

벼 수확후의 운반처리체계에 관한 연구

A Study on the Transportation System of Paddy After Combine Harvest

김 학 주* 이 규 승**
정회원 정회원
H. J. Kim K. S. Lee

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the labor requirements and transportation cost of paddy for the different harvest and transportation systems for obtaining a basic reference to the improvement of present harvest-transportation systems. One hundred and eighty five farm households with sack type combine harvester and thirty farm households with bulk type combine harvester were surveyed for thirty counties from eight provinces, except Jeju and also eleven Rice Processing Complex were covered for this survey. This survey was carried from 8th. October 1997 to 5th. November 1997.

For the labor requirements, bulk trailer system require 6.8h/ha, 10.3h/ha for sack harvest-tractor trailer, and 8.8 h/ha for bulk harvest-container bag. The machinery utilization cost for the different paddy harvest-transportation systems, combine sack harvest-tractor trailer system is 282 thousand won/ha, and most economical compared with other systems. Combine bulk harvest with tractor system was 416 thousands won/ha and combine bulk harvest with container bag system was 446 thousands won/ha.

In order to propagate bulk harvest-transportation system, a proper bulk transportation means with considering road condition in the paddy field and paddy size should be developed, and considering cycle time it appeared that the proper capacity of bulk container was 3.5ton at the present.

주요용어(Key Words): 벼(Paddy), 콤바인 수확(Combine harvest), 운반시스템(Transportation system)

1. 서 론

우리나라의 벼농사 기계화율은 '97년말 현재 경운·정지 99%, 이앙 98%, 수확 97% 등으로 대부분의 작업이 기계화되었다고 할 수 있다. 농작업을 기계화한다는 것은 인력이나 축력으로 하던 일을 기계로 대체하므로서 노력과 비용을 줄이고 힘든 노동으로부터 벗어날 수 있다는데 그 의의가 있다. 이런 관점

에서 본다면 벼농사에 있어서 수확단계까지는 대부분의 문제가 해결되었다고 할 수 있으나 벼를 수확한 후의 운반, 건조 등은 아직까지 기계화가 미흡한 실정으로 시급한 해결이 요구된다. 대부분의 농가에서 벼를 수확한 다음 경운기, 트랙터 등을 이용하여 농가 근처로 운반하여 건조하고 있는데 벼포대를 싣고 내리는 작업을 인력으로 해결해야 하기 때문에 매우 힘이 들고 많은 노동력이 소요되며 곡물손실이

* 농업기계화연구소 기초기술기계과

** 성균관대학교 생명자원과학대학 생물기전공학과

발생하는 등 많은 문제점을 안고 있다.

박동규(1994)는 자연건조과정에서는 벼 1톤당 35 kg 정도의 손실이 발생하며, 기존의 포대 수송체계를 산물수송체계로 전환할 경우 수확 및 수송비용이 74% 정도 절감된다고 보고하였다.

이응두(1994)는 미곡종합처리장이 산물처리시설임에도 불구하고 벼의 산물수집체계가 도입되지 못해 포대포장으로 수확된 벼를 처리하고 있어 미곡종합처리장이 제 기능을 100% 발휘하지 못하고 있는 실정으로 쌀산업의 국제경쟁력 향상을 위하여 벼 산물수집체계의 도입이 시급하다고 지적하였다.

최근 산물콤바인과 산물운반트레일러 보급이 증가하고 있으며, 벼 산물수매제도가 도입되는 등 벼 수확 후 운반처리작업의 기계화가 추진되고 있지만 큰 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 농가실태조사 결과를 기초로 하여 벼수확 및 운반처리 유형을 분석하고 각 유형별 노동투하시간 및 경제성을 분석하여 향후 운반처리시스템의 확립에 필요한 기초자료로 이용될 수 있도록 하는데 목적이 있다.

