

施設園芸用簡易高所作業車の開発および 作業者の身体負担軽減効果

姫野修一・真鍋尚義・森山友幸・井手 治・鐘江義広¹⁾・増永和子¹⁾・末永隆次郎²⁾
(園芸研究所)

トマト生産における収量増加と品質向上が可能なハイワイヤー栽培システムの低コスト導入と管理作業の省力・軽作業化を図るために、簡易高所作業車を開発し、主枝吊り降ろし作業における作業能率および身体負担軽減効果について検討した。

開発した高所作業車は、作業車本体とレールに安価な資材を使用するため、既存の設備費の高い温湯管をレール代替にして専用台車が移動する方式に比べ低コストである。また、直進安定性に優れ、作業する高さに合わせて簡易に上下できるため、ハイワイヤー栽培の管理作業を楽に、かつ安全に行える。高所作業車利用により、作業能率は慣行の高下駄履き作業に比べ32%向上できる。慣行作業と高所作業車利用の作業強度には、実感できるほどの差はないが、高所作業車利用によって作業姿勢が改善され、首や肩の痛みがなくなり、肩の筋負担を大幅に軽減できる。

[キーワード：トマト、ハイワイヤー、高所作業車、作業能率、身体負担、作業強度、作業姿勢、筋負担]

Development of a simple man-positioner for elevated work in a greenhouse HIMENO Shuichi, Hisayosi MANABE, Tomoyuki MORIYAMA, Osamu IDE, Yoshihiro KANEGAE¹⁾, Kazuko MASUNAGA¹⁾, and Ryujirou SUENAGA²⁾ (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan, Kurume Agric. Ext. Cent.,²⁾ Kurume University School of Medicine) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 18: 63-67 (1999)

A simple man-positioner for elevated work in a greenhouse was developed to introduce a high-wire tomato cultivation system which could ensure high yield and quality tomatoes at a reduced cost and involve less labor. The man-positioner was developed using low-priced materials for the machine itself and for the rail, making it less expensive than the existing track system which makes use of high-priced water heating pipes for the rails. This man-positioner displays excellent straight stability and adapts to the high-wire growing system with its simple mechanism for adjusting the height of its work platform, resulting in minimized physical-load and danger. According to the investigation conducted with the use of the man-positioner, there was an improvement in work efficiency up to a maximum of 32% compared with the conventional work method. It alleviated the physical-load in hanging down primary scaffold branches. As a matter of fact, there was no substantial difference in the intensity of workload between the two; however, the new device saves strain on neck and shoulder muscles with its improved working posture.

[Key words: Tomato, High-wire, Man-positioner, Work efficiency, Physical-load, Intensity of workload, Working posture, Strain muscles]

緒 言

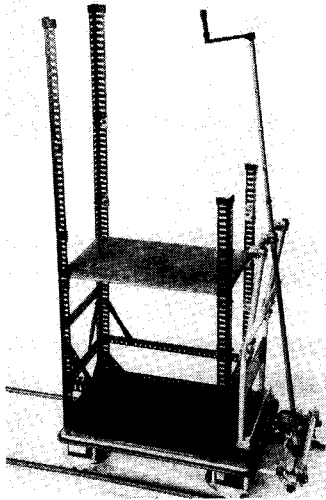
施設園芸における労働環境の改善と収益性の向上は、農産物輸入自由化や労働力不足、高齢化等が進展する中で、本県の園芸農業振興上の大きな課題となっている。このような状況の中で、トマト生産においては高収量、省力化、規模拡大を目指したロックウール栽培の導入が図られている。しかし、従来のロックウール栽培は、誘引用のワイヤーの高さが約2mであるため、主枝の吊り降ろしや摘芽作業は、足元が不安定な高下駄を履いて行われている。しかも、これらの管理作業は全作業時間の約20%を占めているため、労働環境の改善が必要となっている。また、我が国のトマトの半促成と抑制の年2作を合計した収量は10a当たり約20t、1t当たり労働時間は約113時間であるが、高軒高フェンローハウスでのハイワイヤー栽培が普及しているオランダの長期一作型では、年間収量は10a当たり51t、1t当たり労働時間は約18時

