

歩行型タマネギ収穫機の作業性能および適応性

米谷 正*・松本 功*・置塩 康之*・小林 尚司**

要 約

兵庫県が農機メーカーに委託して開発した歩行型タマネギ収穫機の作業性能、労働強度の軽減および経済性を明らかにした。

1. 開発機の整列精度は高く、傷球の発生は少なかった。掘残しは茎葉の硬い条件では少なく、柔らかい条件ではやや多かった。剪葉長は20cmの設定に対し平均22cm、10cmの設定に対し14cmであった。
2. 作業能率は2.2h/10aと高く、人力の約5倍であった。
3. 収穫作業の作業姿勢は機械化により直立歩行姿勢に改善され、労働強度は心拍指数及び大腿部の筋電値が軽減した。
4. 開発機的人力収穫との経費均衡面積は2.0haとなり、このときの経費は21,000円/10aとなった。

Operating Efficiency and Cost Analysis of Walking Type Onion Digger.

Tadashi YONETANI, Isao MATUMOTO, Yasuyuki OKISHIO and Syouji KOBAYASHI.

Summary

The walking type onion digger was developed by the organizations of the Hyogo prefecture government and a machine manufacturer under the guidance by the Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, and operating efficiency, working intensity and cost analysis were examined.

1. The accuracy of lining up onions was high and there were few damaged onions. Digging mistakes were few for onions with hard leaves, but increased with softer leaves.

The actual topping length was 22cm in average with 20cm set length and 14cm with 10cm set length respectively.

2. The operating efficiency of the machine was 2.2h/10a and approximately 5 times more efficient compared with a manual working method.
3. The working posture was improved comparing a standing walking style, and the index of heart rate and myogenic potential of the thigh were decreased.
4. The cost for harvesting by the developed machine was balanced with that for manual harvesting at 2.0ha cropping area and the expense was calculated at ¥21,000/10a.

キーワード：収穫機・タマネギ・作業性能・労働解析

緒 言

本県の1996年産タマネギは作付面積2,750ha、収穫量147千t¹⁾と全国第2位の生産量と高い品質を誇っている。

しかし、担い手の高齢化や女性化が進む中、重量野菜は敬遠され作付面積は年々減少傾向にある。本県のタマネギ作付面積の90%以上を占める淡路地域では、ほ場整備

率が低く小区画ほ場が多いため、全般的に機械化が遅れている。中でも収穫作業はほとんど人力に頼っているのが現状であり、特に収穫時期が梅雨期と重なる晩生種では収穫期間が短かい上、すぐ後に田植えを控えて一時期に労働が集中している。そのため手軽な収穫機の開発が強く望まれていた。

タマネギ収穫作業機の開発については、実用段階ではタマネギハーベスタの市販、研究段階では既存の2条刈コンバインをベースにタッピングマシンの開発²⁾、農家の創意工夫ではティラを利用した掘上げ機の試作³⁾な

1999年8月31日受理

* 中央農業技術センター ** 淡路農業技術センター

どが報告されている。市販のタマネギハーベスタは一畝4条を掘取り・剪葉・コンテナ詰めまで一工程で行う乗用型クローラタイプで、能率的にもすぐれており、大型機械化体系の中の収穫機として位置付けられている。しかし、現在一部収穫・集荷業者を除き一般農家では普及していない。その要因は大型機械のため淡路の狭隘なほ場では適応性が劣る、降雨では場がぬかるむと作業できないなどあげられるが、最大の要因は作業体系の違いと考えられる。すなわち、淡路における収穫・乾燥作業は掘取り→地干し→選別収納→乾燥の作業行程をとっている。その中で、地干しは数日間天日乾燥することによる表皮、首茎部の水分低下、選別収納は罹病球の持ち込み回避による乾燥中の伝染防止として重要な意味を持ち、すべての乾燥体系に組み込まれている。そのため掘取りと同時に全量収納するハーベスタ収穫は現行の地干し・選別収納の体系と合致せず、これが普及を妨げた最大の要因と考えられる。

また、香川農試で開発されたコンバインのタッピングマシン、農家で試作された掘上げ機は、収穫にかかる一作業を機械化したものの、掘取りから剪葉まで一貫して作業する歩行型タイプの収穫機は未開発であった。

