

農機具の労働科學的研究(第1報)

誌名	関東東山農業試験場研究報告
著者	澁川,利雄, 早川,千吉郎, 大柿,一成,
巻/号	1号
掲載ページ	p. 47-52
発行年月	1951年5月

農機具の労働科學的研究 (第1報)

麥作作業に於ける機械化段階別所要エネルギーの比較

澁川利雄・早川千吉郎・大柿一成

SIBUKAWA, T., HAYAKAWA, S. and OGAKI, I.: STUDY ON THE ENERGY METABOLISM FARM LABOUR TO USE FARM IMPLEMENTS AND MACHINERIES. 1. COMPARATIVE STUDY ON THE AMOUNT OF ENERGY REQUIRED FOR THE BARLEY CULTURES OF DIFFERENT STAGES OF MECHANIZATION.

I 緒言

農機具の労働生産性から見た効果に關する報告は少ないが、主に所要時間、消費動力の多少に關するもので作業者の消費エネルギーについて検討されたものは殆んどない、これを究明することは農機具の機構を改良する上に必要であるばかりでなく、その使用法合理化上の基本的問題である。そこで先づ、麥作作業について機械化段階別に作業者の消費エネルギーの比較研究を行った。この報告をなすにあたり、農業改良局技官椋本勤氏、日本労働科學研究所、楠喬、沼尻幸吉兩氏をはじめ當場

農機具部員の絶大な援助によつてなされたものであることを記して感謝する。

II 實驗の方法並に諸條件

(1) 實驗區場……田畑共にやや重粘な沖積層堆積質壤土で、耕土は深さ12種内外、區劃は何れも矩形にして、障碍等のない平坦地で、土壤硬度及び含水率等は第1表に見るが如くであるが、畑は著しく乾燥固結し耕耘碎土には困難な状態であつた。田はイネの刈取跡にして適度に乾燥していた。

中耕、除草、土入等は耕耘、碎土試驗跡地に大麥を栽

第1表 耕地條件

田畑別	區 別		區劃の大きさ			耕耘碎土時		中耕除草時			
			巾 (間)	長さ (間)	面積 (反)	土壤硬度 (kg)	土壤水分 (%)	畦巾 (尺)	播巾 (寸)	土壤硬度 (kg)	土壤水分 (%)
畑	I	人力區	5.0	6.0	0.10	31.7	6.4	2.0	4.0	16.4	19.5
	II	畜力區	5.0	28.8	0.48	38.8	6.4	2.5	4.5	17.6	19.3
	III	ガーデントラクター區	5.0	30.0	0.50	38.8	6.4	2.5	4.5	20.9	19.8
	IV	中型トラクター區	20.0	60.0	4.00	24.8	5.9	—	—	—	—
田	I'	人力區	1.8	16.3	0.1	16.7	17.0	2.0	4.0	18.3	34.1
	II'	畜力區	8.3	25.0	0.7	22.4	17.0	5.0	中空10寸 4.0 2條	19.9	33.8
	III'	自動耕耘機區	6.0	25.0	0.5	20.0	17.0	—	—	—	—

備考 土壤硬度 Paul Polikeit 土壤硬度計による。

培し、二月中旬麥が6~7 纏に伸長したとき行つた。

(2) 作業者及び役馬……作業者の身体條件は第2表の通りで夫々農作業に熟練した男子であつた。

又、役馬は体高1.6m、体重540kgにして体格の優れた7歳の騾で歩行速度がやや速かつた。

(3) 使用農機具及び作業方法……使用した農機具の種類及び大きさは第3表に掲げる通りである。

又各區の作業方法の概略を述べれば、人力による耕耘及び碎土は作業幅を85~95cmの短册状にとり前進作業とし、畜力耕耘は畑では片返し、田では5尺の壟立耕と

第2表 作業者の身体条件

作業者	年 令	身 長 (H)	体 重 (W)	体表面積 (A)	基礎代謝 (B)	安静時代謝 (R)
		(cm)	(kg)	(m ²)	(O ₂ cc/m)	(O ₂ cc/m)
S	19	152	53	1.50	186	245
K	22	164	53	1.58	195	249
M	38	159	54	1.56	193	248
O	44	149	48	1.41	174	242

