

벼 수확후의 운반처리체계에 관한 연구

A Study on the Transportation System of Paddy After Combine Harvesting

김학주* 이규승**
 정희원 정희원
 H.J.Kim K.S.Lee

1. 서론

'96년말 현재 우리나라의 벼농사 기계화율은 97%로 일본·대만의 99%와 비슷한 수준으로 벼농사의 기계화가 완성단계에 와 있다. 그러나 육묘, 물관리, 수확물 운반 등 일부 작업은 아직도 인력의존도가 매우 높은 실정이며, 농촌노동력의 양적 질적 감소와 편농성향에 따라 노동력 확보는 더욱 어려워 지고 있어 인력위주로 이루어 지고 있는 이들 작업의 기계화는 시급히 해결해야 할 과제로 남아있다. 특히 벼 수확후 운반작업은 많은 인력이 동원되어야 하고 무거운 포대를 운반해야 하는 중노동으로 기계화가 시급하다.

최근 산물콤바인의 보급 확대와 산물수매제도 도입 등으로 벼 수확후 운반처리 작업의 기계화 여건이 개선되어 가고 있는 추세이지만 산물벼 운반 및 건조·저장능력 등 주작업과 후속작업간의 연계성 부족으로 큰 효과를 거두지 못하고 있다.

본 연구는 벼 수확후의 운반처리체계를 조사분석하여 적합한 수확·운반체계 확립을 위한 기초자료로 활용하고자 수행하였다.

2. 조사 분석 방법

조사표본은 제주도를 제외한 8개도 30개 시군의 콤바인 보유농가중 자루형콤바인 185농가와 산물형콤바인 30농가 등 215농가를 무작위 추출하여 1997. 10.8~11.5.까지 현지조사를 실시하였으며, 미곡종합처리장은 11개소를 조사하여 사례중심으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 일반현황

(1) 벼농사 규모

조사농가의 벼농사규모는 평균 3.7ha이며, 규모별 농가분포는 1~3ha규모가 45.1 %로 가장 많았으며, 3~5ha규모 19.1 %, 5ha이상 21.4 %, 1ha미만인 농가도 14.4%로 나타났다(Table1).

Table 1. Paddy land of the surveyed farms.

Average paddy land (ha)	Size distribution of paddy land(%)			
	Under 1ha	1~3ha	3~5ha	Over 5ha
3.7	14.4	45.1	19.1	21.4

* 농업기계화연구소 재배기계과

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

(2) 운반용 농기계 보유현황

Table 2는 운반용 농기계 보유율을 나타낸 것이다. 기종별 보유율은 경운기 및 경운기 트레일러 79%, 트랙터 79.5%, 트랙터트레일러는 53.5%이며, 트랙터를 가지고 있는 농가중 67.3%만 트레일러를 가지고 있는 것으로 나타났다. 또 농업용 트럭을 보유하고 있는 농가는 38%이며 주로 포대 또는 컨테이너백 운반 목적으로 이용하고 있는 것으로 나타났다.

Table 2. Transportation means of the farms.

Item	Power tiller	Power-tiller trailer	Tractor	Tractor-trailer	Truck
Number of unit	170	170	171(100)	115(67.3)	81
Percentage(%)	79.1	79.1	79.5	53.5	37.7

나. 벼 운반작업관행

(1) 포대수확 · 운반체계

자루형콤바인으로 수확한 벼포대는 Fig.1에서 보는 바와 같이 포대수집, 상차, 운송, 하차 등의 작업단계를 거쳐 농가, RPC 또는 도정공장 등으로 운반된다. 운반수단으로 경운기, 트랙터, 트럭 등이 이용되고 있으나 상하차는 인력에 의존하고 있어 노동력이 많이 들고 노동강도가 높아 고역작업이 되고있다.

