

小形 動力耕耘機의 適正 設計에 관한 研究[†]

— 機關出力과 重量을 中心으로 —

Determination of Optimum Size of Power Tiller

柳 寬 熙* · 金 景 旭* · 崔 圭 烘* · 朴 金 柱**

Ryu, Kwan Hee · Kim, Kyeong Uk · Choi, Kyu Hong · Park, Keum Ju

Summary

The two agricultural zones, mid-and-northern region and southern region, were established according to the possibility of double cropping in the paddy field. For each agricultural zone typically mechanized farming systems with a power tiller for cultivating rice, barley and soybean were established.

A computer program, which determines the optimum size of power tiller for the given farm size, the ratio of paddy area to total area and the ratio of double cropping area to the paddy area, was developed. The computer program was executed for the farm sizes, 1 to 3 ha, and the ratios of paddy area to the total area, 60-80%, and the ratio of double cropping area to the total paddy area, 70%. The following conclusions were drawn from analyzing the computer outputs.

1. In the mid-and-northern region, a smaller power tiller (5 or 6 PS) appeared to be more economical for the farm size up to 3 ha. From the viewpoint of fuel consumption a 6 PS power tiller appeared to be more favorable.
2. In the southern region, a smaller tiller (5 or 6 PS) appeared to be more economical for the farm size up to 1.5 ha. But, a larger power tiller (8 or 10 PS) appeared to become more economical as the farm size and the barley planted area increased.
3. For the southern region where rotary tilling is heavily required due to double cropping, it is recommended to develop a power tiller which weighs light like the conventional 5 or 6 PS small power tiller but has larger power.

1. 緒 論

우리나라의 동력경운기 개발은 토양조건, 경작규모, 경작방법, 농민의 기호 등에 대한 전반적인 검토 없이 어느때는 농민의 기호나 요구에만 부응하여 대형화하기도 하였으며, 어느때는 농민의 기호나 사용상의 편의를 고려하지 않고 단순히 소형화하는 등 많은 시행착오를 되풀이하여 왔다. 기술적인 측면에서 볼때 고효력의 동력경운기는 운반 작업이나 로우터리 작업 등과 같이 동력이 크게 요구되는 작업에서

는 작업능률이 향상되는 효과를 기대할 수 있으나, 결국 운반작업시에 과대한 적재와 고속주행을 위한 원형변경(엔진축 V플리의 증대)으로 많은 사고를 유발하고 있다.⁽⁸⁾ 또한 쟁기작업이나 탈곡작업 등과 같이 동력이 적게 소요되는 경우에는 엔진이 효율적으로 이용되지 못하여 연료의 낭비를 가져오는 결과가 된다. 따라서 동력경운기의 불안정한 구조적 특성을 고려할 때 과대한 적재나 고속주행은 실제적인 측면에서 방지되어야 한다. 특히 이미 동력경운기가 많이 보급되어 운반작업 수단으로서의 중요성이 감소되고 임경 작업들이 감소된 오늘날에 있어서는 동력

† 本 研究는 1983年度 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 遂行된 것임.

* 서울大農大

** 安城農業專門大

경운기의 본래의 기능인 경운 정지작업, 분무작업, 탈곡작업 등에 적합한 소형 동력경운기의 개발 보급이 요구된다.

따라서 본 연구의 목적은 주어진 영농규모에 대하여 동력경운기의 크기 (중량, 엔진출력) 별로 작업 소요시간, 연료소비량, 기계 이용비용, 수량 등을 추정할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하고, 이것에 의한 분석 결과를 토대로 지대별 영농규모에 적합한 동력경운기의 크기(중량, 엔진출력)를 제시하는 데 있다.

2. 數學的 模型化

동력경운기의 適正한 크기(중량 및 엔진 출력)를 究明하기 위해서는 동력경운기를 中心으로 한 機械化 營農시스템에 대한 분석이 이루어져야 한다. 이를 위하여는 우선 적절한 변수를 포함하는 수학적 模型을 만들 필요가 있다.

적정한 동력경운기의 판단 기준으로서의 機械利用費用, 燃料消費量, 作業所要時間, 生産量 등을 들 수 있다. 따라서 수학적 모형의 적절한 目的函數는 이러한 기준을 포괄적으로 다룰 수 있는 다음 (2-1) 式으로 표현될 수 있다. 여기에서 기계 이용비용을 제외한 기타 생산비용은 경운기의 크기에 관계없이 일정한 것으로 간주하여 고려하지 않았다.

$$\text{純所得} = \text{粗所得} - \text{機械利用費用} \dots (2-1)$$

여기서 粗所得이란 수확된 작물의 가치를 말하며 다음과 같이 표시된다.

$$\text{조소득} = \text{경지면적}(\text{ha}) \times \text{단위면적당 수량}(\text{kg}/\text{ha}) \times \text{가격}(\text{원}/\text{kg}) \dots (2-2)$$

여기서 단위면적당 수량은 播種 또는 移秧 遲延 일수에 따른 수량감소를 고려하여 추정된다.

기계 이용 비용은 기계의 고정비(감가상각비, 이자, 수리비)와 유동비(연료 및 윤활유, 노임)로 구성된다.

따라서 동력경운기 크기의 適正化란 주어진 영농규모와 作付體系에서 순소득을 최대로 함을 의미한다. 그러나 보조적인 판단기준으로서 연료소비량, 생산량, 작업소요시간이 고려될 수 있다.

가. 收 量

작물의 수량은 適期作業 與否에 의하여 좌우된다. 그러므로 우선적으로 栽培作物의 종류와 機械化 作業體系를 설정하고 각 작업별 작업시기를 결정할 필요가 있다.

