

野菜作導入時の圃場区画とトラクタ補助車輪特性*¹

桃野 寛*² 鈴木 剛*³ 白旗 雅樹*⁴

大規模畑作に野菜作を導入する場合、他の作物に隣接し作型に応じ順次播種されている。収納コンテナの容量や荷役法が同じ場合、コンテナ容量に見合った圃場長さで、往復収穫となる栽培様式をとることで、収穫作業能率は2割以上向上する。

降雨時や降雨後の軟弱圃場でのコンテナ運搬作業への適応性を高めるため、トラクタに鉄製かご型車輪を装着しロータリ耕耘直後の圃場において走行特性を調査した結果、補助車輪を装着することで車輪の沈下が少なく、すべり率20%時のけん引比は2輪駆動時で1.4倍に、4輪駆動時では1.5倍に高まった。

I. 緒 言

豆類、テンサイ、小麦、パレイショを基幹作物とする畑作経営に野菜作を導入するには、作業競合の回避と適期作業は極めて重要である。特に出荷数量や収穫日が決められる生鮮野菜では、降雨時や降雨後の軟弱圃場での収穫作業も避けられない場面も多い。また、野菜は、畑作圃場に隣接して作型別に順次栽培されている。ダイコンやキャベツの一回の出荷割り当て数量は5 a単位であるにもかかわらず、長辺が270～540mの畑作物に隣接した場合は、一作型の短辺は1～2 mと短冊状になり、管理作業や収穫作業に空走時間が多くなり作業効率が低下する。そこで本報では、荷役作業を伴う機械収穫作業を効率的に行うための圃場区画と作業法について検討するとともに、トラクタの機動性を損なわずに悪路面におけるタイヤ装着式補助車輪の走行特性を明らかにした。

II. 試験方法

- (1)試験項目 ①トラクタ用補助車輪の走行特性、②圃場形状・区画と作業能率
 (2)試験場所 ①十勝農試農業機械科圃場、②芽室町
 (3)供 試 機 ①トラクタ装着型補助車輪、②自走式ダイコン収穫機(2機種)

- (4)調査項目 ①構造及び特徴：構造、寸法、②所要動力：作業速度、すべり率、けん引力、③土壌含水比、貫入抵抗、④作業能率、⑤利用経費等

III. 結果及び考察

1) ホイールトラクタ用補助車輪の走行特性

(1) 構造及び特徴

試作した補助車輪は、車輪幅300mmの鉄製かご型車輪で、トラクタタイヤのホイールディスクに直径510mmの取付用フランジを介し8本ボルトで装着した。補助車輪の外径は、装着したまま道路走行ができるようにトラクタタイヤの外径1,465mmに対し、地面と約50mmの間隙が確保できるように1,365mmとした。この結果、舗装道路の走行も可能となった(図1)。補助車輪の質量は左右両輪で合計185kgである。

(2) 走行特性

70馬力4輪駆動トラクタに補助車輪を装着し、未耕起の通路及びロータリ耕耘直後の圃場(表1)における走行特性を調査した。補助車輪の装着により、ロータリ耕耘直後の畑でも、車輪の沈下量は2～3 cmと少なくなった。けん引抵抗試験は、100PS級トラクタを被けん引車とした制動法により、ロータリ耕耘直後の畑において行った。その結果、トラクタ作業で最もけん引効率が高いと言われている、すべり率20%時のけん引力は、補助車輪を付けない場合、2輪駆動時で450kgf、4輪駆動時で800kgfであったのに対し、補助車輪を装着した場合は、2輪駆動時で650kgf、4輪駆動時で1,300kgfに増加した。同様に、通路面でのけん引力は、補助車輪を付けない場合、2輪駆動時で500kgf、4輪駆動時で900kgfであったが、補助車輪を装着した場合は、2輪駆動時で950kgf、4輪駆動時で1,600kgfに増加した。

2001年5月18日 受理

*¹ 本試験は、平成7年～11年に実施した国費補助研究地域基幹「畑作における野菜等の新規作物導入と技術開発」における成果の一部である。

*² 北海道立十勝農業試験場、082-0071 河西郡芽室町
E-mail: momonohs@agri.pref.hokkaido.jp

*³ 同上

*⁴ 同上(現：北海道立畜産試験場、081-0038 上川郡新得町)

