한국농업기계학회 2005 하계 학술대회 논문집 10(2):117-122

산물상자 및 자동비움장치 개발

Development of a Bulk Bin and Automatic Dumping Device

정 훈* 윤홍선* 이현동* 김영근* 이원옥* 김병룡**
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
H. Jeong H. S. Yun H. D. Lee Y. K. Kim W. O. Lee B. R. Kim

1. 서론

국내의 농산물 수확 후 산지처리 작업은 수확(그물망, 플라스틱상자 담기) → 운반(상자 하역) → 산지처리장 수집(팔레트 적재) → 저장 → 선별(그물망 개장, 플라스틱상자 비우기) → 포장 등의 작업체계로 이루어지고 있으며, 소형플라스틱상자나 골판지상자 위주로 팔레트화가 추진되어 하역·적재·포장·예냉·저장 등이 이루어지는 생산지에서의 물류개선효과가 미흡한 실정이다.

산지의 물류체계를 개선하기 위해서는 산물상태로 운반·예냉·저장이 가능한 산물상자와 이 상자를 자동으로 비워주는 장치의 개발이 필요하며, 산물상자의 개발을 위해서는 적정 통기율과 퇴적높이 및 냉각속도 등의 구명이 필요하다. 국내에서는 상자포장 및 산물퇴적 청과물의 송풍저항에 대한 연구와, 차압통풍 예냉 청과물의 냉각특성 등에 대한 연구가 수행되었다(윤 등, 1995, 1997). 국외의 경우 산물상자 상태로 청과물을 퇴적하여 냉각특성과 공기분포 및 열전달 특성을 해석한 연구가 수행되어 산물상자 작업체계가 확립되어 있는 실정이다(G. Alvarez 등, 1995, 1999).

본 연구는 산지에서의 농산물 수집·운반·예냉·저장 등에 겸용으로 사용하면서 산물처리가 가능하도록 산지의 물류체계를 개선하기 위하여 산물상자 및 자동비움장치를 개발하고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 운반·예냉·저장겸용 산물상자 개발

(1) 공시재료

산물상자의 개발을 위한 실험에 사용된 공시작물은 감자(수미), 양파(만생종), 감귤(조생온주)을 구입하여 사용하였다.

(2) 산물상자 밑면의 통기공 기준설정

산물상자 밑면의 적정 통기공 기준을 설정하기 위해 통기공의 갯수(개공율), 산물퇴

* 농촌진흥청 농업공학연구소
** (주)대동엔지니어링

적높이, 송풍량별로 송풍저항을 측정하였다. 송풍저항 측정장치의 크기는 가로 1.1m, 세로 1.1m, 높이 0.6m로 제작하였으며, 산물퇴적높이를 0.3m, 0.6m로하고, 통기공 개공율 2.8, 5.3, 7.5, 10.9, 13.8%에서 송풍량을 0~70㎥/min의 범위로 변화시켜 공시작물의 송풍저항을 측정하였다.

산물상자 송풍저항 회귀모형은 식(1)의 Ramsin 방정식으로 하였으며, a, b 상수와 결정계수를 산출하였다.

$$\Delta P/L = aV^b \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서, ΔP : 정압강하(Pa),

L : 퇴적높이(m),

V : 퇴적층 통과 공기의 겉보기 풍속(m/s),

a,b : 상수

(3) 적정 퇴적높이 기준설정

산물상자의 적정 퇴적높이 기준을 설정하기 위해 0.3, 0.6m의 퇴적높이로 공시재료를 트럭에 적재한 후 50km의 거리를 주행하고, 통기구의 개공폭은 4, 6, 10mm로 하여 외관압상정도를 조사하였다.

(4) 예냉속도 및 냉각균일성 시험

감자(수미), 양파(만생종), 감귤(조생온주) 각 3톤씩을 산물상자 6개에 적재하여 저온저장고 내에서 예냉속도 및 냉각균일성 조사를 위한 품온변화 속도와 품온분포를 조사하였다. 산물상자의 내부 규격은 1×1×0.64m(L×W×H)로 하였으며 통기공의 규격은 40×5mm (L×W), 개공율은 6%로 하였고, 목표 예냉품온은 감자 10℃, 양파 2℃, 감귤 1℃로 하였다.