2. 연구 방법

제주도를 제외한 8개도 30개 시군의 콤바인 보유 농가중 자루형콤바인 185농가와 산물형 콤바인 30농가 등 215농가를 무작위 표본추출하여 1997. 10. 8 ~ 11. 5.까지 현지조사 하였으며, 미곡종합처리장은 11개소를 사례조사 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 일반현황

(1) 벼농사 규모

콤바인을 보유하고 있는 농가의 영농규모는 전국 평균 보다 3배 이상 큰 것으로 나타났다. 표 1은 조사농가의 벼농사규모를 나타낸 것으로 평균 영농규모는 3.7ha이며 규모별 농가분포는 1~3ha 규모가 45.1%로 가장 많았으며, 5ha 이상인 농가도 21.4%로 나타났다.

(2) 운반용 농업기계 보유현황

표 2는 조사농가의 운반용 농업기계 보유율을 나타낸 것이다. 경운기와 트랙터의 보유율은 각각 79.1%와 79.5%로 나타났으며, 트랙은 37.5%의 농가가 보유하고 있는 것으로 나타났다. 한편 경운기를 보유한 농가는 모두 경운기 트레일러를 보유한 반면 트랙터를 보유한 농가중 트랙터트레일러를 가지고 있는 농가는 67.3%로 많은 농가가 트레일러를 가지고 있지 않은 것으로 나타났다. 이는 경운기가 주요 운반수단으로 이용되는 반면 트랙터는 운반목적보다는 경운·정지작업에 주로 이용하고 있어서 트레일러를 구입하지 않은 농가가 많기 때문인 것으로 판단된다.

나. 벼 수확·운반작업 유형

벼 수확·운반작업 콤바인의 형태에 따라서 자루형콤바인을 이용할 경우 포대수확·운반시스템(Model 1), 산물콤바인을 이용할 경우 트랙터용 산물 컨테이너를 이용하는 방법(Model 2), 컨테이너백을 이용하는 방법(Model 3), 간이호퍼를 이용하는 방법(Model 4) 등 크게 4개 모델로 유형화할 수 있다.

Table 1 Farm size distribution of paddy land for surveyed farms

(%)				
Average farm size (ha)	Under 1ha	1~3ha	3~5ha	More than 5ha
3.7	14.4	45.1	19.1	21.4

Table 2 Possession rate of the transportation systems for surveyed farms

(%)				
Power-tiller	Power-tiller trailer	Tractor	Tractor trailer	Truck
79.1	79.1	79.5	53.5	37.7

(1) Model I

자루형콤바인을 이용하여 수확한 벼를 포대상태로 최종 목적지까지 운반한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 수확 → 포대수집 → 상차 → 운송 → 하차 등의 작업단계를 거쳐 농가, RPC 또는 도정공장 등으로 운반된다. 이 경우 운반수단으로는 경운기, 트랙터, 트럭 등이 이용되고 있으나 포대수집 및 상·하차는 인력에 의존하고 있어 많은 노동력이 소요될 뿐 아니라 노동강도가 높은 苦役作業이어서 벼농사에서 가장 시급히 해결되어야 할 문제점으로 생각된다.

(2) Model II

산물콤바인으로 수확한 벼를 트랙터용 산물컨테이너를 이용하여 운반하는 방법으로 그림 2와 같은 작업공정을 거쳐 최종 목적지까지 운반된다. 운반수

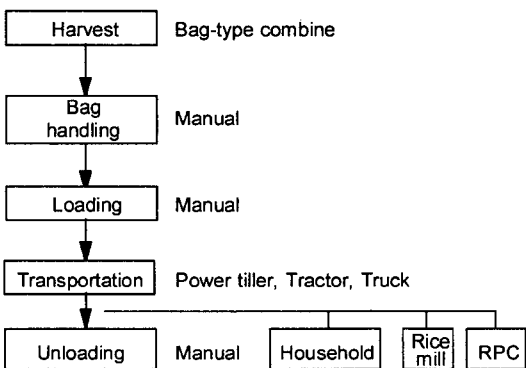


Fig. 1 Post-harvest handling system for bag type combine harvester.