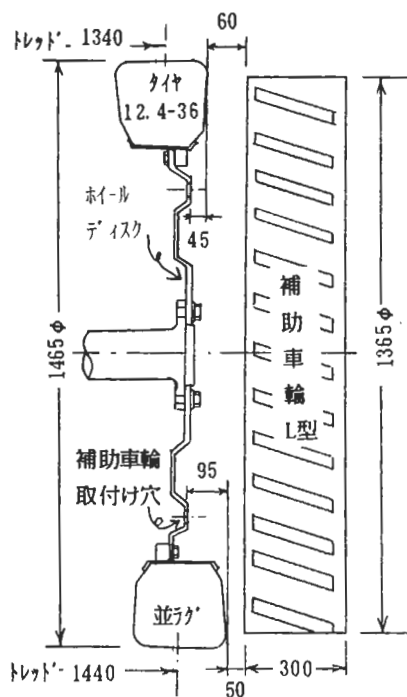


図1 補助車輪の外観図

注) 車軸より上部の(A)は、トレッド1,340mmの装着例
車軸より下部の(B)は、トレッド1,440mmの装着例



表1 土壌条件

深さ (cm)	通路 (%d.b)	畑(午前) (%d.b)	畑(午後) (%d.b)	土壌硬度(kg/cm ²)	
				通路	畑
0-5	36.3	41.8	43.3	20.0	0.4
5-10	35.1	44.9	44.8	>20.0	1.0
10-15	35.0	46.3	44.4		4.0
15-20	37.2	46.3	43.3		10.0
20-25	37.4	46.4	43.4		>20
沈下粘着係数 Kc				7.50	0.25
沈下摩擦係数 Kφ				0.43	0.15
沈下指数 n				0.33	1.04

注) 沈下量Z (cm)と載荷圧力P (kg/cm²)は次式の関係

$$P = ((Kc/b) + K\phi) \times Z^n; b \text{ は沈下板幅}(25.5\text{cm})$$

表2 走行特性

車輪条件	駆動 区分	すべり率 (%)	畑		通 路	
			けん引力 (kgf)	けん引比	けん引力 (kgf)	けん引比
補助車輪なし 質量: 2,820kg	2WD	20	450	0.16	500	0.18
		100	1010	0.36	1000	0.35
	4WD	20	800	0.28	900	0.32
		100	1800	0.63	1900	0.67
補助車輪有り 質量: 3,005kg	2WD	20	650	0.22	950	0.32
		100	1700	0.57	2400	0.80
	4WD	20	1300	0.43	1600	0.53
		100	2700	0.90	2800	0.93

注) 2WD: 2輪駆動, 4WD: 4輪駆動の略

補助車輪装着の有無を、すべり率20%時のけん引比で比較すると、2輪駆動で1.4倍に、4輪駆動では1.5倍に高まり(図2)、すべり率100%時の最大けん引比は2輪駆動時に0.57、4輪駆動時に0.9以上を示した(表2)。

すべり率が100%時の通路面と畑でのけん引力の差は、2輪駆動時の補助車輪の有無が顕著に現れた。すなわち、補助車輪を付けない場合では、通路面でも畑でも同程度であったが、補助車輪を装着する事で通路においても路面を繰り返さずにけん引力は700kgf増となり、3点リンク装着の運搬台による荷役作業時や、トレーラけん引作業時にトラクタタイヤの滑りが見られず、安定した荷役作業が可能であった。

