용한 연속식 건조기 관련 비용, 경제성, 효율, 품질, 시설내용 등에 관하여 설문 조사를 실시하였다.

나. 건조실험

전북 인월에 소재 한 홍부골 RPC에 설치된 D사 제품인(처리 용량: 11톤/시) 옥외 설치용 연속식 건조기로 물벼 수매시기인 1998년 9월 15일부터 10월 15일까지 성능 실험을 실시하였다. 본 실험을 진행할 당시 홍부골 RPC에서 시행하던 관행적인 건조방법에 따라 실시하였다.

(1) 실험 장치의 구성

연속식 건조기의 건조 특성을 파악하기 위하여 Thermo couple T-type을 건조기 내부 열풍로를 등 면적으로 6등분하여 6곳(1,2,3,5,6,7)에 설치하고 버너의 전면에 1개의 센서를 설치하여 열풍의 변화를 관찰하고 곡물 온도 측정을 위해서 곡물 배출부에 2개(8,9)의 센서를 설치하며 외기 온도 측정을 위해 외기 흡입부 부근에 1개(10)의 센서를 설치한 후 곡물 온도의 변화와 열풍 온도, 설정온도 및 외기 온도를 Yokokawa제 DR130 다점 온도계를 사용하여 측정하였다.

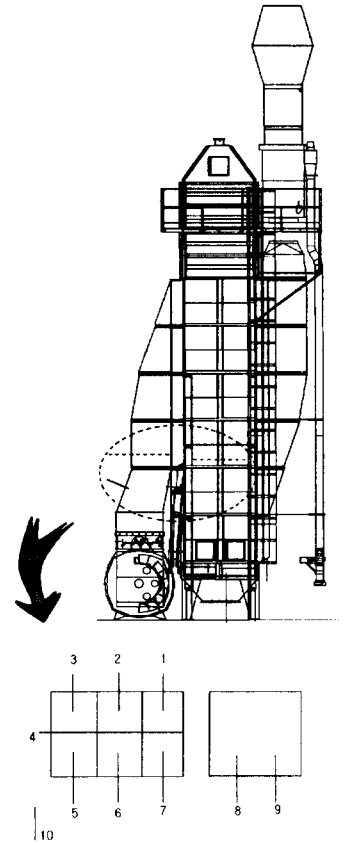


그림 3 온도 센서 부착위치

(2) 실험 방법

① 공시 재료 및 방법

공시 벼로는 함수율이 20% w.b. ~ 24% w.b. 인 벼 50톤을 사용하여 연속식 건조기에 서 건조→템퍼링 →건조의 순서로 연속적으로 건조를 실시하였다. 곡물의 온도는 35℃를 넘지 않도록 열풍온도를 홍부골 RPC에서 시행하던 관행적인 건조방법에 따라 1차 건조는 53~58℃에서, 2차 건조는 50~53℃로 실시하였다. 단, 외기의 온도가 10℃ 이상이고 상대 습도가 80%를 넘지 않는 조건에서 실시하였다.

② 온도 측정

연속식 건조기의 건조 특성을 파악하기 위하여 Thermo couple T-type를 건조기 내의 10곳에 설치한 후 곡물 온도의 변화와 열풍 온도, 설정온도 및 외기 온도를 다점 온도계를 사용하여 1분 간격으로 측정하였다

③ 함수율 측정

건조 시작부터 매 15분 간격으로 투입구 및 배출구에서 100g 정도의 곡물을 5회에 걸쳐 랜덤 샘플링 한 후 단립수분계(Kett제 PQ500)를 사용하여 5회 이상 측정된 후 평균값을 취하여 함수율 변화의 추이를 관찰하였다.

④ 동할립 및 손상립 증가율의 측정

곡물 투입 전과 건조 종료 후 각각 1Kg의 곡물을 랜덤 샘플링 하여 균등 교반 후 1000립의 충실립을 까서 현미를 만들어 동할검정기(Kett제 米粒判別器 RN500 Model)로 5회 측정된 후 측정값을 평균하여 동할립 수를 조사한 뒤에 동할립 증가율(식1)을 계산하였으며, 곡물 투입 전과 투입 건조 종료 후의 시료를 각각 300g 정도 사용하여 손상립을 선별한 후 손상립 증가율(식2)을 계산하였다.