このような背景のもと、1996年度に地域特産農作物用機械開発促進事業において、ヤンマー農機(株)は本県の委託を受けてタマネギ収穫機を開発・完成した。その中で、筆者らは本開発機の現地適応性の実証・検討を行ったので報告する。本事業は生研機構の技術指導を得ながら行政・普及・研究機関が一体となって推進した。

表1 タマネギ収穫機の主要諸元

型式	HT2	
機体	全長 (mm)	2170
	全幅 (mm)	1435
	寸法 全高 (mm)	1130
質量	(kg)	220
デバイダ幅	(mm)	400
型式	GA120SHVS	
エ	種類	空冷4サイクルガソリンエンジン
ン	連続定格出力 (ps/rpm)	2.6/1700
ジ	最大出力 (ps)	3.8
ン	最高回転数 (rpm)	1900
変	始動方式	リコイルスタート方式
速	段数	前進3段・後進1段
車輪	速度 (m/s)	1:0.20 2:0.3 3:0.72
	(mm)	ゴム車輪 φ650

なお、現地試験については対象農家の方々並びに南淡路農業改良普及センター原田和文氏、現農林水産部普及教育課奥井宏幸氏に全面的な協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

材料及び方法

1 供試機械

本試験に供試したタマネギ収穫機 (HT 2) の主要諸元及び構造を表1、図1に示した。

開発機の特徴は、1) 1畝・4条植え、一斉収穫対応の

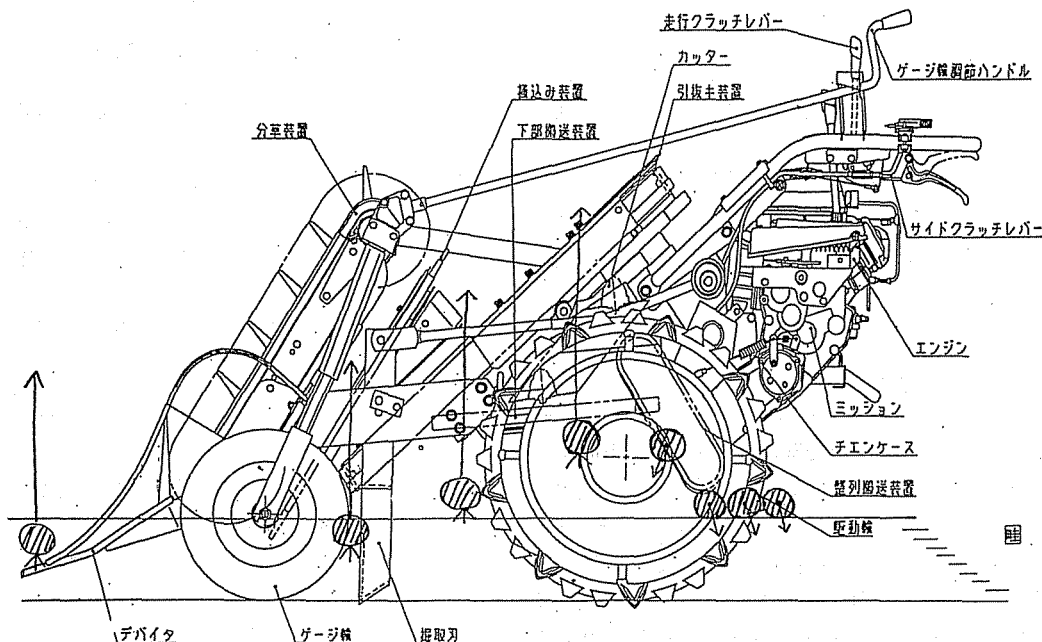


図1 タマネギ収穫機の構造 (市吉氏原図)

小型・軽量の歩行型掘取り機である。2) 一行程で2条を掘取り、同時に剪葉・球の整列を行う。そのため前処理部は掘取り部、分草・掻込み部、引抜き部、下部搬送部、整列搬送部で構成されている。3) 畝間を走行するタイプのため直進性に優れ、大径車輪(ソリッドタイヤ直径650mm、幅60mm)採用により高畝に対応できる。4) 剪葉の長さは4~20cmまで無段階に調節できる。早生・中生・晩生の出荷時期に合わせて青切り・コンテナ詰め・吊り球の多様な出荷貯蔵形態に対応できる。5) パワートレッド機構の採用により輪距は1,170~1,370mmに調節でき、運搬時には軽四輪トラックに積載できる。6) 掘取り深さは左前方のゲージ輪で調節する。