供試した補助車輪は、舗道走行に配慮し、タイヤ直径

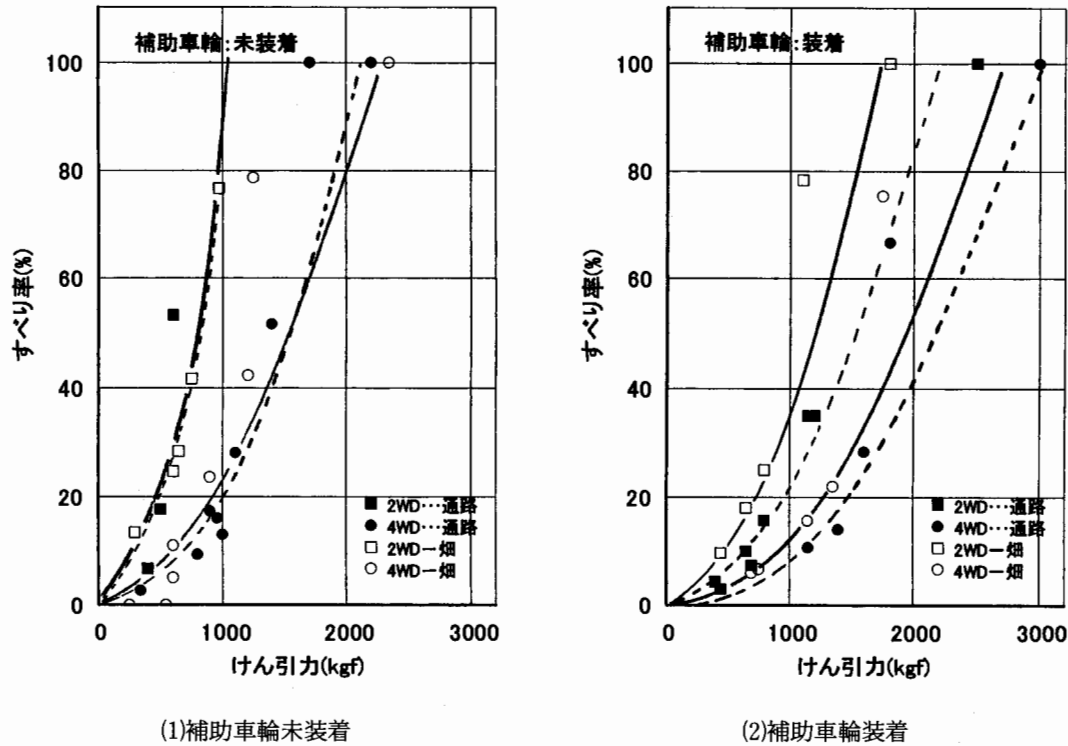


図2 けん引特性

より10cm小さく製作した場合の試験事例ではあるが、表層作土層の練返しを防ぐとともに土壤踏圧を軽減する意味から、この程度の直径差に製作するのが望ましい。

(3) 補助車輪装着トラクタの利用経費

キャビン付き70馬力4輪駆動トラクタの価格は4,840円で、補助車輪一对の購入価格は250千円である。補助車輪の脱着に要する時間は1人作業で30分程度であることから、プラウ耕や管理・収穫作業以外にも補助車輪を装着することで資材運搬や野菜収穫物の荷役や小麦播種等に適応が可能である。補助車輪装着時のトラクタの稼働時間を400時間とすれば、時間当たりの固定経費は補助車輪装着で2.5千円程度と試算された(表3)。

2) 圃場形状、荷役法と作業能率

(1) 構造及び特徴

供試機は、走行部がゴムクローラ式の自走式1条ダイコン収穫機である(表4, 図3)。拔上げコンベヤの先端には葉の引きこし装置があり、振動ソイラによって浮き上げ、葉をゴム製ベルトに挟んで抜き上げる。葉切りされたダイコンは補助者がスチールコンテナに収納する。コンテナが満量になると、B機は圃場のコンテナ荷役位置まで移動し、荷下ろしし、A機は装備している荷下ろし用クレーンまたはトラクタやロードの荷役装置を用いて荷下ろしする。なお、A機には、葉を挟持しながら移動する搬送部に自動切断装置が付いており、ダイコン頂

