

米穀의 散物移送을 위한 이동식 오거의 開發⁺ Development of a Portable Auger System for Rough Rice Handling in Bulk

張 東 日* 張 奎 燮** 金 再 洪*** 金 進 永****
D. I. Chang, K. S. Chang, J. H. Kim, J. Y. Kim

Summary

The objective of this study was to develop a portable auger for handling rough rice in bulk. For this purpose, a system analysis was taken for the systems of harvesting, drying, storage and transportation of rough rice and an optimal handling capacity of portable auger was determined. Then a portable auger of which capacity is 9.2 m³/h (Indica type rough rice, 19.5%, w.b.) was designed and manufactured by design requirements and tested.

Test results showed that the performance of portable auger developed satisfied most design requirements.

1. 緒 論

국민경제의 급속한 발전에 따라 農業人口 및 勞動力의 감소는 심각한 상황에 이르렀다. 농가인구를 보면 1965년에 우리나라 전체인구의 55.6%를 차지하던 것이 1987年末에는 18.5% 수준에 와 있으며, 계속 감소추세에 있다(농업기계연감, 1988). 이러한 농가인구의 급속한 감소와 농업노동력의 老齡化, 婦女化 현상이 농촌 노동력의 부족과 함께 농업노동력의 질적저하와 農村勞賃의 상승을 초래했다.

이러한 농촌노동력 부족과 노임상승은 농업생산비를 증가시킬 뿐만 아니라, 農産物의 손실과 질적저하를 야기시켜 농산물 증산 및 농가소득 향상을 저해하는 요인이 됐다. 따라서 農業의 機械化는 2000年代 우리 농업의 사활이 걸린 문제가 아닐 수 없다.

특히 미곡의 수확후 작업체계의 건조, 저장, 운반에는 수차에 걸친 移送作業을 요한다. 그런데 우리의 농촌은 아직까지도 대부분의 이송작업을 人力에 의존하고 있는데, 이제는 이와같은 작업을 機械化하여 작업능률을 높이고 농업노동력의 重勞動으로 부터의 해방을 실현하여야 하겠다.

그러므로 本 연구는 벼의 수확, 건조, 저장, 운송시스템을 분석하여 散物移送 作業機의 最適規模設計와, 이송과 운반작업을 기계화할 수 있는 最適規模의 이동식 오거(portable auger)의 개발을 目的으로 하였다.

2. 研究史

과거 여러 연구자들이 移動式 오거의 주요 부품인 스크류콘베이어(screw conveyor)의 設計基礎에 대하여 연구하여 왔는데^{12,15,17}, Rehkugler는

본 연구는 1988年度 産學協同財團의 학술연구비 지원에 의하여 수행된 것임.

* 忠南大學校 農科大學 農業機械工學科

** 忠南大學校 農科大學 食品加工學科

*** 忠南大學校 農科大學 農業經濟學科

**** (주) 덕성기계 기술개발부

1967년에 곡물의 스크류 이송장치에 대한 문헌연구를 통하여 과거의 연구결과를 평가하고 장차 연구되어야 할 과제를 도출하여 제시한 후¹⁾, 1984년에는 오거 콘베이어의 適正設計法을 제안하였다²⁾.

Pierce와 Mckenzie³⁾는 과거의 곡물이송성능 시험결과들을 종합하여 분석하고 현재와 미래의 곡물 이송 오거의 개발에 필요한 자료에 대하여 고찰하였다.

張⁴⁾은 벼의 수확후의 散物作業體系를 위하여 몇 개의 모델시스템을 개발하고, 이들의 實用化 方案을 제안하였는데, 그중의 하나로 개랑곳간의 비 出入庫작업을 機械化할 수 있도록 개랑곳간용 벼 移送裝置를 開發하였다⁵⁾.

3. 이동식 오거의 設計

이동식 오거의 설계를 위해서는 먼저 適正移送容量을 결정하여야 되는데 이것은 다음과 같은 수확후의 시스템 분석에 의하여 결정되었다.

가. 시스템 分析

벼의 수확후의 시스템 분석을 위하여 먼저 다음과 같은 假定을 설정하였다.

- 1) 벼는 3조식 콤바인에 의하여 수확한다.
- 2) 건조 및 저장은 In-bin 건조시스템에 의한다.
- 3) 운송작업은 경운기 또는 트랙터의 트레일러에 의한다.
- 4) 논벼의 平均 收穫量은 638 kg/10 a이다⁶⁾.
- 5) 농가호당 平均 米穀生産量은 6,880 kg/호이다⁷⁾.

