

수도작의 영농규모별 기계화모델 개발

Development of Mechanization Model for Rice Farming

박석호*	박원규*	주경노*	강창호*
정희원	정희원	정희원	정희원
S.H.Park	W.K.Park	K.N.Joo	C.H.Kang

1. 서론

벼농사의 기계화는 정부의 기계화정책에 힘입어 '96년말 현재 주요 농작업의 기계화율이 97%로 높은 수준에 도달하였다. 그러나 투하노동력과 생산비 측면에서 선진국에 비하여 취약한 실정이며, 농가 호당 논면적이 0.79ha수준에 머물고 있어 규모화된 경지에서 투하노동력과 생산비를 획기적으로 낮출 수 있는 일관기계화의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 욕구에 대응하기 위하여 정부는 규모화된 전문경영체 중심으로 기계화를 추진하여 농기계의 이용율을 증대하고 생산비를 절감을 기하고 있으나 편농과 적기영농 욕구로 대형·고성능 농기계를 구입하게 하여 생산비가 증가되고 농가의 영농수지를 악화시킨다는 지적도 있다. 또한 국내의 경우 연구자의 설정기준에 따라 연구결과의 차이가 있으며 현실적인 측면이 결여되어 적용에는 한계가 있다고 보고하였다. 일본의 경우는 농기계의 작업성능, 지역별 작업기간 및 시간, 지역별 작업특성, 실작업을 등을 고려한 농기계의 작업부담면적을 설정하여 대형 고성능 농기계의 도입기준으로 활용하고 있다.

본 연구는 현재 추진중에 있는 규모화된 전문경영체 육성에서 농기계의 적정투입기준을 마련함으로서 농기계의 적정공급과 효율적인 이용을 촉진하기 위하여 시도된 것으로 농기계 이용실태조사를 통하여 영농규모 및 작업공정별로 농기계의 투입기종과 대수를 분석하고, 농기계의 성능상 부담면적을 기준으로 이론적 모델을 제시하였으며, 농가이용실태 조사결과와 이론적 모델을 고려하여 기계화모델을 설정하고 경제성 분석을 통하여 모델의 타당성도 검증하였다.

2. 기계화모델의 설정방법

가. 농기계 이용실태조사

조사표본은 1ha이하, 3ha, 5ha, 10ha, 20ha, 30ha, 50ha 및 50ha이상 등 8개수준의 농가 또는 경영체를 선정하였다. 조사지역은 작업공정별 작업가능일수 등을 감안하여 이 등(1991)이 구분한 전국의 6개지역에서 지역별로 10~16개소를 선정하였다. 조사방법은 '97년 3월 24일부터 4월 10까지 18일간 연구자가 직접 농가를 방문하여 농가개황, 농기계의 보유현황, 작업공정별 작업수단 및 농가의견 등을 설문 조사하였다.

* 농업기계화연구소

나. 농기계의 이론적 소요대수산정

작업공정별 해당 농기계의 이론적 소요대수는 식 (1)과 같이 영농규모에 대한 농기계부담면적의 비로써 결정하였다.

$$N_t = \frac{A_c}{C_a} \dots \dots \dots (1)$$

N_t = 소요대수(*decimal*) A_c = 연간 영농규모(*ha*)
 C_a = 대당 부담면적(*ha*)

기종별 부담면적은 포장작업량, 작업가능일수 및 시간, 포장의 경지정리 여부 및 형상 등을 감안한 포장형상계수(한 등, 1997) 등을 적용하여 식 (2)로 구하였다. 건조기는 콤바인의 하루 수확작업량을 하루에 처리하는 것을 전제로 식 (3)으로 구하였다.

$$C_a = \frac{V W}{10} E_f E_d E_h F_s D_a H_a \dots \dots \dots (2)$$

C_a = 부담면적(*ha/yr*) W = 작업폭(*m*)
 V = 작업속도(*km/hr*) E_f = 포장작업효율(*decimal*)
 E_d = 작업가능일수율(*decimal*) E_h = 일 실작업시간율(*decimal*)
 F_s = 포장형상계수(*decimal*) D_a = 작업가능일수(*day/yr*)
 H_a = 일 작업가능시간(*hr/day*)

$$Q_d = \frac{A_d Q_{ah}}{N} \dots \dots \dots (3)$$

Q_d = 건조기의 건조용량(*kg/time*) A_d = 콤바인 부담면적(*ha/day*)
 Q_{ah} = 전국 평균 벼 수확량(*kg/ha*) N = 건조기의 하루 가동횟수(*time/day*)

3. 결과 및 고찰

가. 벼농사의 기계화실태

(1) 농기계 보유현황

영농규모별 농기계의 보유현황은 표 1과 같이 경운기는 영농규모에 관계 없이 농가마다 1대 이상을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 트랙터는 5ha규모에서 약 1대, 30ha 규모에서는 2대, 50ha규모에서는 3대, 50ha이상은 4대정도를 보유하고 있어 영농규모가 증가할수록 보유대수도 많고 대형 트랙터를 소유하고 있는 것으로 나타났다.