間であり、我が国とオランダでは生産性に大きな較差が生じている¹⁾。ハイワイヤー栽培は、主枝を3mの高さまでまっすぐに伸ばし、十分な葉数確保と果実への日当たりを良くすることから、葉の活力が長く続いて収量増加と品質向上につながり²⁾、本県でも普及が期待されている。1996年に浮羽郡浮羽町に初めての高軒高フェンローハウスが建設されたが、すぐにはハイワイヤー栽培は導入されなかった。これは、本栽培システムでは高所作業用の台車が必要となるが、既に開発されている温湯管をレール代替として移動する専用の動力台車は、高額なパイプレール式温湯暖房システムの導入が併せて必要になり、農家の経済的負担が大きいためである。このようなことから、ロックウール栽培の生産性向上を図るためには、施設費が安価な温風暖房によるハイワイヤー栽培システムを実現しなければならない。そのためには、温湯管を必要としない高所作業車を緊急に開発することが必要である。

そこで、高さが3mの作業位置までは楽な立位姿勢で作業できる、低コストの簡易高所作業車の開発を行った。

1) 久留米地域農業改良普及センター

2) 久留米大学医学部



第1図 開発した簡易高所作業車

さらに、開発機の導入効果を慣行の高下駄履き作業との比較試験によって明らかにした。本報告では、開発機の概要およびトマトの主枝吊り降ろし作業における作業効率および身体負担軽減効果について報告する。

なお、本研究における開発機の発明については平成8年6月に特許出願を行った。

開発機の概要

1 開発目標

本研究における開発目標は次のとおりである。

- (1) 作業位置が高さ3mでも安全に作業ができる。
- (2) 作物の生育や作業内容に合わせて高さ調節ができる。
- (3) 女性や高齢者でも楽に作業ができる。
- (4) 安価で入手しやすい材料を使用し、低価格の製品とする。

2 開発機の構成

開発した簡易高所作業車を第1図に示す。開発機の基本構成は、①簡易高所作業車本体（以下、本機という）、②軌道装置（以下、レールという）である。これらの主要諸元を第1表に示す。

本機は、既製の手押し用台車にレール走行用の戸車、プーリー、Vベルト、駆動軸および手動ハンドルを取り付け、乗車部には踏み板の高さを任意に設定できるようにラック用部品で組み立てた踏み台を取り付けている。本機の走行には、ピニベット（被覆資材固定用レール）の凹部分にパイプハウスの丸パイプを載せたものをレールとして使用する。

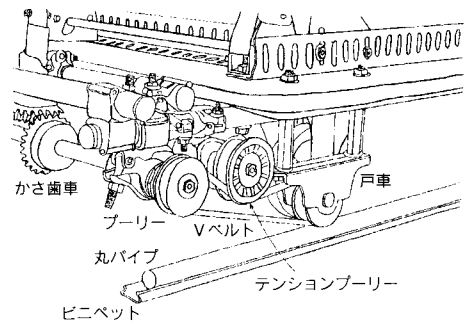
3 駆動部

本機の駆動部とレールを第2図、本機の駆動軸を第3図に示す。

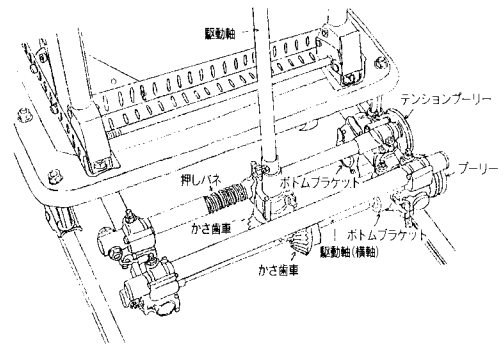
駆動部は、手動でハンドルを回転させることにより、駆動軸を介してプーリーが回転し、さらにプーリーの回

第1表 開発機の主要諸元

項目	仕様
<開発機本体>	
全長(mm)	1,120
全幅(mm)	610
全高(mm)	2,010
機体質量(kg)	68.8
踏み板の広さ(mm)	縦730×横435
踏み板の高さ(mm)	480~1,220
ハンドルの高さ(mm)	1,530~2,420
ハンドル1回転当たりの走行距離(mm)	19.8
<レール>	
軌間(mm)	540
高さ(mm)	26.5
パイプ口径(mm)	22.2