냉각시험을 위한 통풍장치의 송풍팬은 날개직경 500mm, 전원 3상 220V 900W, 풍량 140CMM, 정압 18mmAq의 규격으로 설치하였으며, 타이머를 달아서 송풍시간을 조절 할 수 있게 하였다. Fig 1에 산물상자 냉각방법을 나타내었다.

(5) 산물상자 제작

산물상자의 제작은 Fig 2와 같이 하였으며, 외부 크기 1.1×1.1×0.75m (L×W×H)이며, 플라스틱 재질로 두께 50mm로 하여 제작하였다. 바닥의 통기공은 폭 4mm, 길이 40mm로 하였으며, 개공율은 6%로 하였다. 상자하부의 지게발용 통로는 통풍용 송풍통로의 역할을 겸할 수 있다. 적재용량은 약 400kg정도이다.

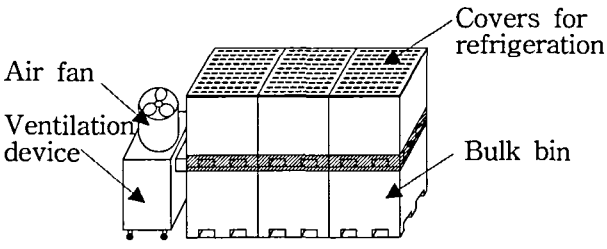

Fig 1. The refrigeration method of bulk bin

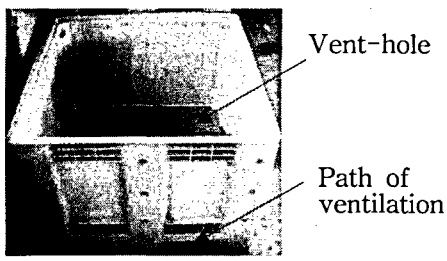

Fig 2. A view of bulk bin

나. 산물상자 자동비움장치 개발

(1) 시작기제작

산물상자 자동비움장치의 구조는 제어부, 비움부, 배출부로 나누어지며, Fig 3에 구조를 나타내었다. 제어용 처리장치는 PLC로 하였으며, 유압펌프와 유압실린더를 사용하여 산물상자를 들어주고 120도까지 회전시켜 슬라이딩 시킬 수 있게 하였다. 산물상자가 슬라이딩 되면서 비워질 때 손상을 방지하기 위하여 덮개용 벨트 컨베이어와 손상방지용 브러시를 부착하여 브러시를 회전시키면서 농산물을 배출컨베이어로 배출할 수 있게 하였다.

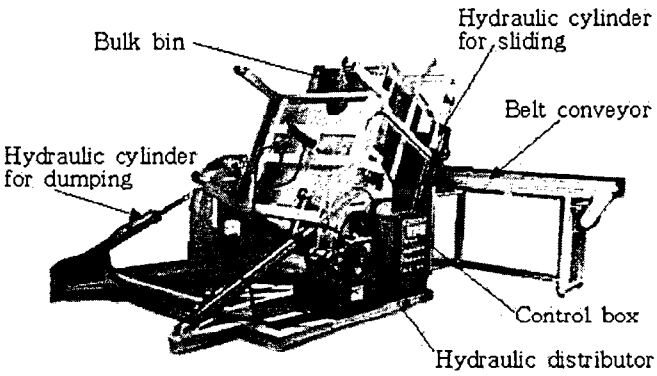

Fig 3. A view of automatic dumping device

(2) 성능시험

감자, 양파, 감귤을 산물상자에 가득 채운 후 시작기로 처리성능과 작물손상도를 조사하였다. 처리성능은 산물상자를 비움장치에 투입하여 비운 후에 상자 배출전 까지의 시간을 측정하였다. 작물손상도는 산물상자에서 배출컨베이어로 배출한 후의 작물의 외관 손상도를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 운반·예냉·저장겸용 산물상자 개발

(1) 산물상자 밑면 통기공 기준

산물상자의 밑면 통기공 기준을 설정하기 위해 송풍저항 실험을 실시한 결과 감자, 양파, 감귤의 개공율별 송풍저항은 Fig 4, 5, 6과 같이 나타났으며, 적정 개공율은 공히 5.3%이상이 적당한 것으로 나타났다. Table 1, 2, 3에는 감자, 양파, 감귤의 송풍저항에 대한 Ramsin방정식 상수를 나타내었으며, 결정계수가 양호한 것으로 나타났다.

