

밀 기계화 작업체계에 의한 노력 절감 효과

김학신[†] · 김영진 · 김경훈 · 이광원 · 신상현 · 정영근 · 박기훈

농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부

Effect of Mechanical Working System on Labor-Saving in Wheat Cultivation

Hag-Sin Kim[†], Young-Jin Kim, Kyeong-Hoon Kim, Kwang-Won Lee, Sang-Hyun Shin, Young-Keun Cheong, and Ki-Hoon Park

Winter Cereal and Forage Crop Research Div. NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

ABSTRACT This study was carried out to evaluate the wheat cultivation system to reduce costs and mechanize wheat production. A field study was conducted for 2 years (2009 to 2010) at the National institute of crop science, Iksan, Korea. We used working system I and working system II for the experiment. Working system I is used a multiple machine attached with a spreader tractor (seeding, fertilization, seed coverage, and weed control functionality) and working system II is used a multiple machine with a tractor which works for simultaneous job when seeding step (seeding, fertilization, and seed coverage). Sowing to harvesting operation time is 118 hours/ha for mechanize with conventional planting. Working system I is a multiple machine and a combine machine with a tractor, which worked 26 hours/ha lower than conventional planting. Working system II is 18 hours/ha lower than conventional planting. The reduced work efforts of working system I and II were 78% and 85% respectively. The growth and yield of wheat according to working system I and II is lower than conventional planting. Therefore, a multiple machine needs to study for appropriate seeding rate. Mechanization cost in consideration of the mechanical break-even point when the working system I is 3.7 ha and working system II is 4.2 ha. The farm income is enhanced by working system I (778,110 won/ha) and working system II (849,930 won/ha). The results showed that application of a multiple machine lowered costs of wheat production.

Keywords : wheat, cultivation, labor-saving, mechanical

밀은 옥수수과 쌀과 더불어 3대 작물 중 하나이며, 최근 세계 주요 밀 수출국가의 기상이변에 따른 생산량 감소와 제고량의 감소로 세계 밀 곡물가가 상승하면서 수입 밀과 국산밀의 가격이 현재 2.4배까지 좁혀져 식량안보가 부각되고 있다(KREI, 2010). 국내에서는 밀의 주 재배는 벼 후작 형태로 되어있어 근본적으로 작부체계를 합리화할 수 있는 밀 품종의 조숙화, 단위면적당 수량성의 제고와 용도별 고품질 품종개발이 시급하다고 할 수 있다(Chun & Kang, 2002).

국산 밀 생산은 2003년 이후 계약재배의 점진적 확대로 2008년에는 9.6천 톤 생산되었다(MIFAFF, 2009). 2010년 정부의 자급률 향상을 위한 정책으로 2015년까지 10% 자급률을 향상시키고자 노력한 결과 증가되어 2010년에는 12.5천 ha로 재배면적이 확대되었고 35천 톤을 생산하였다(MIFAFF, 2010, 2011a, 2011b).

우리나라에서 과거에 Kim *et al.* (1978)이 조사한 결과에 따르면 맥류재배 기피원인은 31%가 벼 재배와의 노력경합, 21%가 수익성 저하, 20%가 노력 부족, 22%가 상승적인 습해와 동해, 4.5%가 타 작물에 더욱 흥미를 느끼며 1.5%는 기타의 원인에서 비롯되었다고 하였다. 벼 재배와의 노력경합 해소 및 수익성을 높이기 위해서는 기계화와 기계 이용효율을 높여 생산비를 줄이는 방법이 강구되어야 할 것으로 생각된다.

벼 입모종 맥류 산파재배기술은 벼 수확과 보리 파종 작업의 노동력 경합을 분산하고 파종기의 잦은 강우나 호우로 파종이 불가능하게 될 경우에 이용할 수 있는 생력효과가 우수한 논뒷그루 맥류재배기술이 연구되었으

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2236 (E-mail) khs0716@korea.kr

<Received 6 August, 2012; Revised 11 September, 2012; Accepted 25 September, 2012>

나 현재는 널리 이용되지 못하고 있다(Yun & Kyun, 2000). 보리 재배의 기계화는 벼농사에 이용하는 농기계를 활용할 수 있으므로 벼농사 기계화와 더불어 빠른 속도로 발전했다(Cho, 2000). 겉보리의 10a당 노력시간은 1990년 30.7시간에서 2000년 13.7시간으로 줄어들었고 이에 따라 노동생산성도 향상되었고(Cho, 2000; Min *et al.*, 1981), 벼 수확 당시 맥류파종연구는 논 이모작 체계가 비슷한 일본에서는 1970년대 후반부터 이루어졌는데, 토지 이용률 향상을 위한 벼와 맥류의 이모작 체계에서 비용절감, 생력화, 적기파종 등을 목표로 수확기술 및 출