掘取りから球の整列に至る作用機構は、①左右一対のクランクにより振動する掘取り刃で土を膨軟にする。②縦3列の分草タインでタマネギ茎葉を揃える。③左右一対の突起付き掻込みベルトで2条分の茎葉を機体中央に掻込む。④引抜きベルトで葉部を挟持してタマネギを引抜く。⑤引抜きベルト作用途中から下部搬送ベルトでタマネギ首部を支持しながら搬送する。⑥引抜き装置下部の葉切りカッターで葉部を切断する。⑦下部搬送ベルトで搬送された球は、後端に設けられた整列搬送ベルトに受け継がれ整列される。⑧切断された葉は終端部左側に設けられたスターホイールにより畝間に放出される。以上のような行程により2条のタマネギを掘取りながら畝左端に整列していき、切断された葉は畝間に放出される。

2 開発機の作業性能

調査は1997年4月17日五色町都志において貴錦(早生種)を用い、5月28日西淡町松帆においてターボ(中生種)を用い、6月10日東浦町中持においてもみじ3号(晩生種)を用いて調査した。五色町の作物条件は草丈79cm、葉は青々と硬く、ほとんど45度以上倒伏し倒伏の方向は一定でなかった。2条目と3条目の条間(以下条間と言う)は29cmであった。ほ場条件は砂壤土で土壌はよく乾燥していた。西淡町の作物条件は草丈67cm、条間25cm、葉は青々と硬く、畝方向に沿ってほぼ全面的に倒伏していた。

ほ場条件は砂壤土で土壌はよく乾燥していた。東浦町の作物条件は草丈70cm、条間20cm、葉は青味を残しているが水分を失い柔らかく、畝方向にほぼ直角に全面倒伏していた。ほ場条件はまさ土で土壌はよく乾燥していた。

調査方法:作業精度は上記3町で整列、掘残し、傷球、剪葉長について2条5m間(83~92球)を4反復調査した。作業能率は西淡町、東浦町で約4aの掘取りに要した作業別所要時間を測定した。傾斜地に対する適応性は東浦町の山成造成地で調査した。

3 収穫作業の労働強度

西淡町において作業者の左胸部、上腕部、腰部、大腿部に心電図・筋電位測定用テレメータを取り付け、掘取り作業における心拍数、筋電値を計測した。被験者は40代の男性で、現地のタマネギ栽培農家である。労働強度

表2 タマネギ収穫機の作業精度

	全球数 (個/5m)	整列精度		掘残し (%)	傷球 (%)			剪葉長 (cm.%)					
		球 (%)	茎 (%)		小	中	大	最長	最短	平均	15cm以下	16~24cm	25cm以上
五色町	83	89.4	94.9	1.2	1.2	0.6	0	28	8	21	5.0	86.0	9.0
向掘	89	85.9	97.8	1.2	2.2	0	0	30	2	21	1.0	83.5	15.5
西淡町 追掘	92	77.9	95.6	16.8	0.6	0.6	0	45	2	23	7.5	59.5	33.0
平均	90	81.9	96.7	9.0	1.4	0.3	0	45	2	22	4.2	71.5	24.3
東浦町	84	—	—	11.6	0	0	1.1	35	2	14	64.5	35.5	—
全平均	86	85.7	95.8	7.3	0.9	0.3	0.4	45	2	22	4.6	78.8	16.6

* 走行速度: 五色町・西淡町は0.25m/s、東浦町は0.16m/s

* 球整列: 整列された球の全体的な中心を基線とし、球の頂部又は底部までの距離が±5cm以内にある比率

* 茎整列: 整列された茎の方向が進行方向に対して45度から135度の範囲内にある比率

* 傷球: 1(小)~3(大・商品価値無)の3段階で調査

* 東浦町は剪葉長を10cmに設定したため、整列精度は調査せず

* 剪葉長: 五色町、西淡町は20cmに設定、東浦町は10cmに設定

* 剪葉長の全平均は五色町、西淡町の平均値

表3 タマネギ収穫機の作業能率

		西淡町	東浦町
作業面積	(a)	4.1	4.1
作業時間	(分)	53.6	86.4
走行速度	(m/s)	0.24	0.15
作業幅	(m)	0.63	0.68
理論作業量	(a/h)	5.44	3.67
ほ場作業量	(a/h)	4.59	2.85
ほ場作業効率	(%)	84.4	77.7
10a当作業時間	(h)	2.2	3.5