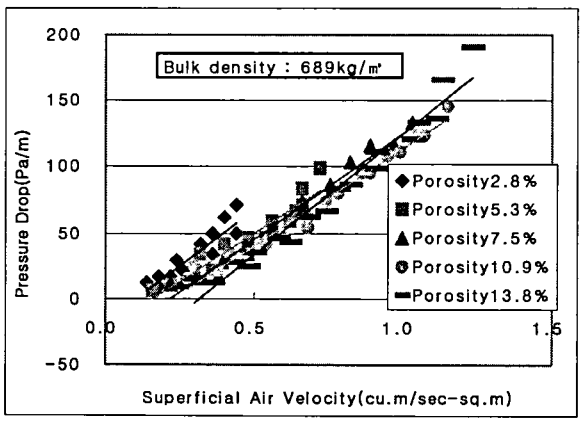

Fig 4. Airflow resistance for opening ratio of potatoes

Table 1. Data of curve fitting for potatoes in bulk with different bed depth

Opening ratio	Bed-depth	$\Delta P/L = aV^b$ a	b	R^2
2.8%	0.3m	225.1	1.84	0.972
	0.6m	243.6	1.54	0.996
	Average	207.5	1.59	0.843
5.3%	0.3m	130.0	1.27	0.929
	0.6m	129.3	1.70	0.991
	Average	151.8	1.75	0.942
7.5%	0.3m	129.3	1.85	0.979
	0.6m	148.8	1.82	0.994
	Average	136.2	1.80	0.978
10.9%	0.3m	110.7	1.38	0.969
	0.6m	116.2	1.71	0.995
	Average	113.1	1.55	0.970
13.8%	0.3m	130.7	2.21	0.990
	0.6m	114.0	1.73	0.993
	Average	122.9	1.95	0.977

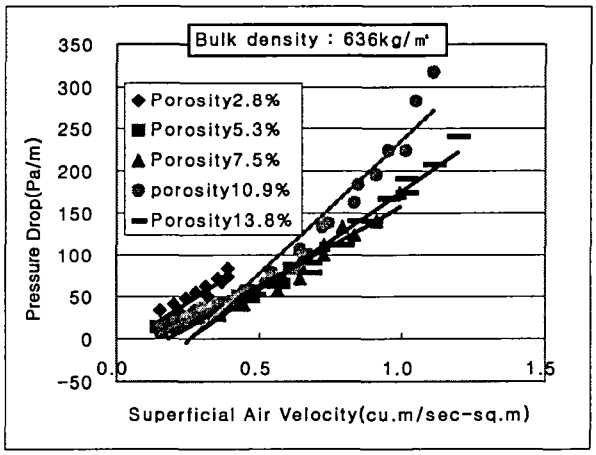

Fig 5. Airflow resistance for opening ratio of onions

Table 2. Data of curve fitting for onions in bulk with different bed depth

Opening ratio	Bed-depth	$\Delta P/L = aV^b$		R^2
		a	b	
2.8%	0.3m	326.7	1.65	0.983
	0.6m	187.3	0.94	0.983
	Average	243.0	1.28	0.751
5.3%	0.3m	174.6	1.59	0.983
	0.6m	139.1	1.20	0.991
	Average	154.2	1.37	0.949
7.5%	0.3m	154.6	1.49	0.965
	0.6m	172.2	1.50	0.990
	Average	160.0	1.47	0.974
10.9%	0.3m	243.3	1.74	0.980
	0.6m	217.8	1.59	0.996
	Average	231.9	1.67	0.985
13.8%	0.3m	169.9	1.64	0.992
	0.6m	181.5	1.67	0.998
	Average	174.5	1.64	0.994