註 A = $H^{0.725} \times W^{0.425} \times 7.246$ にて算出した。

B は男子基礎代謝量表(労研値)より求めた。R は実測値

第3表 使用農機具の種類大さ

圃場	區 別	耕 起	碎 土	中 耕 除 草	土 入	踏 圧
畑	I 人 力 區	備中鉄 4本爪 重量 2.25kg	同 左	風呂鉄 重量 2.3kg 柄の斜角 35°	人力用押し型 金鋤 重量 1.25kg	農具を用いず
	II 畜 力 區	双用犁 松山式	廻轉型、ヤマサ 式 H型 6枚双 普通馬鉄 齒桿 9本	東農式カルチベ ータ 5本爪	畜力用 輪轉式土入機	2 聯鎖圧 ローラー
	III ガーデントラク ター區	三菱式ハンドト ラクター 7吋プラウ	同左 デスクハロー 12吋×6枚	三菱式ハンドトラ クター カルチベ ータ 5本爪		
	IV 中型トラクター 區	三菱式25型トラ クター、プラウ 14吋×3枚	同左 デスクハロー 18吋×14枚 同 スパイクハロー (6吋)			
田	I' 人 力 區	備中鉄 (前に同じ)	同 左	風呂鉄重量 2.4kg 柄の斜角 35°	人力用シヨベル 型縦線土入器 重量 1.1kg	
	II' 畜 力 區	単用犁高北式 光榮 8號	翼狀型サカイ式 5尺巾 普通馬鉄 (前と同じ)	片倉式カルチベ ータ 5本爪	畜力用輪轉式 土入機	
	III' 自動耕耘機區	クランク型 スピー式 2.5HP石油機關				

し、ガーデントラクターによる耕起は内返し法、田での自動耕耘機による耕耘は順次平面耕、中型トラクターによる耕起では外返し法とした。

畜力碎土は畑では短册型旋回漸進法により、田での翼狀碎土機は畦溝部を中心に両側の犁に二往復かけ、普通馬鉄は壟上を一往復かけた。

ガーデントラクターによるハロー掛けは中央から外に向つて回り掛とし、中型トラクターによるデスクハローは縦方向の回り掛け、スパイクハローは電光形掛けとし

た。鉄による中耕除草は麦畦をまたぎ後退作業とし、畜力用カルチベータは畑では1畦おきに往復し順次各畦間を通し、田では畦の中心だけを通し溝部の中耕は行はなかつた。

ガーデントラクターによる中耕除草作業は畜力作業と同様一畦おきに旋回しつつ各畦間を通した。人力土入れは前進法により、畜力用輪轉式土入れ機は畑では一畦おきにかけて、全畦に及び、田では壟の中心のみを通した。

鎖圧ローラーは一條おきに畦間を通し左右二畦の麥を

鎮圧した。

(4) エネルギー代謝率 (RMR) の測定及び計算方法

R.M.R. はガス代謝法により、定常状態を以つて作業せしめ作業中及び、作業を停止した後安静状態に回復するまでの呼吸を採集し全容量を測定し、その一部を労研小型呼吸分析器により分析し作業中に消費した全酸素量を沼尻氏の方法²⁾によつて算出した。又安静時の代謝率は作業開始前の呼吸から求めた。

エネルギー代謝率は次の式によつて計算した。

$$R.M.R. = \frac{W-R}{B}$$

P.M.R. … エネルギー代謝率

W …… 作業時及び回復時の全酸素消費量

R …… W の測定時間と同じ時間の安静時酸素消費量

B …… 同上相当時間中の基礎代謝酸素消費量

なお反當所要カロリーは次の如く算出した。

$$\text{反當所要カロリー} = \{(R.M.R. + 1.2)bc\}m$$

bc …… 作業者の基礎代謝熱量 (cal)

m …… 反當実働時間 (分)

III 實驗結果及び考察

實驗結果は第4表の通りである。

(1) 耕起作業 …… 備中鍬による人力耕起の R.M.R. は、畑では 10.3, 田では 8.0 を示し、従來の調査⁽³⁾ (5.2~7.5) に比べて著しく高く、反當所要カロリーは畑では、5.966cal, 田では 6.115cal を示した。

畜力耕の R.M.R. は畑で 9.0, 田で 5.0~6.9 であつて、前者が著しく高かつた。この相異は土壤硬度の差、並に作業の速度の差に基くものと考えられる。しかし反當所要カロリーは畑では 869cal, 田では 1.039cal で、それぞれ人力耕の 15, 17% であつた。