(2) 산물수확 · 운반체계

(가) 트랙터용 산물운반트레일러를 이용하는 방법

산물로 수확된 벼는 트랙터 트레일러에 산물탱크를 탑재한 산물운반트레일러에 의해 Fig.2와 같은 작업공정을 거쳐 운반된다. 산물탱크는 3.5톤 정도 용량으로 0.5ha분의 수확량을 적재할 수 있다. 산물운반체계에서 운반차량은 최소한 2대가 필요하지만 대부분의 농가에서 1대만을 보유하고 있어 1필지 작업을 마치고 콤바인이 다른 포장으로 이동하는 동안 운송하거나 운반차량이 되돌아 올 때까지 콤바인이 작업을 중단하는 경우가 발생하고 있어 콤바인의 수확작업 능력을 저하시키는 요인이 되고 있다.

(나) 컨테이너백 이용체계

0.5톤 또는 1톤 용량의 컨테이너백에 벼를 담아 트랙터 또는 트럭 등으로 운반하는 방법으로 Fig.3과 같은 작업공정을 거치게 된다. 지게차나 로더 등과 같은 상하차용 장비가 추가로 필요하나 포대수확 · 운반체계와 마찬가지로 운반작업시간의 제약이 없으며 트레일러를 그대로 이용할 수 있다.

(다) 간이호퍼 이용체계

산물형콤바인으로부터 간이호퍼에 곡물을 받은 후 콤바인자루나 수매용 포대에 다시 옮겨 담아 포대상태로 운송하는 방법으로 Fig.4와 같은 작업공정을 거치게 된다. 작업보조자가 콤바인에 직접 동승하지 않는 장점이 있으나 호퍼에서 배출된 곡물을 포대에 옮겨 담아야 하고 포대를 상하차하는데 많은 노동력이 소요되고 콤바인에서 호퍼, 호퍼에서 포대로 옮겨 담는 과정에서 곡물손실이 발생할 수 있다.

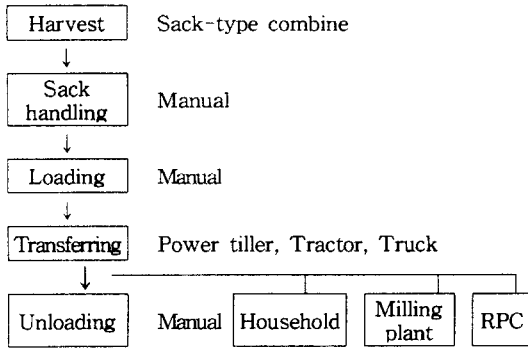


Fig.1. Schematic diagram of combine sack-harvest and its handling system.

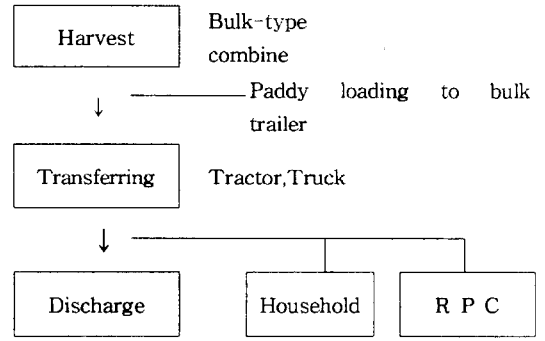


Fig.2. Schematic diagram of combine bulk-harvest and its handling system.

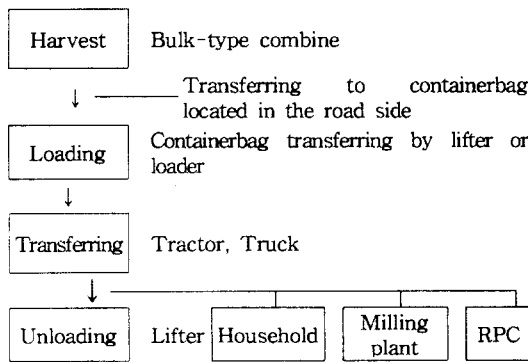


Fig.3. Schematic diagram of containerbag system of paddy handling.