(1) 機械化 作業體系의 選定

主穀 중심의 대표적인 작부체계는 그림 2-1과 같이 南部 및 中北部 地方으로 구분하여 벼, 보리 및 大豆 등 3 가지 작물 재배체제로 표시될 수 있으며, 동력경운기를 중심으로 한 일관 기계화 작업체계는 표 2-1 및 표 2-2와 같이 설정될 수 있다. 이러한

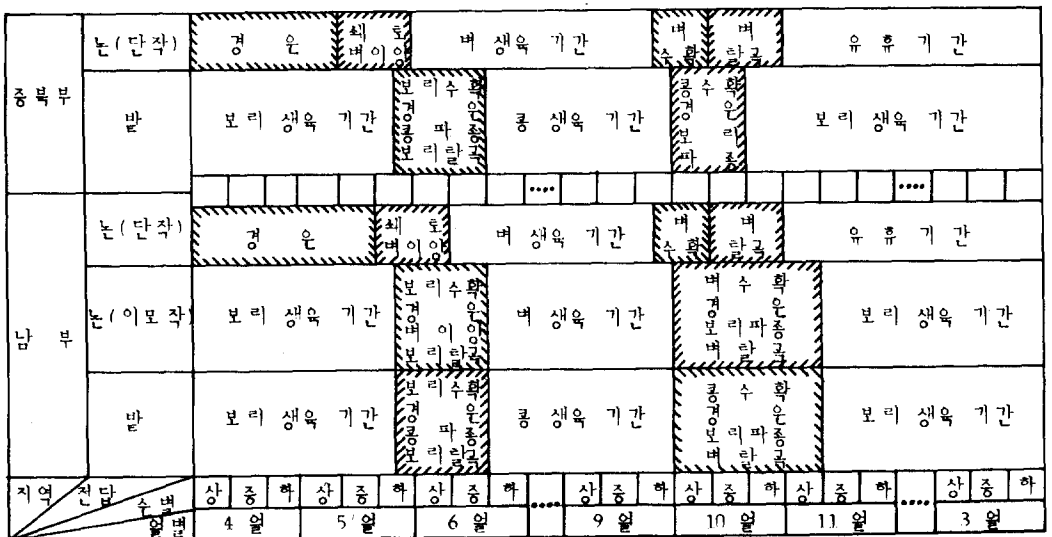


Fig. 2-1. Cropping Systems in Mid and Northern, and Southern Regions.

작업體系를 선택한 것은 이들 작물이 대표적인 主穀作物일 뿐만 아니라 播種, 移秧時期와 收穫時期의 勞動競爭이 가장 심하기 때문이다.

Table 2-1. System of Machine Operations with Power Tiller in Mid-and-Northern Region.

경지	작업명	기종
논	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
논	물논채토정지	동력경운기+로우터리
논	벼이앙	이앙기(4조식)
밭	보리수확	바인더(2조식)
밭	보리탈곡	동력경운기+자동탈곡기
밭	보리운반	동력경운기+트레일러
밭	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
밭	대두 파종	동력경운기+드릴파종기
논	병충해방제	동력경운기+동력분무기
논	벼수확	바인더(2조식)
논	벼탈곡	동력경운기+자동탈곡기
논	벼운반	동력경운기+트레일러
밭	대두수확	낫
밭	대두운반	동력경운기+트레일러
밭	쟁기경운	동력경운기+쟁기
밭	보리파종	동력경운기+드릴파종기

이러한 기계화 작업 체계의 설정을 위하여 다음과 같은 가정이 필요하였다.

(가) 中北部 지방은 畚裏作이 불가능하여 논에는 每年 1회 재배하고, 南部지방은 논 면적의 일부를 畚裏作으로서 보리를 재배한다.

(나) 밭은 中北部와 南部 모두 보리와 大豆를 매년 번갈아 재배한다.

(다) 벼 이앙작업 및 벼와 보리의 수확작업에 필요한 이앙기 및 바인더는 共同所有, 共同利用으로 하고 다른 機械는 모두 自家所有, 自家利用으로 한다.

(라) 콩의 수확은 아직까지 수확기계가 개발된 것이 없고 소규모 재배이므로 낫을 사용한다.

(2) 作業時期의 決定

기계화 작업체계의 각 작업의 始作日와 完了日을 결정하기 위하여 다음과 같이 가정하였다.

(가) 單作 논은 경운작업은 봄에 실시하며, 中北部 및 南部지방 모두 4월 1일에 시작한다.

(다) 보리 파종작업은 중북부 지방은 10월 5일, 남

Table 2-2. System of Machine Operations with Power Tiller in Southern Region.

경지	작업명	기종
논(단작)	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
"	물논채토정지	동력경운기+로우터리
"	벼이앙	이앙기(4조식)
밭	보리수확	바인더(2조식)
논(2모작)	보리수확	바인더(2조식)
"	보리탈곡	동력경운기+자동탈곡기
"	보리운반	동력경운기+트레일러
"	로우터리경운	동력경운기+로우터리
"	물논채토정지	동력경운기+로우터리
"	벼이앙	이앙기(4조식)
밭	보리탈곡	동력경운기+자동탈곡기
"	보리운반	동력경운기+트레일러
"	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
"	대두 파종	동력경운기+드릴파종기
논(단작+2모작)	병충해방제	동력경운기+동력분무기
논(단작)	벼수확	바인더(2조식)
논(2모작)	벼수확	바인더(2조식)
"	벼탈곡	동력경운기+자동탈곡기
"	벼운반	동력경운기+트레일러
밭	대두수확	낫
"	대두운반	동력경운기+트레일러
"	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
"	보리파종	동력경운기+드릴파종기
논(2모작)	쟁기 경운	동력경운기+쟁기
"	보리 파종	동력경운기+드릴파종기
논(단작)	벼탈곡	동력경운기+자동탈곡기
"	벼운반	동력경운기+트레일러

부지방은 10월 15일에 시작하거나 전단계 작업이 끝난 직후에 실시한다.

(라) 수확작업은 파종 또는 이앙시기에 生育日數를 가산하여 산출한 成熟時期에 시작하거나 전단계 작업이 끝난 직후에 실시한다.

(마) 이앙 또는 바인더 수확작업과 같은 경우에는 공동 이용 작업기간 중의 어느날에 작업을 실시하게 되지만, 동일경지에서 後續作業은 평균적으로 볼 때 공동이용 작업기간 중의 중간 일자에서 시작한다. 그러나 후속작업이 동일경지가 아닌 다른

경지에서 이루어질 때는 이양 또는 바인더 수확작업 시작일에 自家作業日數를 가산한 일자에 시작한다.

(바) 작업 시작일과 작업 완료일은 1월 1일을 기준으로 累積日數를 사용하여 표시한다.

위에서 언급한 가정하에 각 작업의 시작일과 완료일은 다음과 같은 절차에 의하여 산출된다.

가) 작업 시작일의 결정

① 지정된 날로부터 작업이 시작되는 경우에는 작업시작일은 지정일로 한다.

② 같은 경지에서 연속적으로 작업이 이루어지는 경우에는 작업 시작일은 전단계 작업완료일로 한다.

③ 작업전단계 작업이 이양기나 바인더와 같이 공동이용인 경우에는 후속 작업시작일은 전단계 작업시작일에 자가 작업일수를 더하여 결정한다.

④ 성숙시기에 의하여 수확작업이 이루어지는 경우에는 수확작업 시작일은 파종 또는 이양 작업의 중간 일수에 평균 생육일수를 더하여 결정한다.