ガーデントラクターによる畑耕起は R.M.R. では 5.9 にして犁より軽いのが、反當所要カロリーに於ては 870cal で畜力耕と同様であつた。又自動耕耘機による田の耕起では R.M.R. は 5.0 にして、行進速度が極めておそく、しかも手の荷重が軽い作業としては意外に高かつた。これは兩端に於ける旋回動作の影響が大なるためと考えられる。なお反當所要カロリーは 660cal で人力耕の 11% であつた。

中型トラクターによる耕耘作業の R.M.R. は 2.0 にして、極めて軽く、反當所要カロリーは僅かに 47cal にして、人力耕の 0.8% に過ぎなかつた。

(2) 碎土作業 …… 備中鍬による碎土作業の R.M.R. は畑では 11.3, 田では 9.2 であつて、田畑共に耕起作業に比し高い作業強度を示した。

田に於ける作業強度が畑のそれに比して低かつたことは作業方法の相異によるものである。即ち鍬の操作回数は田畑共に毎分 60 回内外であつたが、畑では常に鍬を地上 1.2 米程度に振り上げて打ち碎き、掻き均らす動作を続けたが、田では鍬を振り上げて打割る回数は全作業の 60% であり、40% は鍬を押し引きして土塊を突き返し、掻き均らす動作であつた。反當所要カロリーは畑で 9.540cal, 田で 10.169cal となり、耕起作業の 60% 増である点は注目すべきことである。

畜力による碎土作業の R.M.R. は何れも 8~9 であり、可成りの重労働であることが認められた。就中、田での普通馬鍬の場合は 8.9 を示し最大であつた。この様に作業強度が全般的に高い原因として碎土器の構造により作業者は上体を極度に前屈し、柄に働く回轉力に抗して押圧力を加えつつ操縦しなければならぬ点が認められる。反當所要カロリーは畑での回轉型碎土機、普通馬鍬及び田での翼型碎土器ではそれぞれ 537cal, 497cal, 492cal であつて、田に於ける普通馬鍬の補正值は約 500cal となる、而して畜力碎土の反當所要カロリーの合計は田畑共 1000cal 余となり、人力碎土の約 $\frac{1}{10}$ で耕起作業と略同等である。

次にガーデントラクターによるデスクハローの R.M.R. は 2.9 で極めて低く畜力碎土の約 1/3 である。従つて反當所要カロリーは 1 回掛けで 288cal, 2 回掛けで 576cal となり人力碎土の 6% に過ぎない。中型トラクターによる碎土所要時間はデスクハロー、スパイクハロー各 1 回掛けにて合計 17 分であり、碎土の効果は最も良好と認められ、併も R.M.R. は 2.1~2.3 で極めて低く、反當所要エネルギーはデスクハローで 20cal, スパイクハローで 34cal 合計 54cal であり、人力區の 0.5% にすぎない。

(3) 中耕除草作業 …… 鍬による人力中耕除草作業の R.M.R. は畑で 6.0, 田で 6.5 であつて、反當所要カロリーは、畑 1.036cal, 田 1.028cal で大差がない。

畜力用カルチベーターによる作業の R.M.R. は畑で 6.6, 田で 5.7 であり、反當所要カロリーは畑 205cal, 田 171cal で人力作業の 20%~17% である。

ガーデントラクターによる、中耕除草の R.M.R. は 5.2 で畜力區に比しやや低かつた。この反當所要カロリーは 181cal で人力區の 17% に當り畜力區より僅かに低い。

(4) 麥の土入れ作業 …… 人力用麥土入器による土入れ作業の R.M.R. は畑で 5.0, 田で 5.4 を示し、又反當所要カロリーは畑で 976cal, 田で 970cal で人力中耕除草より僅かに軽い。輪轉式土入れ機による畜力土入れ作