현율 향상과 입모율을 높이기 위한 파종기술이 검토된 바 있다. 우리나라에서는 벼 수확 동시에 보리파종작업이 가능한 벼 콤바인부착 파종기를 개발하여 재배기술을 보고한 바 있다(Lim *et al.*, 1999; Rhee *et al.*, 2000). 특히 Park *et al.* (1990)은 맥류의 기계화 집단재배시 인근 농가보다 노동력이 10a당 18.1%(전국평균 43.3%), 경영비는 트랙터 부착 세조파기를 공동 이용시 6.6%, 콤바인까지 공동 이용시 33.6%가 절감되었다고 하였다.

그러나 1984년 정부의 밀 수매정책의 중단으로 밀 재배면적의 급격한 감소와 밀의 재배기술 뿐만 아니라 품

Table 1. Three types of working step using machine in wheat cultivation.

Working step	Used machine		
	Conventional (Control)	Working system I	Working system II
Seeding	Hand	Applicator	
Basal fertilization	Hand, Power duster	Applicator	Batch job machine (Simultaneous working)
Soil covering	Soil coverer	Soil coverer	
Herbicide application	High pressure sprayer	Riding type applicator	Riding type applicator
Additional fertilizer	Hand, Power duster	Applicator and Power duster	Applicator and Power duster
Harvesting	Combine	Combine	Combine

* Applicator, Soil coverer is working machine on tractor



Hand



Power duster



Applicator on tractor



Soil coverer on tractor

Seeding



Batch job machine (Simultaneous working)

On riding type cultivator



Riding type applicator



Harvesting (Combine harvester)

Fig. 1. Type machine at the working step from seeding to harvesting.

종육성 연구가 거의 이루어지지 않았으나 2008년 제2녹색혁명의 일환으로 밀 자급률 10%를 목표로 정책발표와 함께 재배 면적의 증가를 보이고 있으나 원백의 국제가격 격차가 커 국내산 밀의 생산 소비가 불리한 조건은 분명한 사실이다. 이와 같은 국산 밀의 불리한 조건을 해결하고 재배면적 확대를 위해서는 생산비 절감을 통한 농가 소득을 향상시키는 것이 무엇보다 우선되어야 한다고 본다. 따라서 밀 재배의 작업 단계별 기계화에 따른 노력 절감 효과를 분석하고자 밀 재배 작업단계 즉, 파종, 시비(밀거름, 옷거름), 배토, 초기와 중기 잡초방제 및 수확 단계에 투입한 기종간 작업 시간을 산출하여 최적 작업체계를 설정하고자 연구한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

밀 생산비 절감을 위한 기계화 작업체계를 설정하고자 2009년부터 2010년까지 2년에 걸쳐 국립식량과학원 벼맥류부에서 익산 농가 현지포장과 보유 농기계를 활용하여 시험을 수행하였다.

밀 재배의 생력기계화의 작업체계 확립을 위하여 작업 단계를 파종·시비, 배토, 수확작업 단계로 크게 구분하여 각 작업단계별 투입기종으로 파종과 밀거름 시용 작업은 인력, 동력살포기, 트랙터부착용 살포기, 복토와 배수골 형성은 트랙터 부착 배토기로 개별 작업과 파종, 시비와 배수골 형성이 동시에 이루어지는 일괄작업이 가능한 동시작업기를 사용하였으며, 제초제 살포는 고압식 방제기와 승용방제기, 수확 작업은 자탈형 콤바인을 이용하여 작업을 추진하였다(Table 1, Fig. 1). 기계화에 따른 밀의