$$B = \left\{ \frac{b_2}{B_2} - \frac{b_1}{B_1} \right\} \times 100 \quad (1)$$

B = 동할립 증가율(%)

b_1, b_2 = 공시곡물 및 건조곡물의 동할립 수

B_1, B_2 = 공시곡물 및 건조곡물의 조사립 수

$$D = \left\{ \frac{d_2}{D_2} - \frac{d_1}{D_1} \right\} \times 100 \quad (2)$$

D = 손상립 증가율(%)

d_1, d_2 = 공시곡물 및 건조곡물의 손상립 중량(g)

D_1, D_2 = 공시곡물 및 건조곡물의 조사립 중량(g)

⑤ 전력 및 연료 소모량

소비 전력은 0.1kwh의 精度를 가진 적산전력계를 건조기 전력 인입부에 설치한 후 매 1시간 간격으로 모니터링 하였고, 연료 소비량은 0.1ℓ의 精度를 가진 적산 유량계를 버너의 연료 주입부에 설치하여 1시간 간격으로 연료 소모량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조기 현황조사 결과

1998년 10월 한 달간 전국 42개소의 연속식 건조기 사용 RPC를 상대로 실시한 설문조사 결과를 보면, 연속식 건조기와 사각빈 및 원형 사일로를 조합하여 쓰는 곳이 15개소로 전체의 36%, 연속식 및 순환식 건조기를 병설하여 운영하는 곳이 11개소로 전체의 26%를 점유한다. 연속식 건조기의 경우 템퍼링 빈과 연계하여 건조→템퍼링→건조의 과정을 거쳐

곡물의 건조가 이루어지게 되어있지만 다수의 RPC에서는 사각 빈이나 원형 사일로를 이용하여 템퍼링 빈을 대신 하여 쓰고, 42개소 중 29(전체의 69%)개소가 연속식 건조기를 1차 건조용으로만 사용한 후 사각 빈이나 원형 사일로를 이용하여 마무리 건조를 실시하는 조합 건조방식을 택하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 방식은 건조 저장 시설의 운용 방식에서 문제를 일으킬 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 이 경우 연속식 건조기를 전용 템퍼링 빈이 아닌 다른 건조 시설을 연계해서 사용했을 때 발생할 수 있는 문제점등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

연속식 건조기의 편리성, 경제성, 건조효율 및 품질관련 답변은 각각 91%, 86%, 81%, 77%가 만족하는 것으로 응답하였다. 작업 조건으로는 45 ~ 55℃정도의 설정 온도에서 1회 통과 시 평균 약 2% w.b.의 건감률로 건조하며 건조시간은 약 1시간으로 다소 긴 편이었다. 1차 건조 및 2차 건조 작업시 건조 온도를 달리(50℃, 40℃)해서 사용하는 곳은 5개소(전체의 11.9%)뿐이어서 건조기 조작·사용시의 일정한 운영 및 작업 기준이 없음을 알 수 있게 한다.

나. 실험 결과 및 고찰

(1) 함수율 및 온도의 변화

실험 당시 관행의 운용 방법에 따라 건조기의 설정온도를 1차 건조는 53~58℃에서, 2차 건조는 50~53℃에서 실시한 결과 표. 1과 같이 나타났으며, 투입 평균 함수율이 21.4% w.b.인 벼 50톤을 연속적으로 2회 건조하여 배출 평균 15.4% w.b.까지 건조를 실시한 결과 1차 건조시 2.9% w.b., 2차 건조시 2.7% w.b.의 건감율을 보였으며, 열풍로 내의 온도는 평균 46.6℃, 곡온은 평균 34.4℃를 유지하고 있다.

	1차 건조		2차 건조	
	투입	배출	투입	배출
함수율 평균(%)	21.4	18.5	18.1	15.4
함수율 표준편차	1.16	0.48	0.54	0.63
건감률(%/회)	2.9		2.7	
건조용량(ton/hr)	11			

표 1. 건조차수별 평균 건감율

실험 후 1차 및 2차의 건감율을 비교해본 결과 21.4% w.b.의 시료가 18.5% w.b.까지 2.9%의 건감율을 보인 것은 연속식 건조기의 표준 성능(일본)에 비추어 적절한 수준인 것으로 판단되지만 2차 건조시의 건감율인 2.7%는 평균 1.5~2%인 2차 건감율과 비교하여 높은 수치이며 이는 동할립 증가의 주요 원인이 된 것으로 보인다.