콤바인 보급현황을 분석해 보면 1987년말 現在 3조식이 72.4%, 2조식이 27.6%이며 농업기계검사년보(1986)에 의하여 3조식 콤바인의 작업능률은 38분/10a~43분/10a이다. 콤바인 포대의 용량은 벼의 수분함량이 20~22%일때 약 33kg으로 조사되었다.

한편 경운기 트레일러의 적재용량은 500~1,000kg이며, 트랙터의 트레일러는 1,500~4,000kg으로 나타났으며⁸⁾, 운반속도는 경운기가 트레일러 운반작업시에 평균 9km/h, 트랙터의 경우는 평균 16km/h로 조사되었다⁹⁾.

이상과 같은 조건에 의하여 포장에서 콤바인에 의하여 수확된 벼가 일반적인 운반거리 0.5~8km의 거리(농가~포장)를 경운기 또는 트랙터에 의해 농가의 건조 및 저장시스템으로 운반되고, 이동식 오거에 의해 건조 빈에 입고되는 작업을 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 분석한 결과는 表 1과 같다.

表 1에 의하면 현재의 농가호당의 平均米穀生産量 6,880kg과 이의 4배의 生産量 27,520kg에 대하여 분석한 결과 미곡의 생산량의 증가는 이동식 오거의 용량에 별 영향을 미치지 않았으며, 운반에 소요되는 시간이 오거의 용량에 영향을 미치는 것

Table 1. Simulation results for requirement of minimum handling capacity

Unit: ton/h

Harvesting quantity (kg)	Trailer capacity (kg)	Time for round transportation		
		7min	15min	30min
6880	500	1.4	2.1	—
	1000	1.2	1.4	2.2
	1500	1.2	1.8	1.8
	2000	1.3	1.4	1.7
	4000	1.2	1.3	1.4
27520	500	1.4	2.2	—
	1000	1.3	1.6	2.5*
	1500	1.3	1.4	1.8
	2000	1.4	1.5	1.9
	4000	1.6	1.7	1.9

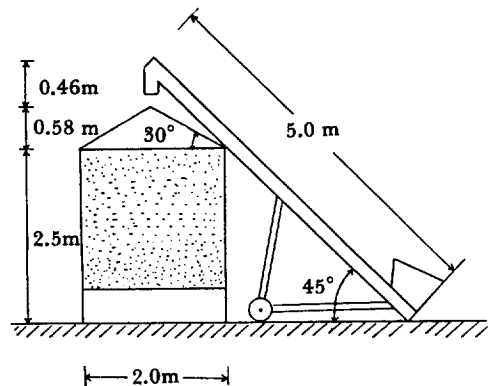


Fig. 1. A model for rough rice handling system

으로 나타났다. 시뮬레이션 결과에 의하면 설계되어야 할 이동식 오거의 最小移送容量은 2.5 ton/h 로 나타났다. 그래서 본 연구에서는 이동식 오거의 適正移送容量으로 最小移送容量의 2 배인 5.0 ton/h 로 결정하였다.

이동식 오거의 길이를 설계하고자 鄭 등⁸⁾의 상운 통풍건조방법의 연구결과에서 最適 In-bin 시스템 을 선정하여, 벼 이송 모델시스템을 그림 1과 같이 설정하였으며, 이 모델시스템에 의하여 오거의 총 所要길이를 5.0m로 결정하였다.

나. 設計條件

시스템 분석 결과에 의한 이동식 오거의 設計條件은 다음과 같다.

- 1) 이송량은 5 ton/h(9.2m³/h, 통일계 19.5%, w. b.) 일 것.
- 2) 오거의 길이는 최소한 5.0m 일 것.
- 3) 이송각은 10~50° 범위일 것.
- 4) 容積效率(volumetric efficiency)은 0.6, 動力效率(power efficiency)은 4가 될 것.
- 5) 移動式이며, 1人 작업이 가능토록 조작이 단순, 편리할 것.