나) 작업 완료일의 결정

① 자가 이용 작업인 경우에는 작업완료일은 작업 시작일에 작업일수를 더하여 결정한다.

② 공동 이용 작업인 경우에는 작업 완료일은 작업시작일에 공동이용 작업일수를 더하여 결정한다.

(3) 生育日數와 收量指數

작물의 파종 및 이양시기에 따른 생육일수 및 수량지수는 다음과 같은 가정하에서 추정하였다.

① 벼의 생육일수 및 수량지수는 중북부 지방은 5월 11일, 남부지방은 5월 21일을 기준으로 한 移秧遲延 일수와의 관계로부터 추정한다. 이 경우 중북부 지방은 수원, 청주 지방의 실험 자료를, 남부지방은 이리, 철곡 지방의 실험자료(4) 이용하였다.

② 보리의 생육일수 및 수량지수는 경남 농촌진흥원의 실험자료(9)가 전국적으로 이용될 수 있는 것으로 간주하고 중북부 지방은 10월 5일, 남부 지방은 10월 15일을 기준으로 한 파종 지연 일수와의 관계로부터 추정한다.

③ 대두의 생육일수 및 수량지수는 수원 작물시험장의 실험자료(10)가 전국적으로 이용될 수 있는 것으로 간주하고 중북부, 남부 구분 없이 5월 10일을 기준으로 한 파종 지연 일수와의 관계로부터 추정한다.

④ 파종 또는 이양 지연 일수는 실제 파종 또는 이양 작업일에서 기준일을 빼서 산출한다.

예 : 이양작업 기준일 : 5월 11일 (누적일수로 131일)

실제 이양 작업일 : 5월 15일 (누적일수로 135일)

$$\text{이양 지연 일수} = 135 - 131 = 4 \text{ 일}$$

위와 같은 가정과 실험자료의 분석결과 생육일수 (GD) 및 수량지수 (YD)는 파종 또는 이양 지연 일수 (X)로 부터 다음의 다항식으로 산출된다.

$$GD \text{ 또는 } YD = a_0 + a_1X + a_2X^2 + a_3X^3 \dots \dots (2-3)$$

표 2-3은 생육일수 및 수량지수 추정식의 계수값을 나타낸 것이다.

(4) 收獲量

각 작물의 수확량은 다음과 같은 가정과 절차에 따라 산출하였다.

(가) 수량지수는 파종기간 또는 이양기간에 걸쳐 산출한 수량지수를 평균하여 사용한다.

(나) 벼의 수량은 전국 평균수량에 이양 지연 일수에 의하여 추정된 수량지수를 곱하여 산출한다.

(다) 보리 및 대두의 수량은 각각 전국 평균수량

Table 2-3. Coefficients for Polynomial Equation to Estimate Growth Days and Yield Index⁽¹⁾

구분	작물	계수 지역	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
			생	벼	중 북 부	136.94
육		남 부	128.14	-0.39524	0.000715	0.000167
일	보 리	중북부·남부	224.26	-0.26742	-0.004697	0.0
수	대 두	중북부·남부	140.26	-0.85436	0.00671	0.0
수	벼	중 북 부	100.37	-0.83108	0.077864	-0.002335
량		남 부	101.02	-1.45130	0.098577	-0.002417
지	보 리	중북부·남부	89.95	1.60640	-0.64546	0.0
수	대 두	중북부·남부	101.07	0.13506	-0.012195	0.0

에 파종 지연 일수에 의하여 추정한 수량지수를 곱하여 산출한다.

나. 所要動力, 作業時間 및 作業日數

(1) 쟁기작업

쟁기 경운작업이 적절히 수행될 수 있는 조건은 적정 슬립에서 이론 견인력이 소요 견인력보다 크고, 또한 기관의 정격출력이 소요동력보다 커야 한다.

쟁기 작업시의 소요 견인력(RF, kg)은 쟁기경운 실험자료⁽¹⁾로부터 다음과 같이 토양의 응집력(C, kg/cm²), 경심(D, cm) 및 경운속도(V, m/sec)에 의하여 산출된다.

$$RF = -113.7 + 216.67C + 15.144D + 52.703V \dots\dots\dots (2-4)$$

이론 견인력(TF)은 구동축에 작용하는 동력경운기의 하중(W, kg)과 견인계수(TC)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$TF = TC \times W \dots\dots\dots (2-5)$$

소요동력(REQP, ps)은 견인동력(TP, ps)과 주행동력(RP, ps)의 합을 기계효율(e_m)로 나누어서 산출된다.

$$REQP = (TP + RP) / e_m \dots\dots\dots (2-6)$$

여기서 견인동력(TP)은 소요견인력(RF)과 경운속도(V)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$TP = RF \times V / 75 \dots\dots\dots (2-7)$$

또한 주행동력(RP)은 동력경운기의 하중(W), 주행저항계수(RRC) 및 경운속도(V)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$RP = W \times RRC \times V / 75 \dots\dots\dots (2-8)$$

각 동력경운기의 경폭과 경운속도는 다음과 같은 절차에 따라 결정하였다.

주어진 경심(12cm)과 경폭(28cm)에 대하여 경운속도를 0.6~1.1m/sec의 범위에서 변화시키면서 소요 견인력과 소요동력을 구하여 이들 값이 이론 견인력과 기관의 정격출력의 범위에서 최대가 될 때의 경운속도를 취하였다. 만일 0.6m/sec의 경운속도에서도 소요동력이 기관의 정격출력보다 클 때는 경폭을 0.28m에서 0.22m로 단계적으로 감소시켰다. 여기에서 식(2-4)는 쟁기의 경폭 0.28m에 대한 실험 결과이지만 견인동력은 경폭에 비례한다고 가정하고 경폭의 변화에 따른 견인동력을 산출하였다.

작업시간(WH, hr)은 경지면적(A, ha), 경폭(ω, m), 경운속도(V) 및 포장효율(e_f)로부터 다음과 같이 산

출된다.

$$WH = 10000 / 3600 \times A / (\omega \times V \times e_f) \dots\dots\dots (2-9)$$

작업일수(WD)는 작업시간(WH), 1일 작업시간(WHPD, hr), 실작업률(e_a)과 작업가능일수율(e_d)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$WD = WH / (WHPD \times e_a \times e_d) \dots\dots\dots (2-10)$$

(2) 로우터리 경운작업

로우터리 경운작업시의 소요동력은 PTO축동력과 주행동력으로 구분되며, 주행동력은 쟁기 경운작업과 같은 방법으로 산출된다. 로우터리 경운작업시 PTO축동력(PTOP, ps)은 로우터리 경운 실험자료⁽¹⁾로부터 토양 전단응력(SS, kg/cm²), 경심(D, cm), 경운속도(V, m/sec) 및 경운피치(PI, cm)에 의하여 다음과 같이 산출된다.

$$PTOP = -5.2098 + 7.1255 \times SS + 0.61816 \times D + 11.578 \times V - 0.25837 \times PI \dots\dots\dots (2-11)$$

소요동력은 PTO축동력과 주행동력의 합을 기계효율로 나누어서 산출하였다.