表3 補助車輪装着トラクタの利用経費

項目	単位	標準車輪	補助車輪付	備考
トラクタ馬力	PS	70	70	4輪駆動キャビン付き
算出基礎				
①購入価格	円	4,840,000	5,090,000	補助車輪: 250千円
②耐用年数	年	8	8	
③年間利用時間	時間	400	400	
年間固定費				
④減価償却費	円	544,500	572,625	
⑤修理費	円	227,480	239,230	修理費係数: 4.7%
⑥車庫費	円	72,600	76,350	車庫費係数: 1.5%
諸負担				
⑦資本利子	円	77,198	81,186	2.9%
⑧租税公課	円	37,268	39,193	1.4%
⑨保険料	円	12,100	12,725	0.25%
⑩年間固定費計	円	971,146	1,021,309	
⑪時間当たり固定費	円	2,428	2,553	

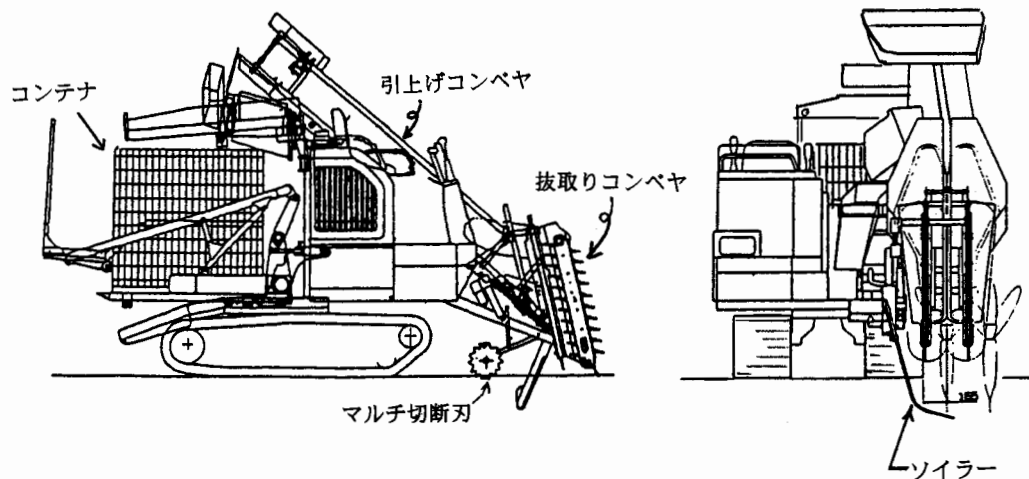


図3 供試機の機体概要 (B機)

表4 供試機の仕様

供試機	A機	B機
機体寸法 全 長 (mm)	4,472	4,465
全 幅 (mm)	2,080	2,287
全 高 (mm)	1,900	2,535
掘取り部 条 数 (条)	1	1
方 式	茎葉挟持引抜	茎葉挟持引抜
掘起し方式	振動ソイラー	振動ソイラー
葉の切断方法	自動切断装置付き	人力揃え切断
荷役部 方 法	クレーン装備又はフロントローダ	自動荷役
コンテナ規格最大	1,600×1,140×1,170	1,600×1,140×1,170
エンジン 型 式	水冷ディーゼル4サイクル4気筒	水冷ディーゼル4サイクル3気筒
排気量 (mℓ)	1,498	1,496
最大出力 (PS)	25 (18.4kW) /2,400rpm	41 (30kW) /2,400rpm
燃料タンク (ℓ)	32	43
走行部 履帯幅・接地長 (mm)	400×2,400	450×1,508
クローラ中心距離 (mm)	915	980
変速方法	HST	HST
走行速度 (m/s)	前・後進 0~1.7	前・後進 0~2.0
傾斜地対応	機体左右水平制御	機体左右水平制御

部からの一定長さに自動で切り揃えが行われる。

(2) 作物条件及び供試圃場

芽室町のダイコン栽培様式は、高畦2条のマルチ栽培が多く、高畦の間隔は1,200~1,600mmである。栽植様式は、条間45cm、株間24cmの2条高畦マルチで、夏ダイコン「T340」の規格品率は79.5%、秋ダイコン「福味2号」では73.8%であった(表5)。年間に3~4作型があり、一回の出荷割り当て数量は面積5a分を目安に栽培されている。供試圃場は乾性火山性土の坂の上(I圃場)と湿性黒ボク土の雄馬別(II圃場)で実施した。圃場長辺は176,436mで、それぞれの短辺は1.8,3.2mの短冊