오거의 性能分析 모델은 容積效率과 動力效率로

써 다음과 같다.

$$\eta_v = \frac{Q}{(\pi/4)(D_c^2 - D_{sc}^2)(P_e - t)} \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta_p = \frac{E}{QrZ_s(\mu_c + \sin \theta)} \dots\dots\dots(2)$$

η_v = 용적효율 (volumetric efficiency)

η_p = 동력효율 (power efficiency)

Q = 단위시간당의 이송부피, m³/min

D_c = Screw의 외경, m

D_{sc} = Screw의 축직경, m

P_e : Screw의 피치, m

t = Screw의 두께, m

N = 회전수, rpm

E = 소요동력, kg-m/min

r = 이송물질의 비중, kg/m³

Z_s = Screw의 이송 길이, m

μ_c = 동마찰계수

θ = 이송각도

4. 結果 및 考察

가. 設計明細

설계조건과 ASAE EP389.1¹⁰⁾, S374¹¹⁾와 Rehku-

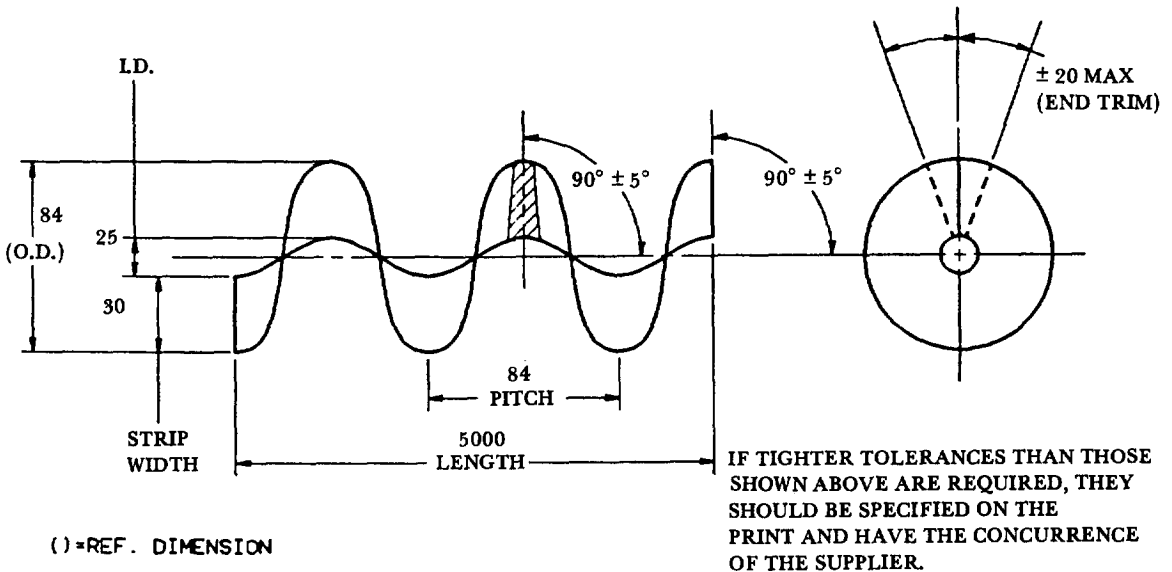


Fig. 2. Standard auger flighting features

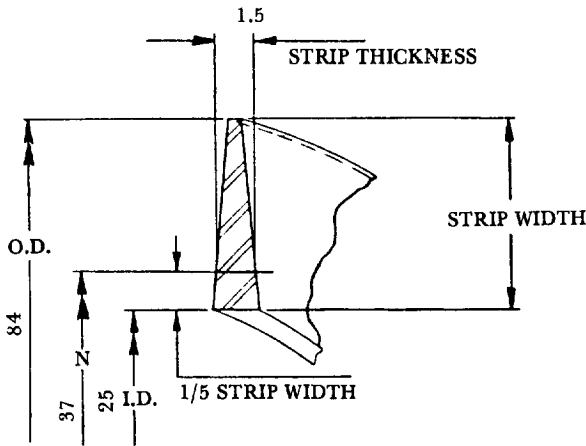


Fig. 3. Flighting dimensions

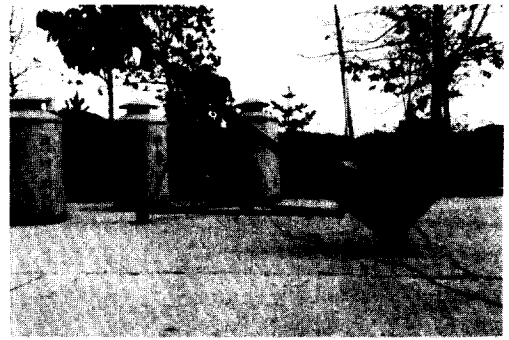


Fig. 5. General view of portable auger developed

Fig. 1에 의하여 설계된 이동식 오거의 設計明細는 그림 2, 3, 4 와 표 2 와 같으며, 그림 5 는 개발된 이동식 오거의 모습을 보여준다.