각 동력경운기의 경폭과 경운속도는 쟁기 경운작업과 같은 방법으로 결정하였다. 여기에서 식(2-11)은 경폭 0.6m에 대한 실험 결과이지만, PTO축동력은 경폭에 비례한다고 가정하고 경폭변화에 따른 PTO축동력을 산출하였다.

작업시간과 작업일수는 쟁기 경운작업과 같은 방법으로 산출하였다.

(3) 로우터리 물논 쇄토작업

로우터리 물논 쇄토작업의 소요동력은 로우터리 경운작업과 마찬가지로 PTO축동력과 주행동력으로 구분된다. 물논 쇄토작업시의 PTO축동력은 로우터리 물논 쇄토 실험자료⁽¹⁾로부터 경운속도(V, m/sec) 및 경운피치(PI, cm)에 의하여 다음과 같이 산출된다.

$$PTOP = 4.9406 + 10.242 \times V - 0.30912 \times PI \dots\dots\dots (2-12)$$

동력경운기의 적정 경폭과 경운속도는 로우터리 경운작업과 마찬가지로 방법으로 결정하였다. 단 이때 경심과 경운피치는 각각 6cm와 8cm로서 일정한 값을 갖도록 하였다.

작업시간과 작업일수는 쟁기작업과 같은 방법으로 구하였다.

(4) 탈곡작업

탈곡작업의 소요동력은 공급률, 공급깊이, 벧단크기, 급동의 원주속도, 급치의 형상 및 배열 등 여러

가지 요인에 따라 다르지만 벼의 탈곡 소요동력은 자동탈곡기에 의한 탈곡 실험자료의⁽²⁾의 분석에 의하면 精粗로서의 공급률(Q, kg/hr)에 의하여 다음과 같이 산출된다.

$$REQP = -1.2233 + 0.0065385 \times Q \dots\dots (2-13)$$

보리의 탈곡 소요동력은 자동탈곡기에 의한 보리 탈곡 실험자료⁽¹⁾의 분석으로부터 粗穀으로서의 공급률(Q)에 의하여 다음과 같이 산출된다.

$$REQP = 0.028264 + 0.0081786 \times Q \dots\dots (2-14)$$

자동탈곡기의 공급률은 소요동력보다는 탈곡기 자체의 성능에 의하여 제한을 받게 되므로, 벼의 경우는 400~800kg/hr, 보리의 경우는 300~450kg/hr의 범위에서 윗식으로 부터 탈곡 소요동력을 구하고 여기에 V벨트의 전동효율(0.9), 여유율(25%)을 고려한 총 소요동력이 기관의 정격출력의 범위에서 최대가 될 때의 값을 취하였다.

작업시간은 재배면적(A), 단위면적당 생산량(YI, kg/10a)과 자동탈곡기의 공급률(Q)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$WH = 10 \times A \times YI / Q \dots\dots\dots (2-15)$$

또한 작업일수는 작업시간(WH), 실작업률(e_w), 1일 작업시간(WHPD) 및 작업가능일수율(e_d)로부터 다음과 같이 산출된다.

$$WD = WH / (e_w \times e_d \times WHPD) \dots\dots\dots (2-16)$$

(5) 이앙작업 및 바인더 수확작업

이앙 및 바인더 수확작업은 동력경운기를 동력원으로 사용하는 작업이 아니므로 단지 작업시간 및 작업일수의 산출이 요구되며 산출방법은 쟁기 경운작업과 같다. 여기서 이앙기 및 바인더는 현재 보급되고 있는 기종인 4조식 이앙기 및 2조식 바인더를 공동소유 공동이용하는 것으로 가정하였다.

(6) 벼의 방제작업

농업기계화 연구소의 연구결과⁽⁶⁾를 이용하여 벼의 방제작업은 동력분무기로서 연 4회 실시하며, 분무량은 1, 2회 살포시에는 60ℓ/10a, 3, 4회 살포시에는 150ℓ/10a로 가정하였다. 또한 작업능률을 1, 2회 살포시에는 240a/hr, 3, 4회 살포시에는 97a/hr이며 1일 작업시간은 4시간으로 가정하였다. 소요동력은 규격 60A형 동력분무기의 평균값인 3.72ps로 가정하였다.

따라서 연간 방제작업시간(WH)은 경지면적(A, ha)과 살포작업능률에 의하여 다음 식으로 산출된다.

$$WH = A \times (2/2.40 + 2/0.97) \dots\dots\dots (2-17)$$

(7) 대두 수확작업

대두의 수확은 夫婦 2사람이 함께 낮으로 작업하는 것으로 가정하였다. 또한 大豆 수확은 벼와 마찬가지로 刈取작업과 결속작업으로 구분되며, 작업능률은 벼 수확작업과 같이 애취작업은 10a/day, 결속작업은 13.3a/day⁽⁵⁾로 가정하였다. 따라서 대두수확 작업시간은 경지면적(A), 1일작업시간(WHPD)과 애취 및 결속 작업 능률로부터 다음과 같이 산출된다.

$$WH = \frac{A \times WHPD}{2} (1/0.10 + 1/0.133) \dots\dots\dots (2-18)$$

(8) 드릴 파종작업

드릴 파종작업은 쟁기로 경운한 후 로우터리 섀트와 동시에 드릴 파종하는 작업으로서, 소요동력은 로우터리 섀트를 위한 PTO축 소요동력, 주행동력 및 파종 소요동력으로 구분된다.

주행동력은 로우터리 경운작업과 같은 방법으로 산출하였으며, PTO축소요동력은 로우터리 경운작업의 식(2-11)에서 경운피치틀 8cm, 경심율 6cm로 가정하여 산출하였다. 또한 파종 소요동력은 1ps인 것으로 가정하였다.

작업시간 및 작업일수는 로우터리 경운작업과 같은 방법으로 산출하였다.