区画であった。このような短冊区画で収穫機を利用する場合は、次の作型が隣接するため廻り作業(往復収穫)とはならず、片道収穫作業(one way)となる(図4)。

(3) 圃場作業能率

収穫機に搭載するスチールコンテナの形状は、幅850mm、長さ1,200mm、深さ1,000mmで、容量は1.02m³、空コンテナの質量は83kgであった。なお、両圃場とも90~100mの直進作業でコンテナは満杯となった。圃場長辺が176mの試験Iでは、予め空コンテナを圃場の両側に配置し、コンテナが満杯になった時点で移動・荷下ろしを行った。作業速度0.24m/sで4条を収穫した結果、6コンテナが

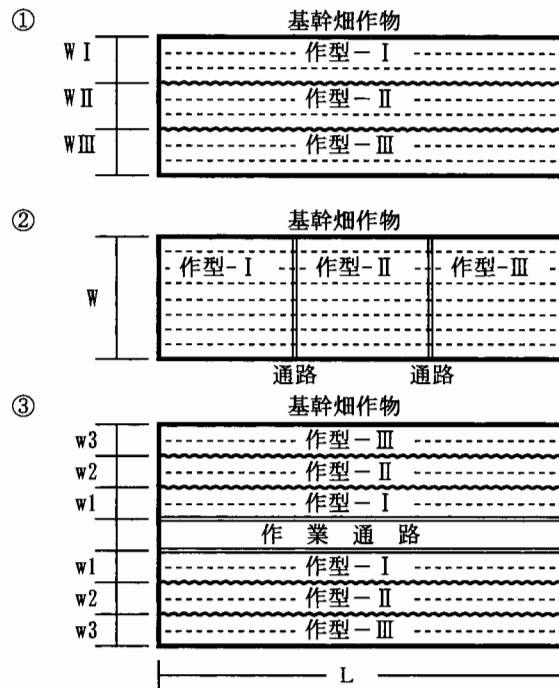
表 5 作物条件

試験 区分	品種	試験日	条間 (cm)	株間 (cm)	草丈 (cm)	抽出 根長 (cm)	根長 (cm)	有効 根長 (cm)	根径 (cm)	根重 (kg)	引抜力 (kgf)	規格品率 (本%)	規格内収量 本/10a	kg/10a
I	「T340」	8/20	45	24	59.7	13.7	48.8	33.4	7.3	0.92	9.9	79.5	5,009	5,778
II	「福味2号」	9/30	45	23.8	44.2	18.2	48.8	40.9	7.2	1.36	16.3	73.8	4,217	3,881

注) 有効根長：根径 2 cm以上

表 6 作業能率

圃場 区分	作業 人数 (人)	作業 幅 (m)	作業 面積 (a)	作業 速度 (m/s)	全作業 時間 (min)	作業の内訳 (%)					作業 能率 (a/h)	作業 効率 (%)	投下労 働時間 (人時/10a)
						実 作業	巡回 移動	荷役	停止 調整	待機			
I	3	0.60	3.17	0.24	51.1	77.2	7.8	12.3	2.7	—	3.70	71.4	8.11
II	4	0.80	5.73	0.23	76.5	63.8	19.9	14.7	0.0	1.6	4.50	67.9	8.89



工程別作業時間の算定式及び算出基礎

 総作業時間 $T = T_h + T_u + T_t + T_r + T_a$

 実作業時間 $T_h = \frac{S}{V_f \times S_w}$

 荷役時間 $T_u = N_t \times t_h$

 移動時間
(空走) $T_t = \frac{L}{V_b} \times N_r$

 (次畦移動の場合) $T_t = \frac{(N_r - 1) \times S_w}{V_f}$

 巡回・巡回時間 $T_r = (N_r - 1) \times t_r$

 停止・調整時間 $T_a = \frac{S \times t_a}{100}$

ここで、

L : 圃場長辺 (m)

W : 圃場短辺 (m)