외기 온도, 곡물 온도 및 열풍 온도의 변화는 매 15분을 단위로 표시하였고 설정온도는 건조 차수 및 곡온의 변화에 따라 건조 시작 시 58℃ 그 후 53℃ 및 50℃로 변경하였으며 이를 그림. 4에 나타내었다.

(2) 전력, 연료 소모량 및 동할립·손상립 증가율

표. 2에 나타난 바와 같이 소비 전력량은 평균 29.2 kwh, 평균 연료 소비량은 23.29 ℓ /hr로 평이한 정도의 소비량을 보였고, 손상률 증가율은 0.023 %로 변화가 거의 없었으며 품질에 관계되는 동할의 증가율이 4.86%로 일본에서의 연속식 건조기의 동할 증가 한계 범위인 5%(共乾施設の てびき, 1986)이 내의 값을 가지지만 도정수율 증가 및 품질 향상을 위한 동할 증가의 억제를 위해 일본의 연속식 건조기의 표준 성능 기준을 적용해 보면 ①열풍에 노출되는 시간을 50분 내외인 관행의 방법에서 30분 이내로 줄이거나 ②열풍 온도를 1차 건조 시 50℃내외로, 2차 건조 시 40℃ 내외로 낮추어 주어야 할 것으로 판단된다.

소비 전력	29.2 kwh
연료 소비량	23.29 ℓ /hr
동할률 증가율	4.86 %
손상률 증가율	0.023 %

표. 2. 기타 측정 결과

<연속식 건조기 건조실험 결과>

* 실험일시 : 1998.10.01 * 장소 : 전북 남원 흥부골 미국종합처리장

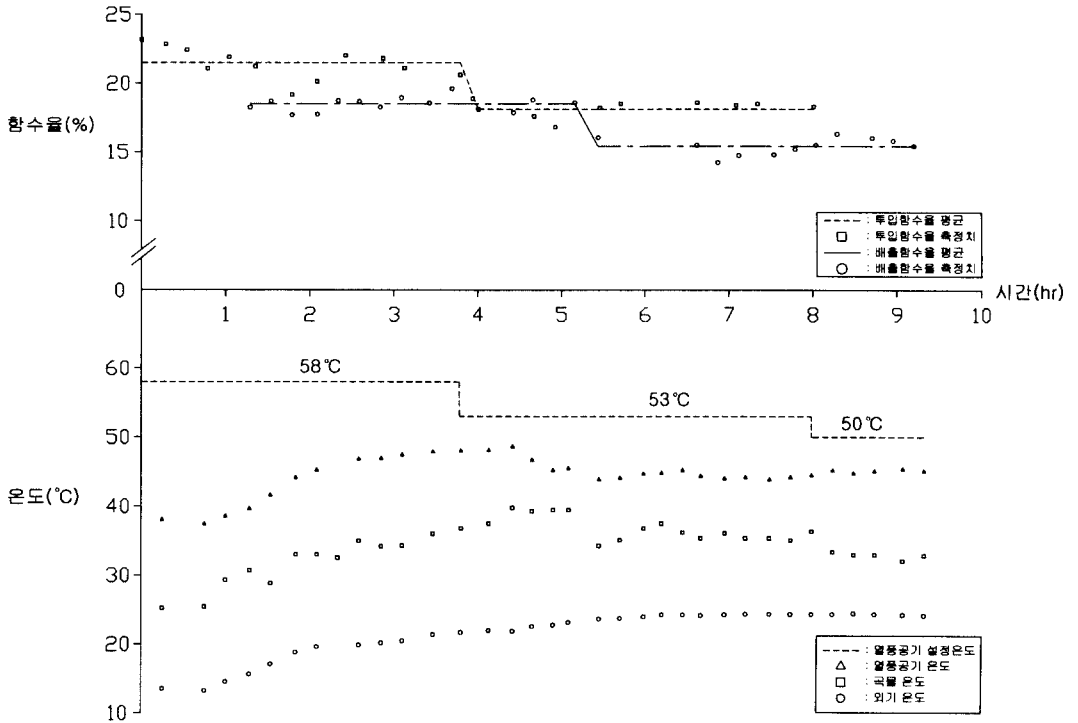


그림 4 건조시 곡물의 건감률과 온도 변화

4. 결론 및 요약

연속식 건조기는 '98 현재 전국 42개소의 RPC에 설치 운영되고 있으며, '97부터는 국산 연속식 건조기가 설치되기 시작하여 '98 현재 전국 16개소(전체의 38% 점유)에 설치 운영 중에 있어 향후 국내산 연속식 건조기의 시장 점유율은 더욱 커질 것으로 예측된다.