생육 및 수량성을 검토하고자 ha당 파종량은 인력과 기계 산파는 150, 200, 300 kg, 동시작업기 이용 줄뿌림은 120, 150 kg을 10월 26일에 파종하였으며, 시험구는 기계 작업 수행으로 각 처리별 단구제로 하였다. 기타 시비는 ha당 N-P₂O₅-K₂O = 120-80-70 kg을 기준하였으며, 질소 질은 밀거름과 옷거름을 4 : 6 비율, 인산질과 카리질은 전량 기비로 시용하였고, 밀의 생육, 수량성은 농촌진흥청 시험연구조사기준에 준하여 조사 분석하였다. 밀 품질 분석 하기 위하여 전처리로 제분기(BUHLER MLU 202)를 이용 원백 시료를 1 kg을 준비하여 수분을 측정하고 제분시료의 수분함량을 14%가 되도록 tempering한 다음 제분을 하여 단백질, 회분과 침전가를 조사하고자 각각 밀가루 0.05 g, 3 g, 3 g의 필요한 시료량을 취하였다. 단백질은 질소/단백질 분석기(Elementar Analysensystem, Vario Macro)이용 전질소함량을 구한 다음 질소계수 5.7을 곱하여 산출하였으며, 회분은 AACC Method 08-01 방법으로 하였고 침전가는 SDS-Sedimentation test 방법으로 분석 조사하였다. 또한 새로운 기계도입에 따른 농가의 소득향상을 위한 자료로 활용토록 효과가 컸던 기계화작업체계를 경영분석은 농촌진흥청 경영분석기준에 준하여 분석을 실시하여 제시하였다.

결과 및 고찰

밀 재배 작업단계별 소요시간

밀을 파종에서부터 수확까지 주요작업단계를 종자살포, 밀거름 시용과 복토작업을 파종단계, 제초제살포, 옷거름 시용, 수확작업 단계로 크게 구분하였으며, 각각의

Table 2. Working hours per hectare according to difference used machine of working steps in Wheat cultivation.

Treatment	Seeding			Basal fertilization			Soil coverer on tractor	Simultaneous working on tractor	Herbicide application		Additional fertilizer			Harvesting (Combine)	Total (Min/10a)	Ratio (%)
	Hand	Power duster	Applicator tractor	Hand	Power duster	Applicator tractor			Riding type applicator	High pressure sprayer	Hand	Power duster	Applicator tractor			
T 1	198.6	-	-	189.2	-	-	68.3	-	-	71.0	150.0	-	-	25.8	703	100
T 2	-	29.6	-	-	51.9	-	68.3	-	-	71.0	-	46.0	-	25.8	293	41.6 100
T 3	-	29.6	-	-	51.9	-	68.3	-	12.6	-	-	46.0	-	25.8	234	33.3 80.0
T 4	-	-	17.5	-	-	16.3	68.3	-	-	71.0	-	-	16.3	25.8	215	30.6 73.5
T 5	-	-	17.5	-	-	16.3	68.3	-	12.6	-	-	46.0	-	25.8	187	26.5 63.7
T 6	-	-	17.5	-	-	16.3	68.3	-	12.6	-	-	-	16.3	25.8	157	22.3 53.6
T 7	-	-	-	-	-	-	-	51.9	12.6	-	-	-	16.3	25.8	107	15.2 36.4

작업단계에 따라 투입기종별 작업시간을 산출하였다. 그 결과 종자 덮기와 배수 골을 형성하는 복토작업은 트랙터부착용 작업기를 활용해도 10a당 이 68.3분으로 작업시간이 가장 길었다. 파종에서 수확까지 작업시간은 관행(부분기계)이 703분으로 노력절감은 기계 개별 작업체계인 T6(작업체계 I : 트랙터부착 살포기로 파종 및 시비-복토기 - 승용관리기 제초-트랙터 부착 옷거름 사용 - 콤파인 수확) 체계로 157분(26.1시간 ha⁻¹)에 작업이 가능하여 77.7% 절감, 파종 작업 단계 동시작업체계인 T7(작업체계 II : 동시작업기이용 시비, 파종, 배토 동시작업-승용관리기 제초-트랙터 부착 옷거름 사용-콤파인 수확으로 107분(17.8시간 ha⁻¹)에 작업이 가능하여 84.8% 노력절감이 가능하였다. 이러한 결과는 Cho(2000), Min *et al.*(1981)의 연구결과에서 겉보리의 10a당 노력시간은 1990년 30.7시간에서 2000년 13.7시간으로 줄어들었고 이에 따라 노동생산성도 향상되었고 한 결과보다 더 많은 노력을 절감할 수 있다는 것을 증명하는 결과를 보여주고 있다.

Table 2에서와 같이 밀 재배의 생력화를 위한 기계화 작업체계는 T7이 가장 유리하고 다음으로 T6이 유리하나 농가의 재배규모와 보유 농작업기를 감안하여 작업을 체계적으로 할 때 동력작업기를 중심으로 하는 T2에 비하여 트랙터부착용 작업기를 사용함으로써 처리 3~5의 작업체계도 20~36.3%의 노력이 절감되었다.