이앙기는 3ha규모에서 1대, 20ha에서는 2대, 30ha에서는 3대, 50ha이상은 3대이상으로 영농규모가 클수록 보행용 보다는 승용 이앙기의 보유율이 높은 것으로 나타났다.

콤바인은 10ha규모 이상에서 1대이상 보유하고, 20ha규모 이상에서는 4조형 콤바인의 보유율이 높고, 영농규모가 작은 1~3ha규모에서도 콤바인을 소유한 농가는 모두 4조형 콤바인을 보유하고 고성능 기종을 선호하는 경향을 보였다. 건조기는 10ha규모에서 1대, 20ha규모에서는 2대, 50ha규모 이상에서는 3대를 보유하고, 건조기의 크기는 대부분 30~40석급으로 나타났다.

Table 1. The ownership of the machinery at the different farm scales

Machine		Machine Unit / Farm household							
		Under 1ha	3ha	5ha	10ha	20ha	30ha	50ha	Over 50ha
Power tiller	8~10ps	1.0	1.0	1.2	1.3	2.0	2.0	0.8	0.8
Tractor	Small size	0.1	0.3	0.3	0.9	0.5	0.9	1.0	1.9
	Middle size	-	0.1	0.8	0.3	0.8	0.9	0.8	1.0
	Large size	-	-	-	0.1	0.2	0.2	1.5	0.9
	Total	0.1	0.4	1.1	1.3	1.5	2.0	3.3	3.8
Bed soil producer		0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5
Debearder		-	0.1	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	0.5
Rice seeding machine		0.3	0.6	0.7	0.7	0.6	1.0	0.5	1.0
Rice transplanter	4 row	0.2	0.6	1.0	0.3	1.2	1.3	2.0	1.0
	6 row	-	0.2	0.3	0.5	0.7	1.3	1.0	2.4
	Total	0.2	0.8	1.3	0.8	1.9	2.6	3.0	3.4
Broadcaster		0.1	0.1	0.7	0.9	0.9	1.2	1.0	1.5
Mist and dust blower		-	0.4	0.8	0.9	1.3	0.3	1.0	4.5
Power sprayer		0.8	1.6	2.1	1.1	1.1	1.5	1.0	0.5
High speed sprayer		0.1	0.1	0.1	-	0.1	0.3	-	1.0
Combine	3 row(sack)	-	-	0.3	0.4	0.2	0.3	1.0	0.7
	4 row(sack)	0.1	0.1	0.3	0.2	0.8	1.0	1.0	1.2
	4 row(grain tank)	-	-	-	0.2	-	0.1	0.3	0.9
	Total	0.1	0.1	0.6	0.8	1.0	1.4	2.3	2.8
Grain dryer	Middle size	0.1	0.3	0.6	0.9	1.3	1.0	3.0	2.4
	Large size	0.1	0.3	0.6	0.9	1.3	1.0	3.0	2.4
	Total	0.1	0.4	0.6	0.9	1.7	1.1	3.0	3.2

(2) 작업별 사용 농기계

경운·정지작업은 3ha규모에서 14.3%가 경운기를 사용하는 것을 제외하고 모두 트랙터를 이용하고 있으며 이는 농가마다 경운기를 소유하고 있으나 경운·정지작업에는 대부분 이용하지 않고 있음을 나타낸 것이라 판단된다. 이용 트랙터의 크기는 3ha이하는 소형, 5~30ha규모는 중형, 50ha이상은 대형의 이용율이 높아 영농규모가 클수록 대형 트랙터를 이용하는 것으로 나타났다.

이앙작업은 영농규모가 클수록 보행형 보다 승용형을 이용하는 비율이 높게 나타났는데 이는 작업의 편리성 뿐만 아니라 적기 적작의 선호도를 나타낸 결과로 생각된다.