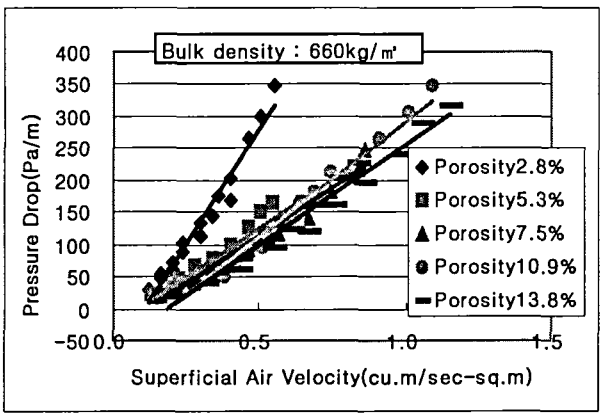

Fig 6. Airflow resistance for opening ratio of mandarins

Table 3. Data of curve fitting for mandarins in bulk with different bed depth

Opening ratio	Bed-depth	$\Delta P/L = aV^b$		R^2
		a	b	
2.8%	0.3m	833.4	1.51	0.997
	0.6m	664.9	1.50	0.996
	Average	815.3	1.55	0.984
5.3%	0.3m	310.1	1.54	0.992
	0.6m	377.7	1.41	0.986
	Average	319.4	1.41	0.927
7.5%	0.3m	272.5	1.39	0.985
	0.6m	333.6	1.54	0.999
	Average	289.8	1.44	0.988
10.9%	0.3m	305.9	1.80	0.995
	0.6m	310.8	1.47	0.997
	Average	291.6	1.48	0.972
13.8%	0.3m	250.7	1.63	0.997
	0.6m	275.0	1.44	0.992
	Average	253.5	1.44	0.976

나. 적정 퇴적높이 기준

산물상자의 적정 퇴적높이 기준을 설정하기 위해 트럭 차체 후방상부에 농산물을 적재한 산물운반상자를 위치시켜 실제 주행시험을 거쳐 외관 압상정도를 측정하였다. 실험결과는 Table 4와 같이 나타났으며, 감자, 양파, 감귤 모두 퇴적높이 0.6m, 개공폭 4mm 이하에서 외관 압상이 나타나지 않아 적정 퇴적높이는 0.6m, 적정 개공폭은 4mm가 적절한 것으로 판단된다.

Table 4. The ratio of damage of the produces for the bed-depth and width of the vent-hole(50km driven)

Items	Ratio of damage in the bottom(%)				Remarks
	0.3m(4mm)	0.6m(4mm)	0.6m(6mm)	0.6m(10mm)	Bed-depth (Width of the vent-hole)
Potatoes	0.0	0.0	1.6	13.3	Loaded upper-tail part of the truck
Onions	0.0	0.0	0.0	-	
Mandarins	0.0	0.0	-	-	

다. 예냉속도 및 냉각균일성

감자, 양파, 감귤의 예냉속도 및 냉각균일성을 조사하기 위해 공시재료를 산물상자에 적재하여 감자, 감귤은 차압통풍 조건으로, 양파는 강제통풍 조건으로 저온저장고내에서 예냉 목표품온까지 냉각한 결과는 Table 5와 같이 나타났다. 감자, 양파, 감귤의 예냉속도 및 저장중의 품온편차는 감자가 0.81℃/h(21.7→10℃, 14.5시간), ±0.6℃, 양파가 0.68℃/h(15.3→2.3℃, 19시간), ±0.35℃, 감귤이 0.68℃/h(13.7→1℃, 18.8시간), ±0.45℃로 나타났다.