表5 収穫作業の経費比較

		開発機	人力	大型収穫機	
作業能率	(時/10a)	2.2	10.5	2.0(2人)	
控除時間	(%)	-	-	-10	
延べ作業時間	(%)	2.2	10.5	-6.0*	
労賃	(円/10a)	4,400	21,000	-12,000	
燃料・潤滑油費	(%)	268	0	291	
変動費合計	(%)	4,668	21,000	-11,709	
固定費	(%)	324,000	0	1,140,000	
作業 経費	0.5ha 稼働	(%)	69,468	21,000	216,291
	1.0%	(%)	37,068	21,000	102,291
	2.0%	(%)	20,868	21,000	45,291
	3.5%	(%)	13,925	21,000	20,863

*大型機ではコンテナ詰め作業時間を減じた

の解析はデータロガー (N社製シグナルプロセッサ DP6101) で行った。

4 開発機の経済性評価

開発機の調査データに基づき作業能率、価格より経済性を試算した。また、南淡町のアメダスデータを基に淡路島南部地域における5~6月中旬の作業可能面積をFAPS97によって求めた。

結 果

1 開発機の作業性能

1) 作業精度

開発機の作業精度を表2に示した。球の整列精度は掘取られた球の77.9~89.4% (平均85.7%) が10cm幅の間に整列され、また茎方向の整列精度は94.9~97.8% (平均95.8%) が進行方向に対し45~135度の間に整列された。

掘残しは1.2~16.8% (平均7.3%) とかなり差がみられた。傷球の発生は1.1~2.2% (平均1.6%) と少なく、その75%は軽い打撲傷であった。

剪葉長は20cmの設定に対し、最長45cm、最短2cm、平均22cmであった。また10cmの設定に対しは、最長35cm、最短2cm、平均14cmであった。傾斜地に対する適応性は、調査ほ場の推定2~3度の傾斜度では走行性、作業精度にまったく影響はみられなかった。

表4 掘取り作業の労働強度

		機 械	人 力
心拍数	(拍/分)	110	133
心拍指数		1.49	1.80
筋電値	上腕部(mv/s)	10.8	11.9
	腰部(mv/s)	5.6	5.6
	大腿部(mv/s)	0.6	5.6

*安静時の心拍数：74拍/分

*心拍指数：作業時心拍数/安静時心拍数

表6 時間雨量からみた作業可能日数・面積 (日)

年次	5月			6月		合計	作業可能面積 (ha)
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬		
93	7	6.5	8	6.5	4	32	7.04
94	9	5	8	9	4	35	7.70
95	5	3	5.5	5.5	7	26	5.72
96	3.5	9	11	7	6	36.5	8.03
97	5.5	6	8.5	8	9	37	8.14
98	7	3.5	5	6	4	25.5	5.61

*アメダス降雨データ (南淡町) より試算

*作業可能面積は開発機を利用した場合

2) 作業能率

開発機の作業能率を表3に示した。条間が広がった西淡町では、走行速度は0.24m/s (2速) で作業でき、理論作業量は5.44a/hであった。供試面積4.1aの掘取りに53.6分を要し、内訳は掘取り44.2分 (82.4%)、旋回4.3分 (8.1%)、掃除5.1分 (9.5%) であった。これより求めたほ場作業量は4.59a/h、ほ場作業効率は84.4%であった。10a当たり作業時間は2.2時間となった。

条間が狭かった東浦町では、走行速度は0.15m/s (1速) でしか作業できず、理論作業量は3.67a/hであった。供試面積4.1aの掘取りに86.4分を要し、内訳は掘取り66.1分 (76.5%)、旋回9.2分 (10.7%)、掃除11.1分 (12.8%) であった。これより求めたほ場作業量は2.85a/h、ほ場作業効率は77.7%であった。10a当たり作業時間は3.5時間となった。

2 収穫作業の労働強度

掘取り作業の労働強度を表4に示した。作業姿勢は人力収穫では片膝をついた前屈姿勢が大半を占めたのに対して、機械収穫ではほぼ直立姿勢に改善された。安静時の心拍数74拍/分に対して、機械収穫では110拍/分、人力収穫では133拍/分と増加した。筋電値は上腕部、腰部では機械収穫、人力収穫とも差がなかったが、大腿部では機械利用により筋負担が大幅に軽減された。