수확작업은 모두 콤바인을 사용하고 있으며 콤바인의 소유하지 않은 농가는 콤바인 작업을 위탁하여 수확하고 있는 것으로 나타났다. 위탁농가율은 1~3ha규모에서 89~93%, 5~20ha 규모에서 11~33%로 영농규모가 작을수록 위탁작업율이 높은 것으로 나타났다. 사용 콤바인의 규격은 영농규모가 클수록 대형, 1~3ha의 소규모 농가에서도 7~11%는 4조식 대형

콤바인을 소유하여 사용하는 것으로 나타났다. 건조작업은 영농규모가 작을수록 천일 건조 또는 위탁 건조하는 비율이 높으며, 건조기 이용률은 영농규모가 클수록 높게 나타났다.

Table 2. The utilization rate of agr. machines at the farm operation under the different farm scales

Operation	Mean		Agr. machine utilization rate (%)							
	Agr. machine	Model	Under 1ha	3ha	5ha	10ha	20ha	30ha	50ha	Over 50ha
Tillage	Power tiller	8~10ps	-	14.3	-	-	-	-	-	-
	Tractor	Consignment	92.9	42.9	-	-	-	-	-	-
		Small size	7.1	28.6	16.7	66.7	27.3	22.2	11.1	14.3
		Middle size	-	14.3	83.3	33.3	45.4	66.7	33.3	35.7
		Large size	-	-	-	-	27.3	11.1	55.6	50.0
Debearding	Purchase	-	-	8.3	14.3	-	-	20.0	-	-
	Manual	-	100	83.3	42.9	60.0	61.5	50.0	-	50.0
	Awn remover	-	-	8.3	42.9	40.0	38.5	30.0	100	50.0
Bed soil preparation	Purchase	-	7.1	25.0	28.6	20.0	23.1	30.0	50.0	50.0
	Manual	-	85.7	66.7	57.1	80.0	69.2	40.0	-	-
	Bed soil producer	-	7.1	8.3	14.3	-	7.7	30.0	50.0	50.0
Sowing	Manual	-	78.6	41.7	42.9	40.0	38.5	10.0	50.0	-
	Rice seeding machine	-	21.4	58.3	57.1	60.0	61.5	90.0	50.0	100
Trans-planting	Rice transplanter	Consignment	76.9	20.0	-	22.2	-	-	-	-
		4 row	23.1	60.0	62.5	33.3	50.0	45.0	50.0	35.7
		6 row	-	20.0	37.5	44.5	50.0	55.0	50.0	64.3
Initial fertilizer	Manual	-	92.9	41.7	11.1	10.0	-	-	-	-
	Mist and dust blower	-	-	16.7	22.2	10.0	7.7	22.2	-	-
	Broadcaster	-	7.1	41.7	66.7	80.0	92.3	77.8	100	100
Upper fertilizer	Manual	-	100	66.7	33.3	25.0	27.3	57.1	50.0	50.0
	Mist and dust blower	-	-	33.3	66.7	75.0	72.7	42.9	50.0	50.0
Weeding	Manual	-	100	75.0	33.3	45.5	25.0	85.7	-	-
	Mist and dust blower	-	-	25.0	66.7	54.5	75.0	14.3	100	100
Pest control	Power sprayer	-	100	100	87.5	100	92.9	80.0	100	50.0
	High speed sprayer	-	-	-	12.5	-	7.1	20.0	-	50.0
Harvesting	Combine	Consignment	92.9	88.9	33.3	23.1	11.1	-	-	-
		3 row	-	-	33.3	38.4	22.2	10.0	42.9	26.7
		4 row	7.1	11.1	33.3	38.4	66.7	90.0	57.1	73.3
Drying	Consignment	R P C	28.6	58.3	28.6	-	8.3	-	-	20.0
	Solar drying	-	71.4	16.7	42.9	23.1	-	25.0	-	-
	Grain dryer	30~60 suk	-	25.0	28.6	76.9	91.7	75.0	100	80.0

나. 영농규모별 농기계 투입모델

모델의 설정 영농규모는 3ha, 10ha, 20ha, 30ha, 50ha와 간척지 등 대단위 재배지역을 위한 100ha규모 등 6개수준으로 설정하였다. 모델에 적용한 농기계는 자가영농하는 것을 원칙으로 하였으며, 적용 농기계중 다양한 규격이 공급되고 있는 트랙터와 건조기는 소·중·대형 3등급으로 구분하여 트랙터는 30ps급을 소형(단, 3ha수준의 영농규모는 20ps급을 소형), 40~50ps급을 중형, 60ps급이상을 대형으로, 건조기는 20석급을 소형, 30~40석급을 중형, 50~60석급을 대형으로 구분하였다.