第4表 翻起、碎土、中耕、除草作業の状態並にそのエネルギー代課率

作業別	區別	農機具	田畑別	作業者	姿勢	速度 * m/s	毎手の 動作回数 *	毎分歩数 *	歩巾 * cm	回行時間 * 秒	所要時間		R・M・R エネルギー 代課率	反當所要 カロリー		
											実働時間 時・分	反當 時・分		計算値	比較	
耕	I	備中鋤	畑	O		0.22 0.23	34 31	15.3 12.5	10 11	—	1.02	10.15	10.3	5,966	100	
			田	M		0.31 0.32	36 35	5.7 6.0	33 32	—	1.12	11.51	8.0	6,119	100	
		双用犁	畑	O		1.4 1.4	—	125 126	66 66	14.5 14.8	.49	1.41	9.0	869	15	
	II	單用犁	スキ割 スキ寄	田	M		1.0 1.1	—	90 93	73 74	12.5 16.0	.42	.51	5.0	314	5
				畑	K		0.9 1.0	—	85 90	67 69	12.5 12.0	1.14	1.36	6.9	725	12
	III	ガーデントラクター、プラウ	自動耕耘機	畑	K		0.8 0.9	—	80 85	58 60	8.5 6.0	1.00	2.08	5.9	870	15
田				S		0.25 0.25	—	41 40	37 37	10.0 6.0	.57	1.54	5.0	660	11	
IV	中型トラクター、プラウ	畑	S		1.7 1.7	— 38	— 7	—	13.4	—	1.06	16.16	2.0	49	0.8	
碎	I	備中鋤	畑	O		0.18 0.18	61.5 62.0	12.5 11.0	9 10	—	1.30	15.00	11.3	9,54	100	
			田	M		0.21 0.20	34(26) 33(25)	5.0 4.5	22 26	—	1.45	17.28	9.2	10,168	100	
	II	回轉型碎土機	普通馬鋤	畑	O		1.3 1.3	—	104 103	71 74	9.0 9.0	.33	1.08	8.1	537	6
				田	M		1.3 1.3	—	114 108	70 69	8.5 9.5	.31	1.05	7.9	497	5
		翼狀型碎土機	普通馬鋤	畑	O		1.0 0.9	—	81 75	75 71	12.5 16.0	.32	.58	7.9	492	5
				田	M		1.25 1.20	—	93 90	81 80	14.5 9.0	.17	.24 (.60)	8.9	225 (500)	(6)
	III	ガーデントラクター、デスクハロー	畑	K		0.76 0.85	—	80 89	58 60	6.5 6.5	.34	1.12 (2.24)	2.9	288 (576)	(6)	
	IV	中型トラクター、デスクハロー	スパイクハロー	畑	S		1.73 1.73	— 16	— 3	—	—	.26	.07	2.1	20	0.2
畑				S		1.8 1.8	— 5	— 3	—	—	.41	.10	2.3	34	0.3	
中耕除草	I	鋤	畑	O		0.22 0.20	40 38	15 17	39 40	3.5 3.7	.17	2.50	6.0	1,036	100	
			田	M		0.16 0.16	43 46	23 21	40 42	9.0 —	.14	2.20	6.5	1,028	100	
	II	カルチベーター	畑	O		1.30 1.30	—	115 118	70 71	16.0 16.5	.16	.31	6.6	205	20	

第 4 表 耕起、中耕、除草作業の状態並にそのエネルギー代謝率(つづき)

作業別	区判	農機具	田畑別	作業者	姿勢	速度 * m/s	毎手の 作回数 *	分歩数 *	歩巾 * cm	回行時間 * 秒	所要時間		R・M・R エネルギー代謝率	反當所要 カロリー	
											実動 時間 時.分	反當 時.分		計算値	比較
中耕 除草	I	カルチベーター	田	M		1.00 1.00	—	94 87	64 64	11.0 11.0	.9	.13 (.26)	5.7	171	17
	II	ガーデントラクター カルチベーター	畑	K		0.9 0.9	—	82 84	63 60	4.5 5.0	.15	.30	5.2	181	17
土 入 れ	I	人力用ショベル型 土入器	畑	M		0.16 0.13	26 28	21 22	39 34	4.0 —	.16	2.45	5.0	976	100
			田	M		0.15 0.14	26 26	24 24	36 37	5.0 —	.15	2.34	5.4	970	100
	II	畜力用輪漕土入機	畑	O		1.30 1.39	—	114 112	69 71	13.0 12.0	.14	.29	6.0	172	18
			田	M		0.80 0.80	—	97 90	50 52	12.0 12.0	.7	.16 (.32)	4.5	(171)	18
踏 圧	I	素足	畑	M		0.36 0.32	—	141 138	15 15	—	.6	1.04	4.3	336	100
	II	二聯ローラー	畑	O		1.20 1.20	—	108 108	68 68	19.0 18.0	.7	.14	6.2	85	25