나. 性能試驗

개발된 이동식 오거의 성능을 분석하고자 성능시험을 실시하였다. 供試米는 통일계의 용주와 일반계의 농진으로 2종류였으며, 이송각은 30°와 45°의 2수준이었다. 각각 벼 200 kg 적에 대하여 3반부의 이송시험을 실시한 결과는 표 3 과 같다.

性能試驗 결과에 의하면 통일계 벼의 이송량이 일반계 벼의 이송량보다 이송각 45°에서는 17.7%, 30°에서는 32.7% 가 많았다. 所要動力은 이송량에 비례하여 일반계 벼의 이송보다 통일계 벼의 이송

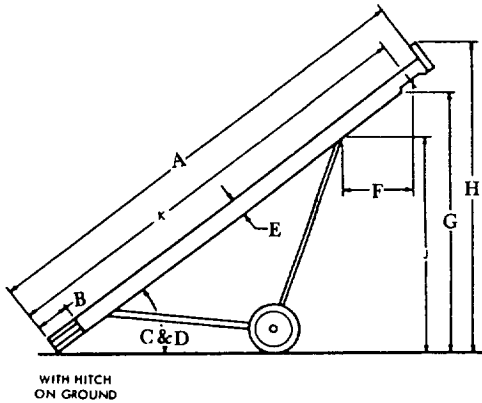


Fig. 4. Portable auger developed

Table 2. Specifications of the portable auger developed

Item	Dimension	Item	Dimension
Capacity (Indica type rice, 19.5% w.b.)	5 ton/h (9.2 m ³ /h)	Auger case inside diameter	93.2
Auger length(A)	5.0 m	Outside diameter(O.D.)	84
Intake length(B)	450	Inside diameter(I.D.)	25
Transport angle(C)	10°	Pitch of flighting	84
Max. operating angle(D)	50°	Strip thickness	1.5
Auger size(E)	100	Outer edge thickness	0.77
Reach at max. height(F)	1245	Strip width	30
Max. lift height(G)	3357	Motor size	0.4 kW
Transport height(H)	3830	Auger rpm	610 rpm
Eave clearance(J)	2122	Motor pulley O.D.	60
Discharge length(K)	4760	Auger pulley O.D.	170

Table 3. Test results of rough rice handling by portable auger developed

Rice	Handling quantity(Kg)	Operating angle (°)	Time	Performance (ton/h)	Power required (Wh/ton)	
Yong Joo (Indica type 19.5% w.b.)	200	45	3' 08" 36	3.82	175.0	
	200	45	3' 01" 71	3.96	171.0	
	200	45	3' 00" 87	3.98	171.0	
		Ave	3' 03" 01	3.92 (7.19 m ³ /h) 172.3		
	200	30	2' 22" 01	5.07	146.0	
	200	30	2' 25" 27	4.96	154.0	
	200	30	2' 22" 14	5.07	152.0	
		Ave	2' 23" 14	5.03 (9.22 m ³ /h) 150.7		
	Dong Jin (Japonica type 17.4% w.b.)	200	45	3' 48" 15	3.16	175.0
		200	45	3' 30" 77	3.42	166.5
200		45	3' 30" 48	3.42	162.5	
		Ave	3' 36" 47	3.33 (6.00 m ³ /h) 168.0		
200		30	3' 16" 02	3.67	158.5	
200		30	3' 03" 42	3.93	139.5	
200		30	3' 11" 02	3.77	146.0	
		Ave	3' 10" 15	3.79 (6.95 m ³ /h) 148.0		

에 더 많이 요하였는데, 이송각 45°에서는 2.6%, 30°에서는 1.8% 만큼 통일계 벼가 더 동력을 요하는 것으로 나타났다.