3 開発機の経済性評価

調査データの作業能率、価格より経済性を試算した結果を表5に示した。開発機と人力収穫の経費均衡面積は2.0haとなり、このときの10a当たり作業経費は21,000円となった。

また、アメダス降雨データを基に試算した作業可能日数及び開発機の作業可能面積を表6に示した。最悪の天候年でも26日は作業ができ、開発機の作業可能面積は5.61haとなった。

考 察

1 開発機の作業性能

整列精度は球の整列が平均85.7%、茎方向の整列が95.8%であった。タマネギの株間は11~12cmと狭く、1条でも球と球が触れ合うほどの栽植密度である。2条分を1列に整列するには時に2段積みになることもあり、これを考えれば整列精度は極めて高いと言える。

傷球は平均1.6%発生した。傷の程度は75%が軽い打撲傷で、商品価値の失われる切断傷は25%であった。発生原因として大きく2要因が考えられ、1つは搬送過程において球同士が擦れあうときに発生する傷、2つは掘取り刃による切傷である。傷の大半は軽い打撲傷であったことより、搬送過程で発生したものと考えられる。なお、この傷は乾燥過程のキュアリングにおいて薄皮になるので問題にならないと思われる。本機は2条掘取りのため右側掘取り刃は2条目と3条目の間を貫入する。そのためこの条間が狭いと掘取り刃による切傷が発生する危険が高く、本調査でもこの条間が狭かった東浦町では切断された球が見受けられた。したがって、切傷球を発生させないように使用するには、2条掘取り分の条間は20cm、2条目と3条目の条間は25~27cm程度あけ、本機に合わせた栽植様式をとることが大切である。

掘残しは1.2~16.8%とかなり差がみられた。全般的に茎葉が硬くしっかりしている条件では茎葉の引きこしミスが少ないため掘残しは少ないが、茎葉が水分を失い枯死に近い条件では引きこしミスが生じ引抜きベルトに茎葉が挟持されないため、結果的に掘残しが多く発生すると考えられた。また、追掘りで掘残しが増加したのも同様の理由と考えられる。

剪葉長は20cmの設定に対し、平均で22cmとほぼ設定通り剪葉されたが、最短は2cmから最長は45cmまでかなりのバラツキがみられた。吊り球貯蔵を想定し15cm以下は短かすぎて束ねにくい、16~24cmは作業上支障がない、25cmは長すぎて再切断が必要の3段階に分けると、16~24cmに剪葉されたものが59.5~86.0% (平均

78.8%)を占めた。また10cmの設定に対しは、最長35cm、最短2cm、平均14cmであった。コンテナ貯蔵を想定し15cm以下はそのまま収納可能、16cm以上は長すぎて再切断が必要の2段階でみると、そのまま収納可能な比率は64.5%であった。なお、10cmの設定ではまったく剪葉されていない剪葉ミスが4.6%発生した。

倒伏の方向に対する適応性は、追掘りでは球の整列、掘残し、剪葉長の精度が劣った。その理由として、追掘りでは引起しラインによって葉がうまく引き起こされないため掘残しが生じる、葉の挟持位置が一定しないため剪葉長にバラツキが生じ、球の整列精度も低下すると考えられた。しかし、現実的には畝方向に沿って整然と倒伏することは少ないと思われるため、追掘りで精度が劣ることをそれほど問題にしなくてもよいと考えられる。

傾斜地に対する適応性について、進行方向に対して推定2~3度の傾斜度では走行性、作業精度にまったく影響はなかった。しかし、7~8度の傾斜地の場合また、傾斜に対する畝の方向と適応性については今回の調査では明らかでなかったため、さらに検討を必要とする。

作業能率は2.3条目の条間が広く栽植様式が機械に合った西淡町では、走行速度は0.24m/s(2速)で作業でき、10a当たり作業時間は2.2時間となった。人力収穫では引抜きに9.0時間、剪葉に1.5時間の計10.5時間を要しており、人力の約5倍の能率となった。しかし、この条間が狭く栽植様式が合わなかった東浦町では、走行速度は0.15m/s(1速)でしか作業できず、10a当たり作業時間は3.5時間となり、作業能率は2速の約6割に低下した。したがって本機を効率的に使用し、しかも切傷球を発生させないためにも、栽植様式を本機に合わせる事が重要となる。