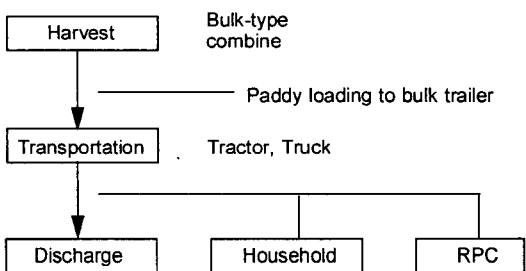


Fig. 2 Post-harvest handling system for bulk type combine harvester with tractor mounted bulk trailer.

단으로는 트랙터 트레일러에 산물탱크를 탑재한 산물컨테이너가 주로 이용되며 3.5톤 정도의 용량이 많이 이용되고 있다.

산물운반작업을 효과적으로 수행하기 위해서는 최소한 2대의 운반차량이 필요하다. 위탁영농회사나 농업회사법인 등에서는 2대의 산물컨테이너를 교대로 이용하는 경우도 있으나 대부분의 농가에서는 1대의 운반차량을 이용하고 있다. 따라서 휴식시간 또는 1필지 작업을 마치고 콤바인이 다른 포장으로 이동하는 시간을 이용하여 운반해야 하는데, 운반거리가 멀 경우 운반차량이 되돌아 올 때까지 콤바인이 작업을 멈추고 기다려야 하는 등 수확작업과 운반작업간의 연계성 부족으로 콤바인의 수확작업 능률이 떨어지는 요인이 되고 있다.

(3) Model III

산물형콤바인으로 수확한 벼를 0.5톤 또는 1톤 용량의 컨테이너백에 담아 트랙터 또는 트럭 등으로 운반한다. 그림 3과 같은 작업공정을 거치게 되는데 포대수확·운반체제와 마찬가지로 운반작업 시간의 제약이 없으며 트레일러에 보조 장치를 하지 않고 그대로 이용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 지게차, 로더 등과 같은 상하차 장비가 추가로 소요되어 기계이용비용 측면에서는 산물컨테이너 시스템에 비하여 다소 불리하다.

(4) Model IV

산물형 콤바인으로부터 간이호퍼에 곡물을 받은

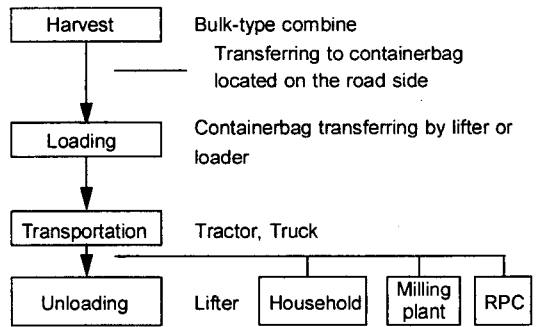


Fig. 3 Post-harvest handling system for bulk type combine harvester with container-bag.

후 콤바인 포대나 수매용 포대에 다시 옮겨 담아 포대상태로 운송하는 방법으로 그림 4와 같은 작업공정을 거치게 된다. 작업보조자가 콤바인에 직접 동승하지 않아 노동부담이 적다는 장점이 있으나 콤바인에서 호퍼, 호퍼에서 다시 포대로 곡물을 옮겨 담아야 하기 때문에 번거롭고 노동력이 많이 소요된다. 또 곡물을 옮겨 담는 과정에서 곡물손실이 발생할 수 있으며, 포대를 상·하차 하는 데도 많은 노동력이 소요되는 등 매우 불합리한 작업방법이다.

그 밖에 산물콤바인으로 수확한 벼를 논바닥에 비닐 또는 명석을 깔아 건조한 후 다시 포대에 담아 운반하는 방법, 경운기트레일러 또는 트랙에 비닐이나 보조 판넬을 설치하여 산물상태로 벼를 운반하는 방법 등도 일부 농가에서 이용되고 있다. 이와 같이 이용된 콤바인의 형식과 운반수단, 지역에 따라서 수확 후의 운반작업 유형은 매우 다양한 것으로 나타났다.