(9) 운반작업

동력경운기에 의한 운반작업은 그 종류가 매우 다양하지만 여기에서는 벼, 보리, 대두 등의 3가지 농작물 생산에만 국한하였다. 벼와 보리는 포장에서 탈곡한 후 곡물과 짚을 별도로 운반하고, 대두는 알곡이 줄기에 붙어 있는 상태로 운반하는 것으로 가정하였다. 또한 경운작업 등 농작업을 위하여 포장에 나가는 경우에 동력경운기를 교통 수단으로 이용하여 매 작업일 마다 1회 왕복하는 것으로 가정하였다.

운반작업시 짐을 적재하고 하역하는 시간은 연로 소비량의 산출에서는 제외하였지만 작업일수의 산출에는 포함시켰다. 적재 및 하역시간은 한사람이 한 트레일러분을 적재하고 하역하는데 총 30분이 소요되는 것으로 가정하여 산출하였다.

(가) 곡물 운반작업

곡물 운반작업의 소요동력은 견인력(RF), 속도(V), 동력전달효율(η_m), 슬립률(S)로부터 다음 식으로 산출된다. 여기에 평균운반속도는 적재시는 7km

/hr, 무적재시는 10km/hr로 동력전달효율은 0.83, 슬립률은 0.05로 가정하였다.

$$REQP = (RF \times V) / (75 \times \eta_m \times (1 - S)) \dots (2-19)$$

윗식에서 견인력은 경운기 구동륜이 낼 수 있는 이론 견인력과 실제 견인력을 비교하여 작은쪽의 값이 된다. 이론적 견인력(TF)은 견인계수(TC), 경운기중량(WP, kg), 트레일러 중량(WT, kg), 적재량(WL, kg), 운전자 체중(WO, kg), 경사도(R, °) 및 하중분포계수(CK)로 부터 다음과 같이 산출된다.

$$TF = TC \times (WP + WT + WL + WO) \times \cos R / CK \dots (2-20)$$

실제견인력은 경운기 바퀴 및 트레일러 바퀴의 구름저항계수(RRC)로 부터 다음과 같이 산출된다.

$$RT = (DM \times \cos R + \sin R) \times (WP + WT + WL + WO) \dots (2-21)$$

$$여기서 DM = RRC / CK + (1 - RRC / CK) \times TF \dots (2-22)$$

적재량을 1000kg까지 변화시켜 기관출력이 허용하는 범위에서 최대일 때의 값을 소요동력 및 적재량으로 정하였다.

소요동력과 적재량이 결정되면 곡물의 운반작업 시간은 운반거리(DS, km), 적재시 운반속도(VL, km/hr), 무적재시 운반속도(VO, km/hr) 및 운반회수(N)에 의하여 다음과 같이 산출하였다.

$$WH = (DS / VL + DS / VO) \times N \dots (2-23)$$

여기서 운반회수는 총곡물수량(YLD)과 트레일러 적재량(WL)에 의하여 산출된다.

연료소비율은 적재시와 무적재시로 구분하여 적재시는 정격속도의 전부하로 무적재시는 기관 회전속도 1700rpm(주행속도 10km/hr에 상응하는 기관 속도임)에서 부분부하로 운전하는 것으로 가정하여 산출하였다.

(나) 짚과 대두의 운반작업

소요동력과 작업시간은 곡물운반의 경우와 같은 방법으로 산출하였다. 적재량은 벼짚과 대두(줄기+알곡)는 150kg, 보리짚은 100kg으로 가정하였다.

연료소비율은 적재시에도 적재량이 적으므로 기관속도 1700rpm에서 부분부하로 운전되는 것으로 가정하여 산출하였다.

(다) 교통 수단으로서의 주행

소요동력은 적재량을 0, 주행속도를 10km/hr로 가정하여 작업시간은 매 농작업일 마다 1회 왕복하는 것으로 가정하여 곡물운반의 경우와 같은 방법으로

산출하였다.

연료소비율은 짚의 운반과 마찬가지로 기관속도 1700rpm에서 부분부하로 운전된다고 가정하여 산출하였다.

다. 연료소비량

동력경운기를 이용한 작업에서 소요되는 연료소비량(FC, kg)은 연료소비율(SFC, g/ps. hr), 소요동력(REQP, ps), 작업시간(WH) 및 연료의 비중(SG)에 의하여 다음과 같이 산출된다.

$$FC = SFC \times REQP \times WH / (SG \times 1000) \dots (2-24)$$

연료소비율은 소요동력이 같더라도 기관을 어떻게 운전 하느냐에 따라 달라진다. 기관은 어느 기관 속도에서나 부분부하 보다는 정격부하로 운전할수록 연료소비율이 작아진다. 따라서 동력경운기는 변속단수의 선택 및 기관속도의 조절에 의하여 모든 농작업에서 정격부하로 운전하는 것이 바람직하다.

실제로는 변속기의 구조 및 작업기와의 조합관계상 항상 기관이 정격부하상태를 유지하며 작업을 수행한다는 것을 기대할 수 없으나 본 연구에서는 편의상 운반작업을 제외한 모든 농작업에서 정격부하상태로 작업하는 것으로 가정하였다. 운반작업은 곡물 운반시에는 정격부하에서 수행되는 것으로 가정하였다. 무적재 주행시의 기관속도는 고속 3단에서 10km/hr의 평균 주행속도에 해당하는 1700rpm으로 가정하였다.

기관 성능시험자료⁽¹⁾의 분석 결과 동력경운기의 기관별 전부하시 연료소비율과 기관속도 1700rpm의 부분부하시 연료소비율의 추정식은 다음과 같은 2차 다항식으로 표시된다.

$$SFC = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 \dots (2-25)$$

표 2-4는 연료소비율 추정식의 계수값을 나타낸 것이다.

라. 동력경운기의 중량과 가격

국산 동력경운기의 기관크기(P, ps) 별 동력경운기 중량(WP, kg) 및 트레일러 중량(WT, kg)은 자료 분석 결과⁽¹⁾ 다음과 같은 다항식으로 산출된다.