2 収穫作業の労働強度

タマネギの人力収穫はきつい作業が長時間続き、農家にとってつらい作業である。作業姿勢は片膝をついた前屈姿勢が大半を占め、ふともも、膝への負担は大きいと推察される。これに対し、機械収穫ではほぼ直立歩行姿勢が大半を占め、作業姿勢が大幅に改善された。心拍数は安静時の74拍/分に対して、機械収穫では110拍/分、人力収穫では133拍/分と増加した。作業時の心拍数を安静時の心拍数で割った心拍指数は、それぞれ1.5、1.8に増加した。心拍指数による労働強度の分類から機械収穫では中作業(1.3~1.6)、人力収穫では強作業(1.6~1.9)に分類され、機械利用による労働強度の軽減が心拍指数からも認められた。また、筋電値は上腕部、腰部では機械収穫、人力収穫とも差がなかったが、大腿部では機械利用により筋負担が大幅に軽減され、作業姿勢の改善が

大腿部の筋電値に反映されたと考えられる。

3 開発機の経済性評価

最後に開発機導入の経済性と稼働計画を検討する。

開発機の作業調査データにもとづき、人力掘取り方式や大型収穫機と比較して、機械導入の経済性を以下の条件で試算した。開発機の本機価格は108万円で、年間固定比率は30%、作業能率は10a 当たり2.2時間、労賃単価は2,000円/時とした。燃料消費量はガソリンエンジンの2.6ps 相当の1.04L/時とし、単価90円/L、オイル代はガソリン代の30%とした。対照となる人力の作業能率は10a 当たり10.5時間とした。また大型収穫機は価格380万円で、年間固定比率30%、作業能率はカタログ値より10a 当たり2時間とし、燃料消費量はディーゼルエンジン10.5ps 相当の2.8L/時、単価80円/Lとした。この大型機械は2人作業であるものの、同時にコンテナ詰めまでこなすので、このコンテナ詰め作業時間の10時間/10a を減じた。

試算の結果、開発機と人力収穫との経費均衡面積は2.0ha となり、このときの10a 当たり費用は21,000円となった。費用の点からみると、淡路の平均的規模である45a の農家では、4戸程度の共同利用が望ましいこととなる。一方、従前の大型収穫機では3.5ha と試算され、より大規模な組織的利用体制を必要とする。これらの経費比較から、開発機は比較的少人数の共同利用方式によって、慣行の人力収穫と同じ利用経費で稼働できると考えられた。

次に、淡路で主力となる5～6月中旬のタマネギ収穫時期に、2ha 程度の作業が遅滞なく完了するかどうかを試算した。まず簡便法で試算すると、ha 当たり22時間の作業能率、作業期間50日、作業可能日数率60%、1日8時間作業、実作業率60%の条件では、この期間に6.5ha の作業が実施できる。さらに営農技術体系評価・計画システム「FAPS97」を用いて、実際の天候の年次変動データによって解析した。ここでは過去6年間(93～98年)のアメダスの降雨時間データにより、作業日は5時間雨量1mm未滿、当日0時から8時の雨量が2mm未滿、前日雨量10mm未滿、前々日雨量20mm未滿で収穫作業が行えることとした。この結果、月毎の作業可能指数(日数)は表6の通りとなり、最悪年の95年では51日のうち26日作業が行え、天候の良かった97年では37日間の作業が可能であった。1日8時間作業、実作業率60%、ha 当たり22時間の作業能率では、1日当たり作業可能面積は22a となり、最悪の天候年で5.61ha、最良の天候年で8.14ha と試算された。

また、共同利用農家のすべてが中生種のタマネギばかり

を栽培し、作業期間が5月下旬から6月上旬の20日しかないとした場合には、最悪年で2.42ha、最良年で3.96ha と試算された。以上のように設定した雨量の制限条件下では、ほぼ2ha の面積は順調に稼働できることが示された。

引用文献

- (1) 農林水産省統計情報部(1996～1997):第73次農林水産省統計表
- (2) 山浦浩二(1994):小区画圃場でのタマネギ機械化一貫栽培:機械化農業1994(11),14-18
- (3) 兵庫県農林水産部(1984):農業・生活改良普及員の指導活動記録集 第18集,141