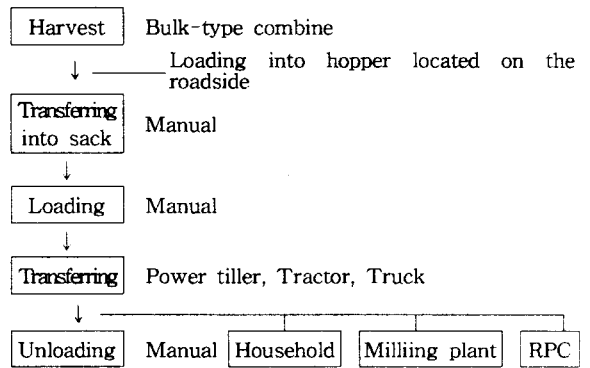


Fig.4. Schematic diagram with hopper system of paddy handling.

(라) 기타

산물콤바인에서 바로 배출된 벼를 논바닥에 깔아놓은 비닐 또는 명석위에서 건조한 후 다시 자루에 담아 운반하는 방법과 트랙터 또는 경운기 트레일러 등으로 운반하는 방법 등 지역 및 농가별로 운반작업 체계가 매우 다양한 것으로 나타났다.

다. 운반작업 실태

(1) 운반수단 이용

수확한 벼를 운반하는 수단은 Table 3에서 보는바와 같이 포대수확·운반체계는 트랙터 > 경운기 > 트럭 순이며, 산물수확·운반체계는 트랙터 > 트럭 > 경운기 순으로 포대수확·운반체계나 산물수확·운반체계 모두 트랙터를 가장 많이 이용하고 있는 것으로 나타났다.

Table 3. Transportation means of paddy

Item	Power tiller	Tractor	Truck	Total(%)
Sack	33.5	48.7	17.8	100
Bulk	7.0	63.0	30.0	100

(2) 운반수단별 적재량

벼 포대운반의 경우 운반수단별 적재량은 경운기 31.8포, 트랙터 148.6포, 트럭은 102.3포를 적재하는 것으로 나타났다. 콤바인 포대의 중량은 31.5~36.8kg의 범위이며 평균 33.8kg이다. 따라서 각 운반수단의 적재중량은 경운기 1,047.8kg, 트랙터 5,022.7kg, 농업용트럭 3,457.7kg인 것으로 나타났다(Table4).

한편 산물운반은 경운기의 경우 트레일러에 널빤지로 적재고를 높여 사용하고 있으며, 트랙터는 트레일러에 자체 제작한 산물컨테이너를 탑재하여 산물을 운반하고 있다. 1회 적재용량은 경운기 600~800kg, 트랙터 3,000~3,500kg으로 나타났다.

Table 4. Paddy load capacity and its weight of the different transportation vehicles.

Item	Power tiller	Tractor	Truck
Sack	1,047.8kg(31.8bags)	5,022.7kg(148.6bags)	3,457.7kg(102.3bags)
Bulk	600~800kg	3,000~3,500kg	-

(3) 운반작업 인원

벼를 운반처리하는데 투입되는 인력은 Table 5에서 보는바와 같이 포대수확·운반체계에 2.6명, 산물수확·운반체계 1.7명으로 산물수확·운반체계에 비하여 포대수확·운반체계가 더 많은 운반인력이 투입되고 있는 것으로 나타났다. 작업인원별 분포에서도 포대수확·운반체계는 2~3명이 작업하는 비율이 75.2%로 가장 많았고 1명이 작업하는 경우는 11.4%에 불과한 반면 산물운반체계에서는 1명이 작업하는 경우가 53.3%로 가장 높게 나타났다.

Table 5. Number of laborer required in the paddy handlings after harvest.