(1) 본체

$$WP = -129.55 + 96.566 \times P - 4.8054 \times P^2 \dots (2-26)$$

Table 2-4. Coefficients for Polynomial Equation to Estimate Brake Specific Fuel Consumption⁽¹⁾

계수 부하 출력 (ps)	a ₀	a ₁	a ₂
전 부 하			
5	255.03	-26.160	3.663
6	254.95	-21.783	2.543
8	254.86	-16.304	1.428
10	254.92	-13.059	0.915
부분부하			
5	519.25	-140.629	14.917
6	498.23	-120.539	12.151
8	467.33	-91.204	8.029
10	451.40	-76.368	5.792

(2) 본체+쟁기

$$WP = -78.734 + 93.101 \times P - 4.538 \times P^2 \dots\dots (2-27)$$

(3) 본체+로우터리

$$WP = -106.638 + 101.457 \times P - 5.296 \times P^2 \dots\dots (2-28)$$

(4) 트레일러

$$WT = 19.645 + 43.208 \times P - 2.0729 \times P^2 \dots\dots (2-29)$$

또한 동력경운기의 가격(PP)은 기관크기(P, ps)에 의하여 다음과 같은 다항식으로 추정될 수 있다.

$$PP = 133522 + 279766 \times P - 13956 \times P^2 \dots\dots (2-30)$$

마. 기계의 이용비용

동력경운기의 이용비용은 크게 고정비와 유동비로 구분된다. 고정비는 감가상각비, 이자 및 수리비가 유동비는 연료비, 윤활유비 및 노임이 포함된다.

감가상각비는 직선법에 의하여 추정하였으며 폐기 가격은 구입가격의 10%, 내구연한은 6년으로 가정하였다. 따라서 연간 감가상각비 계수는 16.7%가 된다.

이자율은 연이율 10%, 수리비는 내구연한 동안의 총수리비가 구입가격의 50%(내구연한이 6년일 경우 연간 수리비 계수 8.33%에 해당함) 소요되는 것으로 가정하여 산출하였다.

윤활유비는 연료비의 30%로 가정하였으며, 노임은 동력 경운기를 이용한 실작업시간에 대하여 지불되는 것으로 가정하였다.

3. 컴퓨터 프로그램 및 入力資料

동력경운기를 중심으로 한 기계화 시스템 분석을 위하여 각각의 수학적 모형을 합병하는 컴퓨터 프로그램은 FORTRAN 언어로 작성하였다. 이 컴퓨터 프로그램은 주어진 영농규모와 작부체계에 대하여 동력경운기의 크기별로 기계이용비용, 소득, 연료소비량, 작업시간, 작물생산량을 산출할 수 있으므로 적정한 크기의 동력경운기를 선정하는 데 이용될 수 있다.

사용 농가의 관점에서는 적정 크기의 동력경운기란 최대의 소득을 얻을 수 있는 것을 의미한다. 그러나 동력경운기의 부차적 선정 기준으로서 작물 생산량, 연료소비량, 작업시간이 사용될 수도 있다. 여기서 동력경운기의 크기란 엔진출력 및 동력경운기의 중량을 의미하지만 기존 동력경운기 중량과 엔진 출력과의 관계로부터 얻은 자료를 사용함으로써 컴퓨터 프로그램에서는 동력경운기의 크기는 엔진 출력만으로 나타내도록 하였다. 따라서 기존 동력경운기의 제조기술에 큰 변화가 수반되지 않는한 기존의 엔진 출력별 동력경운기의 중량을 감소시키는 일(경량화)은 기술적으로 매우 어려운 것으로 판단되며, 설사 가능하더라도 동력경운기 가격이 상승될 가능성이 높으므로 본 컴퓨터 프로그램의 유효도(Validity)가 저하될 것이다. 그러나 이와는 반대로 기존의 엔진의 출력별 동력경운기의 중량을 증가시키는 일(중량화)은 기술적으로 매우 용이하므로 본 컴퓨터 프로그램의 유효도는 유지될 수 있다.

본 컴퓨터 프로그램에서 가장 중요한 변수는 경지면적, 전답의 경지비율, 담리작 비율이며, 적정 동력경운기의 선정에 큰 영향을 미치는 인자(입력자료)로서는 기계가격, 노임, 농산물 가격, 연료가격 등을 들 수 있다.

본 컴퓨터 프로그램을 이용한 시스템 분석에서 사용한 시스템 인자 또는 변수의 값은 가능한한 실제적이고 최신의 것을 사용하였다. 각 기계화 시스템의 농작업에서 작업시간 및 소요동력을 산출하는데 사용한 시스템 인자의 값과 변수의 범위는 표 3-1에서 보는 바와 같다.

총소득을 산출하는데 사용된 농산물의 평균 생산량과 가격은 표 3-2와 같다. 여기에서 벼는 1983년의 수매가격(2등, 27,230원/54kg)을 보리는 1984년도의 수매가격(2등, 15,110원/50kg)을, 대두는 시장

가격을 각각 기준으로 하여 산출하였다.

쟁기작업 및 로우터리 경운작업에 영향을 미치는 토양인자의 값은 전단저항과 견인저항이 비교적 큰 식양토를 기준으로 SR-2 토양시험기에 의한 응집력,

0.24kg/cm²와 수직하중이 10kg일때의 전단응력, 0.42kg/cm²을 사용하였다.

Table 3-1. Input Parameters for Machine Operations.

구분 작업	작업속도	포장효율*	실작업률*
쟁기 경운	0.6-1.1m/s	0.71	0.66
로우터리경운	0.3-0.9m/s	0.78	0.68
로우터리불논 새토	0.3-0.9m/s	0.78	0.68
벼이앙	0.5m/s	0.55	0.70
보리탈곡	300-450kg/hr	-	0.70
보리운반	1.94m/s	-	0.70
드릴과중	0.2-0.8m/s	0.78	0.68
수확	0.8m/s	0.65	0.63
벼탈곡	400-800kg/hr	-	0.70
벼운반	1.94m/s	-	0.70
대두운반	1.94m/s	-	0.70

* 자료: 정창주, 이종호(5)

Table 3-2. Yields and Crop prices.

구분	작물		
	벼	보리	대두
평균 조곡수량(kg/ha)	566	327	120
평균 짚수량(kg/ha)	519	287	80
조곡 가격(원/kg)	504	302	600

4. 結果 및 考察

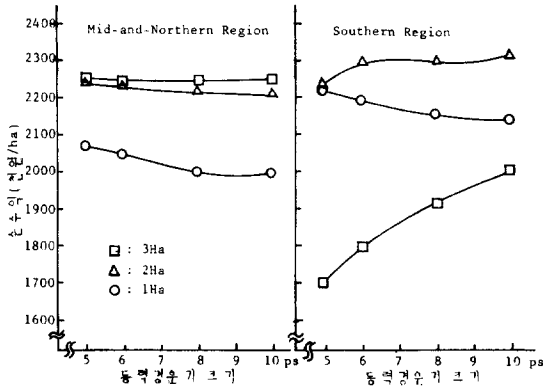
가. 동력경운기의 적정 크기

컴퓨터 프로그램을 이용하여 경지규모 1, 2, 3ha에 대하여 답면적 비율을 각각 60, 70, 80%로 변화시키고, 중북부 지방은 답리작 비율을 0%, 남부 지방은 답리작 비율을 30%로 고정하여 분석하였다. 표 4-1은 중북부 지방과 남부지방의 컴퓨터 분석 결과물 에로서 나타낸 것이다. 또한 그림 4-1은 70%의 답면적 비율에 대하여 중북부 및 남부지방의 경지규모

Table 4-1. Results of System Analysis.