다. 운반작업 실태

(1) 운반수단

수확한 벼를 운반하는 수단으로는 트랙터가 가장 많이 이용되고 있는 것으로 나타났다. 표 3에서 보는 바와 같이 트랙터 이용비율이 포대수확·운반체계에서 48.7%, 산물수확·운반체계에서는 63.0%를 차지하고 있다. 산물수확·운반체계에서는 경운기

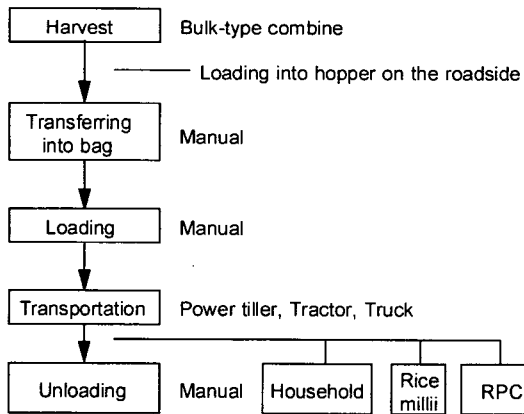


Fig. 4 Post-harvest handling system for bulk type combine harvester with hopper system.

보다 트랙 이용비율이 높게 나타났다.

(2) 운반수단별 적재량

포대 운반수단별 평균적재량은 경운기 31.8포, 트랙터 148.6포, 트럭은 102.3포를 적재하는 것으로 나타났다. 한편, 콤바인 포대 1개의 중량을 알아보기 위하여 20농가에서 각 3개씩 60개를 임의 추출하여 중량을 조사한 결과 31.5~36.8kg의 범위이며 평균 33.8kg으로 나타났다. 따라서 운반수단별 적재중량은 표 4에서 보는 바와 같이 경운기는 1,048kg, 트랙터 5,023kg, 트럭은 3,458kg인 것으로 나타났다.

한편 산물벼 운반량은 경운기 600~800kg, 트랙터 3,000~3,500kg으로 콤바인의 곡물탱크 배출량을 기준으로 경운기는 1회, 트랙터는 4회 정도의 분량을 적재하는 것으로 나타났다.

(3) 운반작업에 소요되는 인력

벼를 운반하는데 투입되는 평균 인력은 표 5에서 보는 바와 같이 포대수확·운반체계 2.6명, 산물수확·운반체계 1.7명으로 산물수확·운반체계에 비하여 포대수확·운반체계가 더 많은 운반인력이 투

Table 3 Utilization rate of transportation system by harvest type

Harvest type	Power tiller	Tractor	Truck	Total
Bag	33.5	48.7	17.8	100
Bulk	7.0	63.0	30.0	100

Table 4 Loading capacity of paddy for the different transportation systems

Harvest type	Power tiller	Tractor	Truck
Bag	1,048 (31.8)	5,023 (148.6)	3,458 (102.3)
Bulk	600~800	3,000~3,500	—

* () : bags.

입되고 있는 것으로 나타났다. 작업인원별 분포에서도 포대수확·운반체계는 2~3명이 작업하는 비율이 75.2%로 가장 많았고 1명이 작업하는 경우는 11.4%에 불과한 반면 산물수확·운반체계에서는 1명이 작업하는 경우가 53.3%로 가장 높게 나타났다.

(4) 곡물 투입에 소요되는 노력

콤바인포대, 컨테이너백, 산물트레일러 등을 이용하여 반입된 벼를 건조기 또는 저장고에 투입하는 노동투하량은 표 6과 같다.

포대상태로 운반된 벼를 건조기 및 저장시설에 투입할 경우 2~3인의 작업인력이 필요하며 1ha분의 벼를 투입하는 데 1.1시간, 산물트레일러 0.1시간, 컨테이너 백 0.8시간 등으로 산물트레일러를 이용하는 것이 매우 유리한 것으로 나타났다.

라. 수확·운반체계별 노동투하시간 및 기계 이용 비용

표 7은 4조 자루형콤바인과 4조 산물형콤바인을

Table 5 Average number and distribution rate of labor requirements for the post-harvest handling of paddy (%)

Harvest type	Number of average persons	Number of persons			
		1 person	2	3	more than 4
Bag	2.6	11.4	39.5	35.7	13.4
Bulk	1.7	53.3	26.7	10.0	10.0

Table 6 Labor requirements for transferring the paddy to the storage facility or dryer (h/ha)

Combine-bag	Bulk trailer	Container-bag
1.1 (100)	0.1 (9.1)	0.8 (72.7)

* () : index.