(1) 이론모델

이론모델은 표 3과 같으며 영농규모와 작업공정에 맞는 소요대수를 부담면적 기준으로 설정한 것이다.

트랙터의 소요대수는 3ha규모에서 소형(20마력급) 0.3대, 10ha규모에서 소형(30마력급) 0.7대, 20ha규모에서 중형 1대와 소형 0.3대, 30ha규모에서 중형 1.8대, 50ha규모에서 대형 2대와 소형 0.4대, 100ha규모에서 중형 및 대형이 각각 2대 등이 필요한 것으로 나타났다.

Table 3. Theoretical number of machine at the different farm scales

Machine	Class	No. of machine unit / Farm household					
		3's ha	10's ha	20's ha	30's ha	50's ha	100's ha
Tractor	Small size	0.3	0.7	0.3	-	0.4	-
	Middle size	-	-	1.0	1.8	-	2.0
	Large size	-	-	-	-	2.0	2.0
Debearder	-	-	0.1	0.2	0.3	0.6	1.1
Bed soil preparator	-	-	0.2	0.3	0.5	0.9	1.7
Rice seeding machine	Broadcast	-	0.2	0.8	1.1	1.9	3.7
Rice transplanter	4 row	0.3	1.1	-	-	-	-
	6 row	-	-	1.1	1.6	2.7	4.9
Rice direct seeder	6 row	0.3	1.0	2.1	-	-	1.2
	8 row	-	-	-	1.8	3.0	4.0
Broadcaster	-	-	0.3	0.5	0.8	1.3	2.5
Mist and dust blower	-	0.1	0.3	0.5	0.8	1.3	2.7
Power sprayer	-	0.2	0.7	-	0.8	0.9	1.0
High speed sprayer	-	-	-	0.5	0.5	1.0	2.3
Combine	2 row	0.4	-	-	-	-	-
	3 row	-	0.6	-	0.2	-	-
	4 row	-	-	0.8	1.0	1.9	3.0
Grain dryer	Small size	1.0	1.0	-	1.0	-	-
	Middle size	-	-	-	1.0	-	-
	Large size	-	-	1.0	-	2.0	3.0

이앙기는 10ha규모 이하의 경우 보행형을 1.1대이하, 20ha규모 이상은 모두 승용형을 1.1대이상 투입해야 되는 것으로 나타났다.

콤바인의 소요대수는 3ha규모에서 2조 0.4대, 10ha규모에서 3조 0.6대, 20ha규모에서 4조 0.8대, 30ha규모에서 4조 1대와 3조 0.2대, 50ha 및 100ha규모에서는 각각 4조 1.9대 및 4조

3대 등으로 나타났다.

건조기는 3ha 및 10ha규모에서 모두 소형 1대, 20ha규모에서 대형 1대, 30ha규모에서 소형 및 중형 각각 1대, 50ha 및 100ha규모에서는 모두 대형으로 각각 2대 및 3대 소요되어야 하는 것으로 나타났다.

(2) 기계화모델

기계화모델은 자가영농을 전제로 이론모델에서 나타난 농기계의 소요대수와 농기계의 이용실태조사에서 나타난 농기계의 이용성향을 고려하여 설정한 것으로 표 4와 같다.

Table 4. The actual number of machine determined by the mechanization model at different farm scales

Machine	Class	No. of machine unit / Farm household					
		3's ha	10's ha	20's ha	30's ha	50's ha	100's ha
Tractor	Small size	1	1*	1	-	1	1
	Middle size	-	-	1	2	-	2
	Large size	-	-	-	-	2	2
Debearder	-	(1)	1	1	1	1	1
Bed soil preparator	-	(1)	1	1	1	1	2
Rice seeding machine	Broadcast	(1)	1	1	1	2	4
Rice transplanter	4 row	1	1**	-	-	-	-
	6 row	-	-	1	2	3	5
Rice direct seeder	6 row	(1)	(1)	-	-	-	1
	8 row	-	-	2	2	3	4
Broadcast	-	1	1	1	1	1	2
Mist and dust blower	-	1	1	1	1	1	2
Power sprayer	-	1	1	-	1	1	1
High speed sprayer	-	-	-	1	1	1	2
Combine	2 row	1	-	-	-	-	-
	3 row	-	1	-	2***	-	-
	4 row	-	-	1	-	2	3
Grain dryer	Small size	1	-	-	-	-	-
	Middle size	-	1	-	1	-	-
	Large size	-	-	1	1	2	3
Break-even scale(ha)		4.8	8.1	11.7	17.9	26.0	39.9

* Small or Middle Size, ** Walking or Riding type, *** 3 row or 4 row

트랙터의 소요대수는 3ha규모에서 소형 1대, 10ha규모에서 소형 또는 중형 1대, 20ha규모에서 소형 및 중형 각각 1대, 30ha규모에서 중형 2대, 50ha규모에서 소형 1대와 대형 2대, 100ha규모에서 소형 1대와 중형 및 대형 각각 2대 등으로 나타났다.