구분	지역 면적(ha) 출력(ps)	중북부(전:답=3:7)				남부(전:답=3:7, 답리작비율=30%)			
		5	6	8	10	5	6	8	10
순수익 (1000원/ha)	1	2047	2047	2007	1996	2215	2191	2153	2142
	2	2245	2236	2220	2217	2237	2302	2302	2315
	3	2253	2259	2247	2248	1697	1803	1919	2007
연료소비량 (ℓ/hr)	1	100.6	100.1	101.5	101.9	115.6	114.6	117.2	118.4
	2	99.1	98.5	99.9	100.3	114.0	113.2	115.6	116.2
	3	98.6	98.1	99.5	99.8	112.8	112.4	115.6	116.3
작업시간 (hr/ha)	1	93.5	84.5	75.6	70.5	107.5	96.3	86.1	80.3
	2	91.8	82.9	73.9	68.9	105.5	94.7	84.5	78.5
	3	91.3	82.4	73.4	68.4	104.0	93.7	84.4	78.4
벼수량 (kg/ha)	1	3897	3897	3897	3897	3825	3825	3826	3826
	2	3897	3897	3897	3897	3676	3748	3763	3777
	3	3883	3897	3897	3897	3213	3291	3410	3472
보리수량 (kg/ha)	1	981	981	981	981	1668	1668	1668	1668
	2	981	981	981	981	1545	1627	1643	1659
	3	850	856	842	846	491	693	878	1044
대두수량 (kg/hr)	1	357	357	357	358	343	344	345	346
	2	355	355	355	355	295	300	312	316
	3	350	351	351	352	235	244	256	263

별 동력경운기의 크기와 순수익의 관계를 예로서 나타낸 것이다.



— Fig. 4-1. Effects of Size of Power Tiller on Net Return.

(가) 중북부 지방

컴퓨터 분석 결과를 고찰해 보면 순수익면에서는 경지규모가 3ha 까지도 5ps 또는 6ps의 동력경운기가 8ps 및 10ps보다 유리함을 알 수 있다. 이것은 기계 구입 가격이 저렴하여 고정비용이 적게 소요되기 때문이라고 사료된다. 또한 경지면적에 대한 담면적 비율이 증가할수록 순수익이 증가하고 경지규모의 증가에 따른 순수익의 증가가 더욱 두드러지게 나타났다. 이것은 담작의 경우가 수량도 많고 가격도 비싸서 단위면적당 소득이 높아지기 때문이라고 사료된다.

연료소비량에 있어서는 1ha에서는 5ps가, 그 이상의 경지규모에서는 6ps의 동력경운기가 연료소비량이 가장 적은 것으로 나타났다. 이것은 6ps 동력경운기가 5ps 동력경운기와 중량이 별로 차이가 없는 데 엔진출력이 크므로서 작업능률이 높아졌기 때문이라고 보며 8ps 및 10ps 동력 경운기는 중량이 무거워 주행마력이 증가하였기 때문이라고 사료된다.

또한 작업시간에 있어서는 동력경운기가 클수록 작업능률이 증대하여 작업시간이 감소하는 것으로 나타났으나, 수량의 경우에는 경지규모나 담면적 비율에 관계없이 동력경운기의 크기에 별로 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

위의 결과를 종합해 보면 중북부 지방에서는 경지규모가 1ha까지는 5ps 동력경운기가 1ha 이상 3ha 범위까지는 6ps의 동력경운기가 적절한 것으로 판단된다.

(나) 남부지방

남부 지방에서는 중북부 지방과 달리 경지규모, 담면적 비율, 담리작 면적에 따라 동력경운기의 적정크기가 각각 다르게 나타났다. 1ha 이하에서는 담면적 비율에 관계없이 5ps 경운기가 순수익이 가장 큰 것으로 나타났다. 경지 규모가 1.5ha 이상이 되고 담면적 비율이 적을수록 8ps 및 10ps의 대형 동력경운기가 유리한 것으로 나타났다. 이것은 담면적이 증가하면 대형 동력경운기일수록 적기 작업이 이루어져 수량이 증가하기 때문이라고 사료된다.

연료소비량은 경지규모나 담면적 비율, 담리작 비율에 거의 관계없이 6ps가 가장 적은 것으로 나타났다. 그러나 작업시간은 동력경운기가 큰 것일수록 작업능률이 증대하여 감소하는 것으로 나타났다.

수량에 있어서는 적기작업에 대한 담리작의 영향이 두드러지게 나타났다. 1.5ha 이하의 경우에는 동력경운기의 크기가 수량에 미치는 영향이 별로 없었으나 그 이상에서는 경지규모가 클수록 담리작 면적이 증가할수록 소형 동력 경운기의 경우 작업지연에 의한 수량 감소가 두드러지게 나타났다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 남부지방에서는 1.5ha 미만의 경지규모에는 6ps 동력경운기가, 그 이상일 때는 8ps 또는 10ps의 대형 경운기가 적절한 것으로 판단된다.

나. 주요 시스템 변수값의 영향

동력경운기의 구입가격, 노임, 연료 가격, 농산물 가격 등 주요 시스템 변수값이 동력경운기의 적정화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 이들 변수값이 10% 상승하였을 때 순수익의 변화를 5ps 동력경운기에 대한 지수로서 비교하여 표 4-2에 나타내었다.

중북부 지방의 경우에는 경지규모에 관계없이 이들 변수값의 영향이 별로 크게 나타나지 않아 기계 가격이 5ps, 6ps 동력 경운기가 여전히 순수익 면에서 유리하게 나타났다.

그러나, 남부지방의 경우에는 소형 동력경운기의 경우 적기작업 지연에 따른 수량 감소로 인하여 이들 주요시스템 변수 값에 관계없이 대형 동력 경운기가 여전히 유리한 결과를 나타냈다.

다. 소형 동력경운기의 설계 방향

이상의 분석 결과를 종합하면 경지면적 1ha 규모에서는 남부, 중북부지방 모두 5, 6ps의 소형 동력경

Table 4-2. Effects of Major System-parameter Values on Net Return.