*細字は平均、太字はガス測定時の数値、()内は補正数値

業の R.M.R は、畑で 6.0、田で 4.5 で、田の場合が低かつたが、この差は速度の差によるものと認められる。

反當所要カロリーは畑で 172cal、田で 171cal であり人力作業の 18% である。

(5) 麥踏み作業……麥踏み作業の R.M.R は人力区で 4.3、畜力区で 6.2 であつて畜力作業の強度が稍高く、反當所要カロリーは人力区の場合 336cal、畜力区の場合 85cal であつて人力作業の 25% である。

IV 要 結

(1) 麥作々業に於いて、人力、畜力、ガーデントラクター及び中型トラクターの四つの機械化段階についてエネルギー代謝率を測定し、人間の反當り消費エネルギーを比較した。(第 4 表)

(2) エネルギー代謝率によつて作業を次の如く分類した。

- i 軽作業 (R.M.R 4.0 以下)
 - 中型トラクターによる耕起、碎土
 - ガーデントラクターによる碎土
- ii 中作業 (R.M.R 4.0~7.0)
 - 馬による水田の耕起(單用犁使用)、畑の畜力中耕(カルチベーター使用)、畜力土入れ(輪漕式土入

れ機使用)、畜力鎮圧(ローラー使用)、ガーデントラクターによるブラウ作業、及び同カルチベーター作業

自動耕転機による水田の耕転

人力のみによる畑の中耕作業(鋤使用)及び麥踏み作業

iii 重作業 (R.M.R 7.0 以上)

人力のみによる田畑の耕起、碎土(万能使用)
馬による畑の耕起及び碎土作業(雙用犁、回轉型碎土器、普通馬鋤等使用)

馬による田の碎土作業(翼狀型碎土器、普通馬鋤等使用)

(3) 軽作業に屬する作業は歩行動作を必要としないか又は歩行速度が 0.9 米/秒 以下で、体の他の部分に大きな力を要しない場合であり、中作業の多くは歩行を伴い、その速度は 1.0 米/秒 余で、且つ手その他の部分に軽い負荷を必要とし、又重作業では歩行速度が 1.2~1.3 米/秒 であり、稍々大きな負荷を必要とする場合であつた。

(4) 麥作々業について各段階別に人間の反當消費エネルギーを比較すると人力区に対し畜力区は 10~20%、小型動力区は 6~17% で、中型トラクター区は 0.5~0.8 % であつた。

文 献

- 楠喬外：農機具体系別にみた畑の麥作々業の投下労働量に關する試験研究（労働科學 Vol 26 No. 7）
 沼尻幸吉：勞研小型呼氣瓦斯分析器に就て、附エネルギー代謝率算定表（労働科學 Vol 23 No. 4）
 暉峻義等：賃銀算定に關する労働科學的見解（労働科學 Vol 18 No. 5）

Summary and Conclusion.

1. We measured the Energy Metabolic Ratio, and compared the amount of energy consumed for four kinds of barley culture; i.e. barley culture by human labour, using horse power, garden tractor and tractor.

2. We classified the farm labours into following groups according to their E. M. R.

i) Light labour (E. M. R. less than 4.0)

Plowing and harrowing by tractor. Harrowing by garden tractor.

ii) Moderate labour (E. M. R. 4.0~7.0)

Plowing in rice field (by walkig plow), cultivating (by cultivator), tutiire (by wheel type tutiireki), suppression (by roller) in field, by horse.

Plowing and cultivating by garden tractor.

tor.

Tillage in rice field by motor tiller. Cultivating and mugifumi in field by hand (kuwa and one's foot).

iii) Heavy labour (E. M. R. more than 7.0)

Plowing and harrowing by hand (manno kuwa). Plowing and harrowing by horse (using reversible plow, disk harrow, wing type coulter harrow, maguwa etc.)

3. For works of light labour class, farmers need not walk or walk less than 0.9m/s if necessary, and also without engaged in the manual labour at any part of their body. Most of the works of moderate class need walking of nearly 1m/s, and need some strong forces. Works of heavy class need walking at 1.2~1.3m/s and very strong forces.

4. Total amount of enrgy consuered by the farmer is shown as follows. The values are represented on 1 tan (0.25 acre) basis, and the amount of energy required for the culture by human hands is taken as 100 percent.

Culture by horse power.	10~20%
" by garden tractor.	6~17%
" by tractor.	0.5~0.8%