이용한 수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간을 나타낸 것이다. 자루형콤바인으로 수확하여 트랙터트레일러로 운반할 때 소요되는 노동투하시간은 10.3h/ha이며, 산물형콤바인 + 트랙터용 산물트레일러는 6.8h/ha, 산물콤바인 + 트랙터트레일러로 컨테이너백 운반 8.8h/ha 등으로 노동투하시간 측면에서 산물수확·운반체계가 포대수확·운반체계보다 유리한 것으로 나타났다.

모델별 기계이용 비용을 시산 분석한 결과는 그림 5와 같다. 비용분석에 적용한 기종은 4조자루형 콤바인과 산물형콤바인, 43ps 트랙터 및 트레일러, 산물컨테이너 등이며, 고정비에는 감가상각비, 수리비, 자본이자 등을 고려하였다. 변동비는 인건비와 연료소모량을 고려하였으며, 모델 III에 이용된 컨테이너백 상하차용 장비는 지게차를 임대하는 것으로

Table 7 Time required for harvest and transportation process (h/ha)

Power tiller trailer	Bag-type		Bulk-type	
	Tractor trailer	Truck	Tractor with batch-trailer	Tractor with Container-bag
17.5 (167)	10.3 (100)	9.5 (92)	6.8 (66)	8.8 (85)

* () : index.

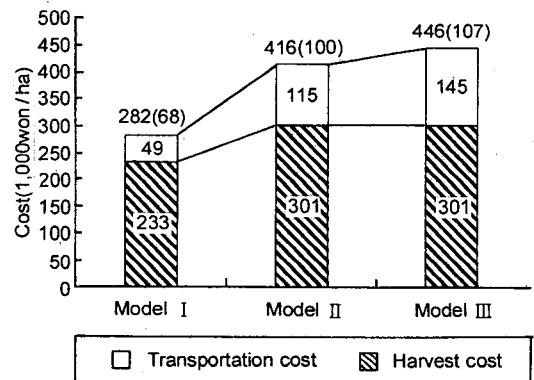


Fig. 5 Utilization cost of machinery for different harvest and transportation systems.

하여 임대료를 계상하였다.

그림에서 보는 바와 같이 비용측면에서는 모델 I 이 가장 유리한 것으로 나타났다. 산물체계에서는 산물컨테이너 및 지게차 등의 장비가 추가로 소요되어 비용 증가요인이 있는데 반해서 산물체계 도입에 의한 노력절감 효과가 이러한 추가적인 비용부담을 상쇄하지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 농업노동력이 노령화됨에 따라 포대운반시스템에서 산물운반시스템으로의 전환은 불가피할 것으로 보인다. 최근 산물콤바인의 보급이 증가하고 있는 것도 운반인력의 노동부담 등 비용 외적인 요인의 중요성이 더 커지고 있기 때문인 것으로 판단되며, 농촌노임이 빠른 속도로 인상되는 추세이기 때문에 이러한 기계이용 비용의 격차는 점차 적어질 것으로 보여 산물운반체계 도입 여건은 점차 개선될 것으로 보인다.

그러나 산물수확·운반체계가 정착되기 위해서는 농로조건 등 경지기반의 개선, 저장건조시설 확충, 물벼수매제도 정착, 저가의 산물운반장비 개발보급 등이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

마. 산물운반작업의 최적화

산물콤바인의 작업능률을 떨어트리지 않으면서 산물상태로 수확한 벼를 효율적으로 운반하기 위해서는 콤바인의 성능과 산물운반차의 소요대수 및 컨테이너의 용량 등이 고려되어야 한다. 산물운반시스템에서 운반차는 최소한 2대 이상이 소요된다. 그러나 적재시간, 운반거리, 운반차의 속도, 하차시간, 적재량, 손실계수 등에 따라 3대 이상이 될 수도 있으며, 운반능률을 높이기 위해서는 대기시간 등과 같은 손실시간 감축과 하차시간의 단축, 운반횟수를 줄일 수 있는 방안 등이 강구되어야 한다. 또 운반거리가 원거리일 경우에는 운반차량의 주행속도를 높이기 위한 방안도 검토되어야 한다.