Item	Persons	Distribution(%)					
		1 person	2 person	3 person	4 person	5 person	6 person
Sack harvest	2.6	11.4	39.5	35.7	9.7	2.7	1.0
Bulk harvest	1.7	53.3	26.7	10.0	6.7	3.3	-

(4) 건조기 및 저장시설에 곡물을 투입하는 노력

콤바인포대, 컨테이너백, 산물트레일러 등을 이용하여 반입된 벼를 건조기 또는 저장고에 투입하는 노동투하량은 Table 6과 같다. 콤바인 포대를 풀어 건조기 및 저장시설에 투입할 경우 2~3인의 작업인력이 필요하며 1ha분의 벼를 투입하는 노력이 1.1시간이 소요되어 산물트레일러로 호퍼에 직접 투입하는 것에 비하여 11배 이상이 소요되는 것으로 나타났다.

Table 6. Labor inputs in the dryer and storage facility.

Combine-sack	Bulk trailer	Container-bag
1.1 hr/ha	0.1 hr/ha	0.8 hr/ha

라. 수확·운반체계별 노동투하시간 및 기계이용비용

자루형콤바인과 산물형콤바인을 이용한 수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간 및 기계이용비용은 Fig.5와 같다. 노동투하시간 측면에서 산물형콤바인 수확+트랙터용 산물트레일러를

이용하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났으며, 산물형콤바인 수확+컨테이너백 운반체계도 포대수확·운반체계에 비하여 효율적인 것으로 나타났다. 수확작업을 포함한 기계이용비용은 산물수확·운반체계가 포대수확·운반체계에 비하여 38% 더 소요되어 기계이용비용 측면에서는 자루형콤바인수확+트랙터트레일러를 이용하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났다.

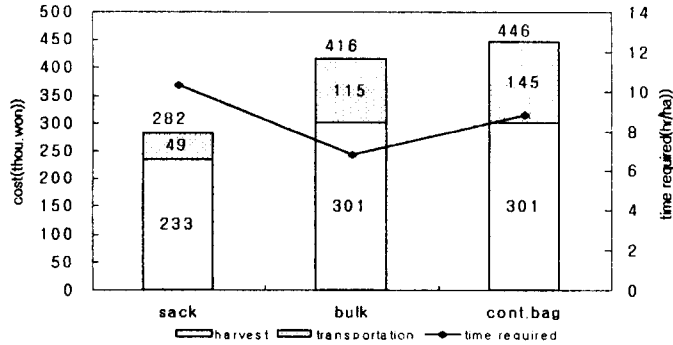


Fig.5. Time required and machinery cost for sack and bulk harvest handling system of paddy.

마. 산물운반작업의 최적화

산물콤바인의 능력을 100% 발휘하고 운반작업을 효율적으로 수행하기 위하여 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- ① 운반차의 최소대수는 2대지만 적재시간, 거리, 운반차의 속도, 하차시간, 적재량, 손실 계수 등에 따라 3대 이상이 될 수 있다.
- ② 운반능력을 높이기 위해서는 대기시간 등과 같은 손실시간 감축과 하차시간의 단축 방안을 강구하여야 한다.
- ③ 운반횟수를 감소시키기 위해서는 상황에 따라 대형차의 이용을 고려해야 한다.
- ④ 운반거리가 원거리일 경우에는 운반차량의 주행속도를 높이기 위한 방안이 검토되어야 한다.

산물운반차의 소요대수는 운반작업의 Cycle time과 밀접한 관계가 있다. 즉, 적재시간, 거리, 운반차의 속도, 하차시간, 적재량, 손실계수 등에 따라 cycle time이 길어지거나 짧아지게 되며, 이에 따라 운반차의 소요대수가 결정된다. cycle time과 운반차의 소요대수를 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$T_c = T_e + 2(S/V) + T_u \cdot q + a \quad (1)$$

$$N = C(T_c/q) = 1 + C(2S/V + T_u \cdot q + a)/q \quad (2)$$

여기서, T_c : cycle time(hr/대), T_e : 적재시간(hr/대), S : 편도거리(km), V : 운반차의 왕복평균속도(km/hr), T_u : 하차시간(hr/ton), q : 운반차 적재량(ton/대), a : 손실계수, N : 운반차 소요대수(대), C : 콤바인의 작업능력(ton/hr)

위의 식 (1)과 (2)에 의해 탱크용량 1,250 l 인 4조 산물형콤바인을 이용할 경우 산물컨테이너 용량별 운반작업 cycle time은 Fig. 6과 같다. 산물컨테이너의 용량이 커질수록 운반작업

cycle time도 비례적으로 증가하며, 이에 따라 운반횟수는 줄어든다.