 S_d : 株間 (m) 0.24

 S_w : 畦間 (m) 0.8

 S : 面積 (m²) L × W

ε : 規格品率 (%) 75

 V_f : 作業速度 (m/s) 0.25

 V_b : 移動速度 (m/s) 0.80

 t_r : 巡回時間 (s/回) 20

 t_h : 荷役時間 (s/回) 36.5

 t_a : 停止調整時間 (s/a) 63

 F_p : コンテナ充填量(本) 300

 d : コンテナ満載までの距離 $d = F_p \times S_d \times 100 / \varepsilon$

 N_r : 収穫条数 $N_r = \text{INT} (W / S_w)$

 N_L : 長辺方向の荷役回数 $N_L = \text{INT} (L / F_d)$

 N_t : 総荷役回数 $N_t = \text{INT} (L \times W / S_w / F_d)$

注) INT は演算結果の整数値

図 4 野菜圃の配置事例と作業能率 (事例：ダイコン栽培圃)

満杯となり、作業能率は3.7a/h、全作業時間に対する移動・荷役時間割合は20.1%であった(表6)。圃場長辺が436mの試験Ⅱでは、空コンテナを圃場の一箇所に配置し、コンテナが満杯になった時点で移動・荷下ろしを行った。なお、空コンテナの補給と積替えを含めてトラクタのフロントローダを用いた。作業速度0.23m/sで2条を収穫した結果、8コンテナが満杯となり、作業能率は4.5a/h、全作業に対する移動・荷役時間割合は34.6%を占めた。

(4) 圃場区画と作業能率試算

資材散布作業の補給時や収穫作業の荷下ろし時に発生する無駄走り時間は空走時間と呼ばれている。この空走時間は圃場の長短辺比が1に近づくほど、少なくなると言われるが¹⁾、枕地面積が増加したり、回行・畦合わせ時間等が増えることから実圃場ではあまり考慮されていないのが現状である。

ここでは、図4に示す作業様式や圃場の区画と作業能率との関係を、圃場面積6.4aで検討した。栽培様式①は、基幹畑作物に作型が隣接する様式であり、栽培様式②は、年間の作型数から圃場長辺を分画し、作付前及び収穫後に放置される期間は緑肥等を取り入れる栽培様式

である。栽培様式③は、往復収穫ができるよう、同一作型を通路を挟んで栽培する様式である。

これらの栽培様式に対する工程別所要時間は、下記の数値および算定式を用いて試算した。

圃場面積、コンテナの容量、荷役法等が同じ場合、片道収穫、往復収穫とも長辺が短くなるに従い、回行数および畦合わせ時間が増加して、作業能率は低下する(表7)。往復収穫に対し片道収穫は、一畦終了後に圃場の起点まで空走するため、この時間が能率の差となる。すなわち、長辺方向の空移動が作業能率の低下に及ぼす程度は20~23%となる(図5)。以上のことから、圃場長辺が300m以上の畑では、作型数とコンテナ容量等を考慮した圃場区画に栽培することで、管理作業や収穫作業能率は2割以上向上し、一作型収穫後の緑肥栽培も可能である。

IV. 論 議

トラクタの車輪踏圧軽減やけん引力増加を図るため、タイヤガードルやダブル車輪の装着等が推奨されてきたが、価格面、脱着の難易性、機動性、中耕除草や防除等の管理作業に利用できないなど作業面の制約から、普及は極めて少ない。

供試した補助車輪装着により軟弱圃場ではタイヤの沈下による車輪跡が軽微となる事、けん引力が増加し車輪のすべり率が減少する事等から、資材運搬など荷役作業への利用が可能となった。また、小麦起生期の追肥作業、機体質量の大きい複合施肥播種機による秋小麦播種作業や多条移植機にも活用でき、トラクタの利用範囲が広がることが期待できる。供試した補助車輪は脱着作業が容易であり、また補助車輪を装着したまま圃場間移動が容易であるが、補助車輪装着で道路走行を行う場合は、機体制限幅を2.5m以内とし保安基準を遵守する事が必要である。

収穫物をコンテナに収納するキャベツやダイコンなどの重量野菜の収穫では、一作型の区画長辺は100m程度が最も作業能率や作業効率が高かった。このため、十勝地方では200間(360m)圃場が一般的であり、長辺方向3