파종방법에 따른 생육 및 수량성

밀의 생육은 인력파종에 비하여 간장과 수장이 모두 작았으며, 수당립수는 인력 300 kg이 적었는데, 이는 지나치게 파종량이 많은 것이 원인으로 판단되며, 줄뿌림 120 kg,

150 kg에서 적었던 것은 생육량이 적었던 것이 원인인 것으로 생각되나 추후 심도 있는 연구가 필요하다고 생각되었다. 천립중은 인력산파 > 동시작업기 줄뿌림 > 기계 산파 순으로 가벼웠다. 수량성은 파종방법간에는 기계 산파(150 kg ha⁻¹) 대비 수량성은 인력파종은 모두 높았으나, 기계 산파는 82~87%, 동시작업기 줄뿌림은 81~84% 수준으로 낮아 인력 파종 > 트랙터 부착 기계 산파 > 동시작업기 줄뿌림 순으로 수량성에서 차이를 보였는데, 이는 입모울에 의한 m²당 경수 확보의 차이에서 기인된 것으로 사료되었다(Table 3). 파종량 간에는 트랙터부착용 기계 산파는 200 kg, 동시작업기 세조파는 150 kg가 알맞은 것으로 보였으나 안전한 밀수량을 확보하기 위해서는 파종량을 고려한 검토가 요구되었다.

기계화에 따른 적정 재배규모

밀 생산비 절감과 기계이용효율을 향상시키고자 밀 파종에서 수확까지 작업단계별 기계화작업을 체계적으로 수행함으로써 관행(부분기계화) ha당 117.2시간을 기계화 개별 작업 체계(T6)로 26.1시간으로 91.0시간이 단축되어 778,110원의 소득효과가 있으며, 동시작업기 활용 기계화 작업 체계(T7)로 17.8시간으로 99.4시간을 단축하여 849,930원의 소득효과를 얻을 수 있다. 이러한 결과는 Park *et al.* (1990)은 맥류의 기계화 집단재배시 인근 농가보다 노동력이 10a당 18.1%, 경영비는 트랙터 부착 세조파기를 공동 이용시 6.6%, 콤파인까지 공동 이용시 33.6%가 절감 되었다는 결과와 같은 경향이었다. 하지만, 기계구입에 의한 비용 부담으로 인하여 손익분기점은 개별 작업체계(T6)는 3.7 ha, 동시작업기 활용 작업체계(T7)는

Table 3. Difference in growth and yield of wheat according to sowing method.

Seeding method	Seeding amount (kg/ha)	Culm Length (cm)	Spike length (cm)	Number of grains (spikelet-1)	Number of spike (m ²)	Test Wt. (g/l)	1000 grain Wt.(g)	Yield (Ton/ha)	Index
Broadcast planting (Conventional, Control)	150	92.1	7.1	21.3	1,133	712.2	42.3	3.47b ^J	104
	200	90.1	7.1	20.2	1,247	715.3	42.0	4.29a	129
	300	92.2	7.0	16.9	1,220	725.2	42.4	4.04a	121
Broadcast planting (Machine)	150	88.2	6.8	20.2	1,227	729.0	39.7	3.34b	100
	200	82.8	6.8	21.3	1,200	684.8	33.1	2.91c	87
	300	83.7	6.9	20.1	1,347	706.6	36.9	2.74c	82
Drill seeding (Simultaneous working ^J)	120	73.7	6.0	16.0	820	706.8	40.5	2.70c	81
	150	80.2	6.2	16.9	811	711.8	39.7	2.80c	84

^J; Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 4. Break-even point according to working system in wheat cultivation.

Loss factors (A)	Profit factors (B)
○ Cost of machine purchase A : Tractor(60HP) 1, Fertilizer(seeding machine) applicator 1, Riding type applicator 1, Combine 1 = 2,899,450 Won B : Tractor(80~95HP) 1, Batch job machine 1, Riding type applicator 1, Combine 1 = 3,580,570 Won	○ Labor saving A(Treatment 6): 91.0 hr/ha, = 778,110 Won B(Treatment 7): 99.4 hr/ha = 849,930 Won (Male 68,405 Won/one day)
○ Break-even point : A : 3.7ha, B : 4.2ha	

4.2 ha로 분석되었다. 따라서 기계화로 노력을 절감하고자 할 경우 밀 재배면적을 손익분기점 이상으로 재배할 때 소득이 발생되므로 생산비의 최소화를 위해서는 농기계의 공동작업화 또는 일정 규모 이상 재배를 하여야 기계이용 효율이 향상될 것으로 판단되었다.

적 요

밀 재배면적 확대를 위해서는 노력절감을 통하여 생산비를 낮추고 농가 소득의 증가와 더불어 수입산 밀과의 경쟁력을 향상시키고자 밀 재배 작업의 단계별 체계적인 기계화로 노력절감 및 기계 이용효율 효과를 분석한 다음과 같다.