(1) 산물운반차 소요대수 산정

산물운반차의 소요대수는 1회 운반당 총소요시간 즉, 사이클타임과 밀접한 관계가 있다. 사이클타임은 적재시간, 운반거리, 운반차의 속도, 하차시간, 적재량, 손실계수 등에 따라 달라질 수 있으며 이에 따

라 운반차의 소요대수가 결정된다.

사이클 타임(Cycle time)과 운반차의 소요대수는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

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

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

- 여기서, T_c : 사이클 타임(h/대)
- T_e : 적재시간(h/대)
- S : 편도거리(km)
- V : 운반차의 왕복평균속도(km/h)
- T_u : 하차시간(h/ton)
- q : 운반차 적재량(ton/대)
- α : 손실계수
- N : 운반차 소요대수(대)
- C : 콤바인의 작업능력(ton/h)

위의 식 (1)과 (2)에 의해 탱크용량 1,250 l 인 4조 산물형콤바인을 이용할 경우 산물컨테이너 용량별 운반작업 사이클 타임은 그림 6과 같다. 산물컨테이너의 용량이 커질수록 운반작업 사이클타임도 커진다. 즉, 산물컨테이너의 용량이 클수록 운반횟수가 줄어든다는 것을 알 수 있다.

한편, 그림 7은 산물컨테이너의 용량별 소요대수를 나타낸 것이다. 산물컨테이너의 용량이 1ton 일 때 이론적인 소요대수는 2.2대로 실소요 대수는 3대가 필요하며, 1.5ton 이상이 되면 이론적인 소요대수

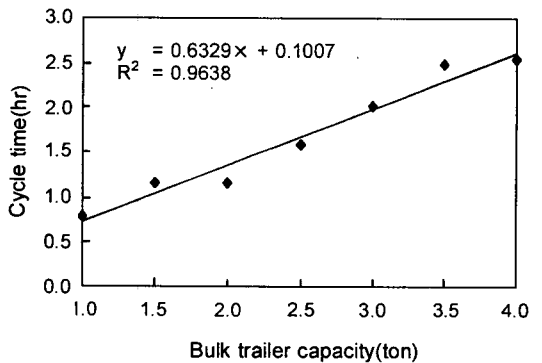


Fig. 6 Relationship between bulk trailer capacity and cycle time.

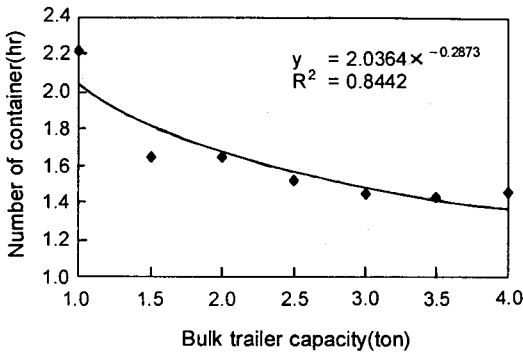


Fig. 7 Number of container required for the different bulk trailer capacity.

는 1.4~1.8대로 실소요 대수는 2대가 필요한 것으로 나타났다. 즉, 2대의 운반차로 산물을 운반하려면 컨테이너의 최소용량은 1.5ton 이상이어야 한다는 것을 알 수 있다. 농가 실태조사결과 3.5톤 규모를 가장 많이 사용하고 있는 것으로 나타났는데 그림 7에서 보는 바와 같이 산물컨테이너의 용량이 3톤 이상일 경우 산물컨테이너의 이론적인 소요대수가 1.4~1.5대로 여유율을 고려하더라도 2대의 컨테이너를 가지면 산물운반작업이 원활히 이루어 질 수 있을 것으로 판단된다.