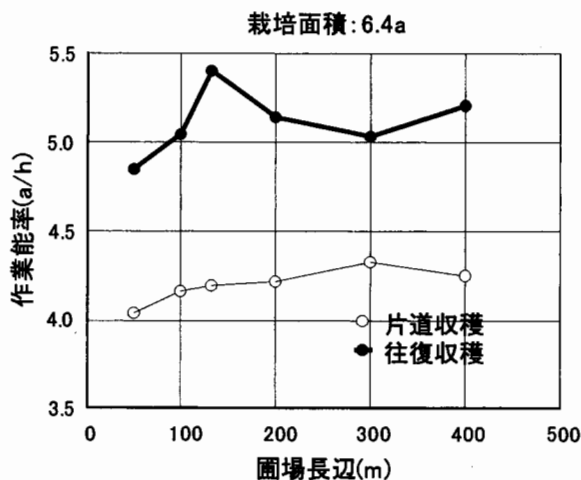


図5 圃場区画・作業方法と作業能率との関係

表7 圃場区画と作業能率の一例

収穫法	栽培様式	圃場区画 (m)		作業能率 (a/h)	同 比	作業時間割合 (%)				
		長 辺	短 辺			実作業	荷役	移動	回行・旋回	停止・調整
片道収穫	①	400 ×	1.6	4.25	1.00	59.0	19.2	18.5	0.4	3.0
	①	133 ×	4.8	4.19	0.99	58.2	18.9	18.2	1.8	2.9
	①	50 ×	12.8	4.04	0.95	56.1	18.2	17.5	5.3	2.8
往復収穫	②③	400 ×	1.6	5.21	1.23	72.3	23.5	0.1	0.5	3.6
	②③	133 ×	4.8	5.10	1.20	70.8	23.1	0.4	2.2	3.5
	②③	50 ×	12.8	4.85	1.14	67.4	21.9	1.0	6.3	3.4

注) 圃場面積: 6.4 a, ①: 片道収穫, ②・③: 往復収穫

分割で作付けを行う事になる。また、区画間の通路幅は作業機を装着したトラクタが旋回可能な5 m程度を確保する必要がある。

引用文献

- 1) 岡村俊民, 農業機械化の基礎 3.3.2圃場作業効率
北海道大学図書刊行会 (1991)
- 2) 北海道立十勝農業試験場 農業機械試験成績書 平成9年度 p.87-91, 平成10年度 p.129-136

Relation Between the Land Division-Form and Work Efficiency for a Large-Scale Vegetable Field, and Characteristic of the Tractor Cage Wheel

Hiroshi MOMONO^{*1}, Takeshi SUZUKI^{*2} and Masaki SHIRAHATA^{*3}

Summary

To loading work to use the tractor in a weak field after the rainfall, cage-wheel of 300mm in width was installed in 70 PS- 4WD tractor. As a result, Sinking depth of the wheel which installed the cage-wheel was a little in the field where harrowing was done. The traction ratio at the slippage 20% has risen to 1.5 times in 4WD, and 1.4 times in 2WD. And Maximum tractive force at the slippage 100% showed 0.57 in 2WD, and 0.9 or more was shown in 4WD.

When the vegetable is grown to a large-scale plowing a field, the vegetable is planted on the side of potatoes or wheat. Therefore, length in the vicinity of length in the field of the vegetable is 270-300m. Moreover, because the potatoes or wheat are planted on the side, it is not possible to harvest by the shuttling work. Therefore, the one way harvesting operation is unavoidably done though the rate of work is lower.

When container capacity and the loading method of the container are the same, the time required of the movement decreases the rate of work. The rate of work decreases by 20-23%. It is necessary to decide the division of the field in consideration of container size so that the shuttling work is possible. The harvesting operation efficiency improves by 20 percent or more by doing the shuttling harvesting operation.

^{*1} Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082-0071 Japan

E-mail: momonohs@agri.pref.hokkaido.jp

^{*2} *ibid.*

^{*3} *ibid.* (Present; Hokkaido Animal Husbandry Experiment Station, Shintoku, Hokkaido, 081-0038 Japan)