1. 밀 재배 작업 중 복토작업이 ha당 683분이 소요되어 작업소요시간이 가장 길었으며, 파종단계인 파종, 시비와 복토작업을 한번에 할 수 있는 동시작업기 이용, 제초제 살포는 승용살포기 이용으로 노력절감을 최소화 할 수 있었다.
2. 밀 파종에서 수확까지의 작업 소요시간은 ha당 부분 기계화 작업인 관행(인력)의 118시간 대비 트랙터부착용 살포기로 밀거름 시비와 파종+트랙터부착용 배토기로 복토+승용관리기 제초제 살포+트랙터부착용 살포기로 웃거름 살포+콤바인 수확 작업체계(작업체계 I)에서 26시간으로 78% 절감되었으며, 작업체계 I에서 파종단계인 시비, 파종, 복토 작업을 트랙터부착용 동시작업기 활용 작업(작업체계 II)으로 18시간으로 85%가 절감되었다.
3. 밀의 생육, 수량구성요소 등 모두 인력에 비해 기계 파종이 짧거나 적어서 수량도 떨어지는 경향을 보였다. 따라서 기계파종 방법에 따라 적합한 파종량 설정에 관한 연구가 요구되어 졌다.
4. 기계화에 따른 기계비용 부담을 감안하여 볼 때 손

익분기점은 작업체계 I은 3.7ha, 작업체계 II는 4.2 ha로 판단되었으며, 농가 소득은 ha당 각각 778,110원, 849,930원이 향상되는 효과가 있었다.

인용문헌

Chae, J. C., C. S. Koo, and R. D. Park. 1996. Problems on Cultural Technique in Large Scale Mechanized Rice. Korean J. Crop Sci. 41(2) : 243-249.

Chae, J. C., C. S. Koo, and Y. C. Gweon. 1996. Analysis of Production Cost in Large Scale Mechanized Rice Cultivation. Korean J. Crop Sci. 41(2) : 250-256.

Cho. S. J. 2000. The introduced scale of labor-saving mechanized cropping system. Office of Agricultural Management Information. (In Korean).

Kang, C. S., H. S. Kim., Y. K. Cheong. J. G. Kim., K. H. Park, and C. S. Park. 2008. Flour characteristics and End-use quality of commercial flour produced from Korean wheat and imported wheat. Korea J. Food Preserv. 15(5) : 687-693.

Kim, M. H. 1978. Study on the development of cultivation technology in Korea varies and Realities. Rural development Administration (RDA), Annual research report, 20(Crop) : 79-113 (In Korean).

Kim, T. S. and J. H. Lee. 1987. Test of barley broadcast sowing during rice seedling stand. Kyeongsanbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Annual research report 159~162 (In Korean).

Korea Rural Economic Institute(KREI). 2010. World Agriculture. 124 : 71-77. (In Korean).

Lim, S. G., J. M. Ko, D. Y. Suh, and S. P. Hong. 1999. Studies on Broadcasted Cultivation of Barley with Rice Harvest. J. of Biosystems Eng.. 4(1) : 45-52 (In Korean).

Min, K. S., J. O. Guh, and I. K. Kim. 1981. Comparative Study of Labor-Saving Structure in Various Sowing Methods of Winter Barley. Korean J. Crop Sci. 26(4) : 311~317.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2009. Statistics of Agriculture and Forestry. pp. 208,

- 273-303. (In Korean).
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2010. Measures for Rice Industry Development and Diversification of Rice Field Agricultural in 2010. (In Korean)
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 20011a. Measures for Diversification of Rice Field Agriculture (In Korean).
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF). 2011b. Paddy Cultivation Technology of Upland for Income Diversification 2011 (In Korean).
- Park, P. S., H. U. Jeong, and C. S. Hong. 1990. Studies for Management on Varices Mechanized of Collective Cultivation. Journal of Rural development Administration (RDA). 32(3) : 73-82 (In Korean).
- Rhee. J. Y., Y. Y. Kim, Y. K. Kim, S. L. Park, and M. S. Park. 2000. Development of Barley Drill Seeder Attached to Combine. J. of Biosystems Eng. 5(1) : 637-642 (In Korean).
- Yun. Y. S. and Kyun. J. B. 2000. The selection test of Barley broadcast sowing adaptation varieties during Rice Seedling stand. Kyeongsanbuk-do Agricultural Research & Extension Services, Annual research report (In Korean).