Table 5. The velocity of pre-cooling and temperature deviation of storage

Items	Velocity of pre-cooling	Temperature deviation of storage
Potatoes	0.81℃/h(21.7→10℃, 14.5시간)	±0.6℃
Onions	0.68℃/h(15.3→2.3℃, 19시간)	±0.35℃
Mandarins	0.68℃/h(13.7→1℃, 18.8시간)	±0.45℃

라. 산물상자 자동비움장치 성능

양파, 감자, 감귤을 산물상자에 0.6m로 적재한 후 자동비움장치로 비움작업의 성능과 손상률을 조사하였다. Table 6에 나타난 것과 같이 산물상자의 투입후 비움작업 직전까지의 시간은 30초로 나타났고, 비움후 배출 직전까지의 시간은 40초로 나타났다. 비움작업의 경우 양파는 상자당 50초, 감자는 48초, 감귤은 45초 후에 배출컨베이어로 완전히 비워지는 것으로 나타났다. 따라서 자동비움장치의 처리성능은 상자당 약 2분(200kg/분)으로 나타났다. 비움작업 중의 작물 손상은 발생하지 않았다.

Table 6. Performance and ratio of damage

Items	Performance(sec/bin)				Ratio of damage (%)
	Input dump	Output dump	Sliding	Total	
Onions	30	40	50	118	0.0
Potatoes	30	40	48	116	0.0
Mandarins	30	40	45	114	0.0

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 농산물 수확 후 산지의 물류체계를 개선하기 위하여 산물상자와 자동비움 장치를 개발하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 통기공의 개공율에 따른 송풍저항을 측정한 결과 감자, 양파, 감귤 모두 개공율 5.3% 이상에서는 통기공의 개공율에 따른 송풍저항의 증가가 둔화되는 것으로 나타나 산물상자의 개공율은 5.3%이상이 적당한 것으로 나타났다.

나. 감자, 양파, 감귤의 개공율, 퇴적높이, 송풍량의 변화의 실험자료를 Ramsin의 방정식에 대입하여 상수를 구하고 높은 결정계수를 얻을 수 있었다.

다. 감자, 양파, 감귤을 산물상자에 적재하여 트럭으로 50km 운송한 결과, 밑면 통기공의 개공폭 4mm, 퇴적높이 0.6m이하의 조건이 손상이 발생하지 않는 적정 조건인 것으로 나타났다.

라. 감자, 양파, 감귤의 산물상자에 의한 냉각속도 및 냉각균일도를 시험한 결과, 냉각속도는 각각 0.81℃/h(21.7→10℃, 14.5시간), 0.68℃/h(15.3→2.3℃, 19시간), 0.68℃/h(13.7→1℃, 18.8시간)으로 나타났으며, 냉각균일도는 각각 ±0.6℃, ±0.35℃, ±0.45℃로 나타났다.

마. 산물상자 자동비움장치를 제작하여 감자, 양파, 감귤에 대한 처리성능과 작물손상률을 조사한 결과, 처리성능은 상자당 2분(200kg/분)으로 나타났으며, 작물의 외관손상은 발생하지 않았다.

5. 참고문헌

1. 윤홍선. 1994. 차압통풍식 예냉청과물의 송풍저항 및 냉각특성. 경북대 박사학위 논문.
2. 윤홍선, 조영길, 박판규, 박경규. 1995. 산물퇴적 청과물의 송풍저항 특성. 한국농업기계학회지. 20(4). pp 333~342.
3. 윤홍선, 조영길, 박경규. 1995. 상자포장 청과물의 송풍저항 특성. 한국농업기계학회지. 20(4). pp 351~359.
4. 윤홍선, 박경규. 1997. 차압통풍 예냉 청과물의 냉각특성. 한국농산물저장유통학회지. 4(3). pp 237~243.
5. G. Alvarez, G. Trystram. 1995. Design of a New Strategy for the Control of the Refrigeration Process: Fruit and Vegetables Conditioned in a Pallet. Food Control. 6(6). pp 347~355.
6. G. Alvarez, D. Flick. 1999. Analysis of Heterogeneous of Agricultural Products Inside Bins, Part I: Aerodynamic Study. Journal of Food Engineering. 39, pp 227~237.
7. G. Alvarez, D. Flick. 1999. Analysis of Heterogeneous of Agricultural Products Inside Bins, Part II: Thermal Study. Journal of Food Engineering. 39, pp239~245.