산물컨테이너의 적정 용량을 결정하기 위해서는 경지구획 및 농로조건, 포장 분산도, 토양 침하와 트랙터의 견인능력, 곡물 저장 및 건조시설의 반입조건 등 여러 가지 변수가 고려되어야 하는데 농가 실태조사 결과와 사이클타임을 기준으로 한다면 산물컨테이너는 3.5톤 규모가 적합할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

포대수확·운반체계와 산물수확·운반체계의 작업관행을 조사하고 운반처리체계별로 노동력 소요 실태와 기계이용 비용을 분석하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 운반작업에 투입되는 인력은 포대수확·운반체계 2.6명, 산물수확·운반체계 1.7명으로 나타났다. 운반작업인원별 분포에서는 포대수확·운반체계는 2~3명이 작업하는 경우가 72.5%인 반면 산물

수확·운반체계는 1명이 작업하는 비율이 53.3%로 작업인력 소요 측면에서 산물수확·운반체계가 포대수확·운반체계에 비하여 유리한 것으로 나타났다.

2) 포대수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간은 경운기 트레일러 17.1시간/ha, 트랙터 트레일러 10.3시간/ha, 트럭 9.5시간/ha이며, 산물수확·운반체계의 운반수단별 노동투하시간은 트랙터용 산물트레일러 6.8시간/ha, 트랙터 트레일러에 컨테이너백을 적재하여 운반하는 체계는 8.8시간/ha이 소요되는 것으로 나타나 노동투하시간 측면에서 산물운반 트레일러를 이용하는 것이 가장 유리한 것으로 나타났다.

3) 수확·운반작업의 기계이용 비용은 자루형 콤파인 + 트랙터 트레일러 이용체계가 282천원/ha, 산물콤파인 + 트랙터용 산물트레일러 이용체계가 416천원/ha, 산물콤파인 + 컨테이너백 운반체계는 446천원/ha로 기계이용 비용 측면에서는 자루형콤파인 + 트랙터 트레일러 이용체계가 가장 경제적인 것으로 나타났다.

4) 벼 수확 후 운반작업의 효율성을 수확작업과 연계하여 기계이용 비용과 노동투하시간 측면에서 검토한 결과 기계이용 비용 측면에서는 자루형 콤파인 + 트랙터 트레일러를 이용하는 것이 유리하고, 노동투하시간 측면에서는 산물콤파인 + 트랙터용 산물트레일러를 이용하는 것이 유리한 것으로 나타났다.

5) 산물운반 시스템에서 산물운반차의 최소 소요 대수는 2대가 필요하며, 4조 산물콤파인을 이용할 경우 산물컨테이너의 최소 용량은 1.5톤 이상이 되어야 하는 것으로 나타났으며, 운반작업의 사이클타임을 고려한 산물컨테이너의 적정 용량은 3.5톤 규모가 적합할 것으로 판단된다. 그러나 산물컨테이너의 적정 설계용량 결정은 트랙터의 견인력과 토양침하, 곡물 저장 및 건조시설의 반입조건 등 여러 가지 변수를 고려하여야 하므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김학규. 1995. 대구획 포장의 벼농사 일관 기계

- 화 체계에 관한 연구. 박사학위논문.
2. 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巻 3號. 日本農作業研究會.
 3. 박동규. 1994. 미국중합처리장과 연계한 산물수집체계 구축의 과제. 벼 산물수집체계 구축을 위한 세미나자료 pp. 25-42.
 4. 이용두. 1994. 벼 산물수집체계 도입방향. 벼 산물수집체계 구축을 위한 세미나자료. pp. 43-62.
 5. 이용범. 1993. 주요 농업기계 이용실태 조사연구. 농업기계화연구소.
 6. 장동일. 1987. 미국의 산물유통을 위한 모델시스템 연구. 한국농업기계학회지 12(2):44-59.
 7. 정창주. 1990. 농작업기계학. 서울대학교 출판부.
 8. 정홍우. 1989. 수도 기계화에 관한 경영 경제적 연구. 농촌진흥청.
 9. 최규홍. 1994. 벼 산물운반 트레일러 개발에 관한 연구. 농업기계화연구소.
 10. Louis, R., Hathaway, Larry A. Riney. 1987. Machinery Management. John Deere.