이동식 오거의 性能指數로 容積效率과 動力效率을 방정식 (1)과 (2)에 의하여 분석하였으며 결과는 表4와 같다. 表4에 의하면 통일계 벼의 이송에 있어서는 容積效率은 0.5~0.6, 動力效率은 4~5로 設計目標을 거의 만족했으나 일반계 벼의 이송에 있어서는 容積效率은 0.4~0.5, 動力效率은 4

로 容積效率이 設計目標 0.6에 약간 미달하는 것으로 분석되었다. 따라서 앞으로는 일반계 벼의 特理的 特性을 더 심도있게 분석하여 오거의 설계에 반영할 수 있는 연구가 계속되어야 할 필요가 있다.

다. 損傷率 分析

이동식 오거의 성능에서는 移送容量 못지않게 중요한 성능인자로 관심을 갖게 되는 것은 곡물의 損傷率이다.

Table 4. Comparison of the volumetric efficiency and power efficiency of the portable auger developed with those of design requirements

Rice	Operating angle	Volumetric efficiency (A)	Power efficiency (B)	Design requirement	
				A	B
Yong Joo (Indica type)	45°	0.5	4	0.6	4
	30°	0.6	5		
Dong Jin (Japonica type)	45°	0.4	4		
	30°	0.5	4		

이송성능 시험중 채취한 샘플에 의하여 분석한 벼의 損傷率은 表 5, 6 와 같다. 일반적으로 損傷率은 높지 않으며, 그것도 이송작업의 시작과 끝부분에서 발생하는 경향이라 크게 우려할 바는 아니었다. 통일계 벼와 일반계 벼의 損傷率을 비교한 결과 일반계 벼의 損傷率이 통일계보다 높게 나타났다. 쇠

미나 현미로 된 손상은 비슷하였지만, 특히 벼껍질이 약간 벗겨진 손상이 통일계 벼에 비하여 일반계 벼가 높게 나타났다. 이것도 일반계 벼의 물리적 특성에 기인하는 것으로 볼 수 있는데, 이것에 대한 계속적인 연구의 필요성을 느낀다.

이상과 같은 性能試驗 결과에 의하면 개발된 이

Table 5. Damage of Indica type rough rice by portable auger handling

Item Damage	Before handling		After handling		Damage rate (% point)
	Rate	%	Rate	%	
Partially hulled rice	1/290	0.34	2/492	0.41	0.06
	1/233	0.43	2/418	0.48	
	1/338	0.30	1/280	0.36	
	Ave	0.36	Ave	0.42	
Hulled rice	0/290	0.00	1/492	0.20	0.26
	0/233	0.00	2/418	0.48	
	1/338	0.30	1/280	0.36	
	Ave	0.10	Ave	0.35	
Broken rice	0/290	0.00	1/492	0.20	0.07
	0/233	0.00	0/418	0.00	
	0/338	0.00	0/280	0.00	
	Ave	0.00	Ave	0.07	

Table 6. Damage of Japonica type rough rice by portable auger handling

Item Damage	Before handling		After handling		Damage rate (% point)
	Rate	%	Rate	%	
Partially hulled rice	2/254	0.79	2/267	0.75	0.29
	1/287	0.35	2/282	0.71	
	1/291	0.34	3/336	0.89	
	Ave	0.49	Ave	0.78	
Hulled rice	0/254	0.00	1/267	0.37	0.21
	1/287	0.35	2/282	0.71	
	2/291	0.69	2/386	0.60	
	Ave	0.35	Ave	0.56	
Broken rice	0/254	0.00	0/267	0.00	0.00
	0/287	0.00	0/282	0.00	
	0/291	0.00	0/386	0.00	
	Ave	0.00	Ave	0.00	

동식 오거는 설계조건을 전반적으로 만족하는 것으로 나타났으며, 그림 1 과 같은 In-bin 전조시스템과 함께 벼 이송에 이용될 수 있음을 보여 주었다.

5. 結 論

본 연구는 벼의 수확에서 가공까지의 작업과정 중에서 이송과 운반작업을 기계화할 수 있는 이동식 오거(portable auger)의 개발을 목적으로 수행되었으며, 이를 위하여 벼의 수확, 건조, 저장, 운송시스템을 분석하여 散物移送의 最適規模를 결정하고, 設計條件을 만족하는 이동식 오거를 설계 제작하여 移送性能試驗을 실시한 후, 性能指數로 容積效率와 動力效率를 분석하고, 또한 곡물의 損傷率을 분석하였다.

이상의 연구 결과를 통하여 다음과 같은 結論을 유도할 수 있겠다.