이앙기는 3ha규모에서 보행형 1대, 10ha규모에서 보행형 또는 승용형 1대, 20ha규모에서

승용형 1대, 30ha규모에서 승용형 2대, 50ha규모에서 승용형 3대, 100ha규모에서 승용형 5대를 투입해야 하는 것으로 나타났다.

콤바인의 소요대수는 3ha규모에서 2조 1대, 10ha규모에서 3조 1대, 20ha규모에서 4조 1대, 30ha규모에서 3조 또는 4조 1대, 50ha규모에서 4조 2대, 100ha규모에서 4조 3대로 나타났다.

건조기는 3ha규모에서 소형 1대, 10ha규모에서 중형 1대, 20ha규모에서 대형 1대, 30ha규모에서 중형 및 대형 각각 1대, 50ha규모에서 대형 2대, 100ha규모에서 대형 3대로 나타났다.

4. 요약 및 결론

농기계의 적정공급과 효율적인 이용을 촉진하기 위하여 지역여건이 다른 6개지역 16개시군에서 75농가를 대상으로 벼농사의 농기계 이용실태를 조사하고, 농기계의 성능상 부담면적으로 영농규모별 소요대수를 이론적으로 산정하였으며, 농기계 이용실태 및 농기계의 이론적 소요대수를 고려하여 실제 생산경영체에 적용할 기계화모델 개발한바 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벼농사의 영농규모에 따른 농기계의 소유대수는 트랙터, 이앙기 및 콤바인의 경우 10ha규모에서 각각 1.3대, 0.8대 및 0.8대, 30ha규모에서 각각 2.0대, 2.6대 및 1.4대, 50ha규모에서 각 3.3대, 3.0대, 2.3대 등으로 나타났다.
2. 주요 농작업별 작업수단은 로타리작업의 경우 대부분이 트랙터, 이앙 및 수확은 모두 이앙기 및 콤바인을 이용하고 있으며 이들 농기계를 소유하지 않은 농가는 이들 기종에 위탁하여 사용하는 것으로 나타났다.
3. 이론모델에서 기종별 소요대수는 트랙터, 이앙기, 콤바인의 경우 10ha규모에서 각각 0.7대, 1.1대 및 0.6대, 20ha규모에서 각각 1.8대, 1.6대 및 1.2대, 50ha규모에서 각각 2.4대, 2.7대 및 1.9대 등으로 나타났다.
4. 기계화모델에서 트랙터, 이앙기, 콤바인의 소요대수는 10ha규모에서 모두 각각 1대, 30ha규모에서 모두 각각 2대, 50ha규모에서는 트랙터와 이앙기의 경우 3대, 콤바인은 2대로 농가의 농기계 이용실태와 유사한 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 최종백, 정창주, 조성인. 1995. 콤바인 벼수확 작업의 작업가능일수율 분석. 한국농업기계학회지 20(1) : 36~46.
2. 龜岡高夫. 1994. 高性能農業機械導入基本方針及び參考資料. 日本農業機械化協會.
3. 한경훈, 이동렬, 김경욱. 1997. 영농조건별 농기계 선정에 위한 컴퓨터 프로그램개발. 한국농업기계학회 동계학술대회 논문집 : 61~67.
4. 정창주 외 11인. 1993. 농업기계의 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술개발연구(Ⅱ). 서울대학교 농업개발연구소.
5. 강창용, 김석현, 박문호, 위용석. 1995. 수도작 기계화의 적정규모에 관한 연구. 한국농촌경제연구원 연구보고 R329.
6. 김학주, 이동현, 최희석, 오인식. 1994. 벼 기계화 전업농 육성방안 연구. 농업기계화연구소 시험연구사업보고서 : 21~40.
7. 이용범, 조성인, 유경선, 유병기. 1996. 수도작을 위한 적정 농기계 선정 전문가 시스템 개발(I). 한국농업기계학회지 21(4) : 474~481.
8. 농업기계화연구소. 1991~1997. 농업기계시험 평가연보