단위: %
경지면적 = 3ha

구분	지역 출력(ps)	중 부 부 전:답=3:7				남 부 전:답=3:7 답리작비율=30%			
		5	6	8	10	5	6	8	10
표	준	100.0	100.3	99.8	99.8	100.0	106.3	113.1	118.3
기계가격10%상승시		99.5	99.7	99.1	99.1	99.3	105.5	112.3	117.4
노임	"	99.6	99.9	99.4	99.5	99.4	105.7	112.6	117.8
연료가격	"	99.8	100.1	99.6	99.6	99.8	106.0	112.9	118.8
농산물가격10%상승시		111.1	114.4	110.8	110.9	111.5	118.4	126.0	131.7

운기가 순수익이나 연료소비량에 있어서 유리함을 알 수 있다. 5, 6ps 소형 동력경운기의 연료 절약 효과는 경지구도, 답면적 비율, 답리작 비율등에 따라 다르지만 평균적으로 1-4ℓ/ha에 달하므로써 100만대를 기준할 때 연간 100만-400만ℓ의 연료절약을 기대할 수 있다.

본 시스템 분석에서는 무적재시의 운반작업을 제외하고는 변속기와 엔진속도의 적절한 선택으로 엔진이 전부하에서 작동하는 것으로 가정하였으나 실제로는 엔진이 전부하보다 다소 작은 부분부하에서 작동될 것이기 때문에 연료소비율이 높아지게 된다. 이러한 경우 로우터리 작업을 제외하고는 소요동력이 6ps이하가 대부분이므로 8, 10ps의 대형 동력경운기의 연료소비량은 더욱 높아지게 되므로 5, 6ps의 소형 동력경운기에 의한 연료절약 효과는 더욱 커질 것이다.

그러나 남부지방과 같이 답리작 재배로 로우터리 경운 쇄토작업이 많이 요구되는 경우에는 동력경운기의 중량은 기존의 5, 6ps와 같이 소형 경량으로 하고, 엔진의 출력만을 증대시키는 경운기의 설계 및 개발이 요구된다.

더우기 동력경운기의 대형화로 인한 운반작업시의 과대적재와 고속주행으로 인한 사고를 예방하고 경량화에 의한 취급조작의 용이성을 도모하기 위해서도 소규모 영농에 적절한 소형 동력경운기의 개발 및 보급이 필요하다고 판단된다.

5. 要約 및 結論

본 연구의 목적은 농가의 경지 규모와 작부 체계(전답 비율, 답리작 비율)에 적절한 크기의 동력경운기를 결정할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하는

데 있으며, 경지면적 1-3ha, 답면적 비율 60-80% 답리작 비율(남부 지방에만 해당) 30%에 대하여 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 답리작을 하지 않는 중북부 지방에서는 경지구도가 3ha까지는 답면적 비율 60-80%의 범위에서도 5, 6ps의 소형 동력경운기가 경제적으로 유리한 것으로 나타났다. 연료소비량에 있어서는 6ps 동력경운기가 가장 연료의 절약효과가 큰 것으로 나타났다.

나. 답리작을 실시하는 남부 지방에서는 경지구도 1.5ha까지는 답면적 비율 60-80%, 답리작 비율 30%에서도 5, 6ps의 소형 동력경운기가 순수익이나 연료소비량에 있어서 유리하게 나타났으나 경지면적이 증대하고 전작 및 답리작 면적이 증대할수록 5, 6ps의 소형 동력경운기는 適期作業의 逸失로 인한 수량 감소가 두드러지게 나타나므로써 8, 10ps의 대형 동력경운기가 순수익이 증가하는 것으로 나타났다.

다. 남부지방과 같이 답리작 재배로 로우터리 경운 쇄토 작업이 많이 요구되는 경우에는 동력경운기의 중량은 기존의 5, 6ps 소형 동력경운기와 같이 소형 경량으로 하고 엔진의 출력만을 증대시키는 경운기의 설계 및 개발이 요구된다.

引 用 文 獻

1. 류관희, 김경옥. 소형 동력경운기의 적정설계에 관한 연구. '84과학재단 연구보고서, 서울대학교 농과대학.
2. 유수남, 류관희. 1981. 바인더 벧단의 크기가 자동탈곡기의 탈곡성능 및 부하특성에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 6(1), 60-72.
3. 이영렬, 주경노. 1976. 소형 동력경운기 개량

제작시험, 시험연구보고서(농업기계편), 농촌진흥청
농공이용연구소.

4. 이종훈. 1982, 수도 기계이양 재배의 성과와
금후의 중점 연구계획, 농사시험연구보고 제24집 부
록 농사시험연구총설, 농촌진흥청.

5. 정창주, 이종호. 1972, 농업기계의 적정규모
선정에 관한 연구(I).

6. 조영길 외 3인. 1982, 병충해 방제기 작업방법
확립시험, 시험연구보고서, 농촌진흥청 농업기계화
연구소. 176-179.

7. 한국농기공업협동조합. 한국농업기계학회,
1984, 농업기계연감.

8. 한국농업기계학회. 1982, 동력경운기 V 벨트
안전덮개에 관한 조사연구.

9. 허충효, 강동주. 1974, 맥류 신품종 파종기
시험. 경남시험보고서, 경남농촌진흥원. 281-233.

10. 홍은희, 함영수. 1982, 대두 다수성 신품종
육성연구. 농사시험연구보고 제24집 부록 농사시험
연구총설. 386-398.

學 會 廣 告

◎ 第10次 定期總會

本學會 第10次 定期總會를 아래와 같이 開催하기로 決定하였습니다. 會員 여
러분들의 많은 參席을 바랍니다.

日 時 : 1985年 7月 14日(일) 09:00

場 所 : 서울大學校 農科大學

總會內容 :學位論文 發表會 및 定期總會

◎ 郵便對費計座 新設

本 學會에서는 學費 納入의 便宜를 위하여 郵便對費計座를 新設하였습니다. 今
年度 學費 및 未納會費 納付에 많은 利用을 바랍니다.

85年度 會費 : 10,000원

◎ 會員住所 確認

本 學會에서는 會員住所整理 事業을 實施하고 있습니다. 住所가 變更된 會員
께서는 現住所를 學會事務室로 通知하여 주시기 바랍니다. 아울러 住所 變更時
에는 반드시 學會事務室로 연락하여 주시기면 感謝하겠습니다.

會員住所變更

性 名 : 會員加入年月日 : 年 月 日
勤 務 處 :
變更前住所 :
現 住 所 :