Fig. 7은 용량별 산물컨테이너의 소요대수를 나타내는 것으로 산물컨테이너의 용량이 1ton 일때는 2.2대가 소요되어 실소요대수는 3대가 필요한 반면 1.5ton이상 이 되면 1.4~1.7대가 소요되어 실소요대수는 2대가 필요한 것으로 나타났다. 산물컨테이너의 용량은 경지구획, 노동투하시간 등을 고려하면 3.5톤 규모가 적합할 것으로 판단되나 농로조건, 논 토양조건과 산물트레일러의 적정 설계용량 등에 관한 연구가 필요하다고 본다.

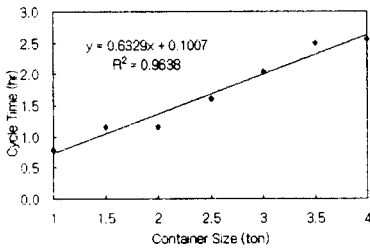


Fig.6. Different cycle time of the bulk-trailers.

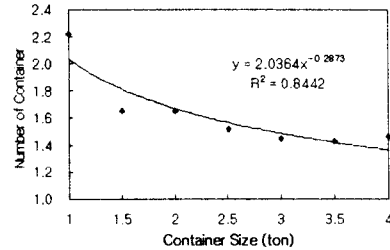


Fig.7. Number of container required in the bulk-trailers.

V. 요약 및 결론

포대수확·운반체계와 산물수확·운반체계의 작업관행을 조사하고 운반처리체계별로 노동력 소요실태와 기계이용비용을 분석하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 운반작업에 투입되는 인력은 포대수확·운반체계 2.6명, 산물수확·운반체계 1.7명으로 나타났다으며, 운반작업인원별 분포에서도 포대수확·운반체계는 2~3명이 작업하는 경우가 72.5%인 반면 산물수확·운반체계는 1명이 작업하는 비율이 53.3%로 작업인력 소요측면에서 산물수확·운반체계가 포대수확·운반체계에 비하여 유리한 것으로 나타났다.
2. 포대수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간은 경운기트레일러 17.1시간/ha, 트랙터 트레일러 10.3시간/ha, 트럭 9.5시간/ha이며, 산물수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간은 트랙터용 산물트레일러 6.8시간/ha, 트랙터트레일러로 컨테이너백 운반 8.8시간/ha로 나타나 노동투하시간 측면에서 산물운반트레일러를 이용하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났다.
3. 수확·운반작업의 기계이용비용은 자루형콤바인+트랙터 트레일러 이용체계가 282천원/ha, 산물 콤바인+트랙터용 산물트레일러 이용체계가 416천원/ha, 산물콤바인+컨테이너백 운반체계 446천원/ha로 기계이용비용 측면에서는 자루형콤바인+트랙터 트레일러 이용체계가 가장 경제적인 것으로 나타났다.

VI. 참고문헌

1. 정창주. 1990. 농작업기계학. 서울대학교출판부
2. 최규홍. 1994. 벼 산물운반트레일러 개발에 관한 연구. 농업기계화연구소
3. 정홍우. 1989. 수도 기계화에 관한 경영 경제적 연구. 농촌진흥청
4. 古谷 正 外 4人. 1997. 水稻生産農家の機械化經營. 農作業研究 第30卷 3號. 日本農作業研究會