1. 개발된 이동식 오거의 통일계 벼(용주, 19.5% w. b.)에 대한 作業效率는 이송각 45°에서 7.16 m³/h(3.92 ton/h), 30°에서 9.22 m³/h(5.03 ton/h)이었으며, 所要動力은 이송각 45°에서 172.5 Wh/ton, 30°에서 150.7 Wh/ton이었다.
2. 일반계 벼(동진, 17.4% w. b.)에 대한 作業效率는 이송각 45°에서 6.00 m³/h(3.33 ton/h), 30°에서 6.83 m³/h(3.79 ton/h)이었으며, 所要動力은 이송각 45°에서 168.0 Wh/ton, 30°에서 148.7 Wh/ton이었다.
3. 性能指數인 容積效率는 통일계 벼에 대하여 0.5~0.6, 일반계 벼에 대하여 0.4~0.5 였으며, 動力效率는 통일계 벼에 대하여 4~5와 일반계 벼에 대하여 4로, 設計目標인 容積效率 0.6과 動力效率 4에 거의 도달된 것으로 분석되었다.
4. 미곡의 損傷率을 분석한 결과에 의하면 통일계 벼에 대하여 벼 껍질이 벗겨지는 손상이 0.25% 포인트 증가로 나타났으며, 일반계 벼에 대하여는 껍질이 벗겨지는 손상이 통일계의 2배 정도로 나타났다.
5. 개발된 이동식 오거는 벼의 散物移送에 있어서 대체적으로 設計條件을 만족하는 것으로 분석

되었다.

參 考 文 獻

1. 국립농업자재검사소. 1986. 농업기계검사연보.
2. 김만수, 고학균. 1981. 곡물의 물리적 특성에 관한 연구. 한국농업기계학회지 6(1) : 73-82.
3. 김만수, 이종호. 1976. 곡물의 동마찰계수 측정에 관한 연구. 한국농업기계학회지 1(1):49-54.
4. 농림수산부. 1988. 농림수산통계연보.
5. 농업기계화연구소. 1983. 시험연구 보고서.
6. 張東日. 1987. 미곡의 산물유통을 위한 모델시스템 연구. 한국농업기계학회지 12(2) : 44-49.
7. 張東日. 1988. 개량갯간용 벼 이송장치 개발. 한국농업기계학회지 13(3) : 44-51.
8. 정창주, 고학균, 노상하, 한영조. 1982. 시물레이선에 의한 상온통풍건조방법의 적정화에 관한 연구. Part II : 최적퇴적 깊이와 최소 건조 비용. 한국농업기계학회지 7(1) : 42-52.
9. 한국농업기계학회. 1988. 농업기계연감.
10. ASAE. 1988. Auger flighting design consideration. ASAE EP389.1, ASAE STANDARDS 1988.
11. ASAE. 1988. Terminology and specification definitions for agricultural auger conveying equipment. ASAE S374, ASAE STANDARDS 1988.
12. Bruswitz, G.H. and S.P.E. Persson. 1969. Parametric study of factors influencing screw-conveyor throughput and power requirement. Transactions of the ASAE 12(1): 51-54, 59.
13. Gilmore & Tatge Mfg. Co., Inc. 1980. Conveying Systems. Sales and Product Handbook.
14. Pierce, R.O. and B.A. Mckenzie. 1984. Auger performance data summary for grain. ASAE paper No. 84-3514. ASAE. St. Joseph, MI.
15. Rehkugler, G.E. 1967. Screw conveyors-State of the art. Transactions of the

ASAE 10(5): 615-618, 621.

16. Rehkugler, G.E. 1984. Design procedures for auger conveyors in agriculture - A review and a proposal. ASAE Paper No. 84-3513. ASAE. St. Joseph, MI.

17. Rehkugler, G.E. and L.L. Boyd. 1962. Dimensional analysis of auger conveyor operation. Transactions of the ASAE 5(1): 98-102.



學 位 取 得



姓 名：金 鴻 允
生 年 月 日：1939年 1月 19日
勤 務 處：安城農業專門大學 農業機械科
取 得 學 位 名：工學博士
學 位 授 與 大 學：忠南大學校 大學院
學 位 取 得 年 月 日：1989年 2月 25日
學 位 論 文：機械移秧 準備畝의 碎土整地作業에 關한 基礎研究