본 연구는 국내 RPC에서 점차 증가추세에 있는 대용량 연속식 건조기의 건조 특성을 파악하고 사용에 알맞은 조작법을 개발을 위한 기초 자료 마련을 위하여 실시하였다.

(1) 설문조사 결과 응답자의 91%가 편리하다고 응답했으며, 86%가 경제적이라고 응답하였고, 81%가 효율적이라고 응답하였다. 하지만 각각의 RPC마다 건조 관련 시설이 다르고 건조기 사용 방법 역시 일관되지 않았으며, 건조기의 주요 조합 방식은 연속식 건조기, 사각빈, 사일로의 조합과 연속식 건조기와 순환식 건조기의 병설 방식이 주를 이루었다.

(2) 대다수의 RPC에서 전용 템퍼링 빈을 사용하지 않고 사각빈이나 원형빈 등을 이용한 템퍼링 후 마무리 건조를 실시하는 조합 건조방법을 실시하고 있어 건조 저장 시설의 운용 방식에서 문제를 일으킬 수 있을 것으로 보인다. 따라서, 연속식 건조기를 전용 템퍼링 빈이 아닌 다른 건조 시설을 연계해서 사용했을 때 발생할 수 있는 문제점등에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

(3) 설문조사 결과 대부분의 건조 작업 시 열풍온도를 1, 2차 건조 시 모두 50℃ ~ 55℃로 설정하여 작업하고 있는 것으로 파악되어 과 건조의 우려가 있는 것으로 판단되며 열풍 노출시간은 50분 내외인 것으로 파악되었는데 이는 도정 수율의 감소 및 동할 증가율의 상승요인이 되므로 열풍 온도를 1차 건조 시 50℃내외로, 2차 건조 시 40℃ 내외로 낮추어 주고 열풍에 노출되는 시간을 30분 내외로 줄여야 할 것으로 판단된다.

(4) 현재 실제 운용 중인 11 ton/hr 용량의 연속식 건조기의 관행의 운용방법에 따른 건조 실험 결과 동할률 증가율은 4.86 %로 나타나 일본에서의 연속식 건조기의 동할 증가 한계 범위인 5%(共乾施設の てびき, 1986)이내의 값을 가지지만 그 한계 값에 근접해 있고 순환식 건조기의 동할률 증가율에 비해 2배 가량 높아 건조시의 운용방법에 따라 벼의 건조에 의한 손실이 보다 증대될 수도 있는 것으로 판단된다.

(5) 손상률 증가율은 0.023 %으로 나타나 매우 양호한 것으로 나타났으며 연료 소모량과 전력 소모량 또한 각각 23.29 l/hr, 29.2 kwh 로 나타나 양호한 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

1. 고헌균외 12명, 1998, 미곡종합처리시설 -이론과 실제-, 문운당
2. 고헌균외 6명, 1993, 농산가공기계학, 향문사
3. 박진욱, 1995, 전기전자공학, 청문각
4. 박호석, 1998, 미곡종합처리장 사업의 성과와 발전방향, 농협대학 농촌개발 연구소
5. 농협중앙회, 1997, 미곡종합처리장 사업의 평가와 발전방향, 농협중앙회
6. 박경규, 김태욱 .1993, 우리 나라 미곡 종합처리시설모텔의 현재와 미래.

7. 박경규, 1993, 미곡종합 처리시설의 발전 방향(Ⅱ) -기존 모델의 비교 및 분석-
8. 금동혁, 1986, 벼 건조과정 분석에 필요한 자료 및 관련 식, 한국 농업기계 학회지. 11(2):92-102
9. 송대빈, 고헌균, 1997, 벼의 황류연속식 건조모델 개발, 한국 농업기계 학회지. 22 (3) :279-288
10. H. Toftdahl Olesen, 1987, Grain drying, Innovation Development Engineering
11. 全農 施設・資材部, 1986, 共乾施設の てびき(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)