第2図 簡易高所作業車の駆動部とレール



第3図 簡易高所作業車の駆動軸

転はVベルトを介してレール走行用の戸車1個を回転させる構造となっている。駆動軸は、スチールパイプを使用した縦軸と横軸からなり、縦軸の回転は、2軸が直角に交わる場合に用いられるかさ歯車を介して横軸へ伝動される。なお、縦軸のかさ歯車を押しバネで押さえることによって横軸のかさ歯車とのかみ合わせが一定に保たれ、Vベルトには張り調節のためのテンションプーリーを取り付けており、スムーズな回転を可能にしている。さらに、プーリーおよびテンションプーリーを台車に固定した自転車部品のボトムブラケットに取り付けることにより、回転軸のブレを最小限に抑えている。

4 走行部

本機の走行部は、レール走行用の戸車と地面走行用キャストからなる。双方の接地面の高低差をレールの高さより小さくすることによって、レール上では戸車が接地して走行し、キャストは地面から離れて走行を妨げない。一方、レール以外の場所ではキャストが接地して戸車が地面から離れ、レールから離脱してもそのまま地面を走行できる。

5 乗車部

乗車部は、既製台車の荷台に鉄製アングルを組み立てて固定した踏み台と、ベニヤ合板製の踏み板からなる。踏み板は、踏み台に取り付けた留め金によって支持され、取り付けや取り外しを容易に行うことができる。

踏み台への乗降時の安全対策として、ハンドルの反対側にステップを取り付けている。さらに、踏み板の高さより高く伸ばしたステップ側のアングル2本が、乗降時やレール走行時の手すりの役目を果たしている。

6 高さ調節機構

乗車部の高さ調節は、踏み台に取り付けた留め金によって踏み板の高さを設定できるので、予め作物の生育や作業内容に適した高さを選択することができる。

ハンドルの高さ調節は、小径のパイプを大径のパイプに挿入した縦の駆動軸を伸縮させて行う。ハンドルの高さは、双方のパイプに空けた穴にピンを差し込むことで固定され、乗車したままでの調節が可能である。

7 レール敷設方法

レール敷設にあたっては、まず通路を水平に整地、鎮圧する。次に、予め2カ所に穴を開けたビニベットの、凹部を上向きにして敷き、穴に釘を通して2本の間隔(レール間隔)が一定になるように通路に固定する。さらに固定したビニベットの凹部に、パイプハウス用の丸パイプを載せてレールとする。

8 本機の操作方法と特徴

本機は、手動でハンドルを回転させることで丸パイプのレール上をスムーズに移動でき、直進安定性に優れている。また、本機は作業の高さに合わせてハンドルと踏み板の高さ調節をすることができるため、停止中も安定した状態を保持できる。このため、ハイワイヤー栽培での管理作業を楽に、かつ安全に行うことができる。枕地等のレールがない場所では、台車のキャストが接地するので本機を押すだけで移動できる。レール上へのセッティングやレールからの離脱は容易である。

9 開発機の製作費と動力台車導入費の比較

温湯暖房システムの温湯管をレール代替として走行する専用動力台車の価格は約50万円、温湯暖房システムおよび温湯管設置の10a当たり費用は、それぞれ約1,000万円と約300万円である。しかし、本機の製作費は、部品代が約8万円、温風暖房システムおよびレール資材の10a当たり費用は、約85万円と約25万円である。また、

本機の組み立てとレールの敷設に当たっては、簡単な工具とグラインダー、ボール盤、電気溶接機等があれば自家製作や自家施工が可能であることから、高所作業車を低コストで導入できる。なお、回転軸を支える軸受とベルト伝動に用いるベルト車に、廃棄処分された自転車のボトムブラケットと農機具等のプーリーを再利用すると、部品代はさらに安くできる。

開発機の導入効果試験

1 試験方法

開発機を、ロックウール耕でトマトを栽培している軒高4mのフェンローハウス(浮羽郡浮羽町)に導入した。試験前の約半年間は、被験者が高所作業と本機の操作に慣れることを目的に、準備期間として開発機を利用した。試験は1997年5月15日に実施した。供試品種は‘ハウス桃太郎’(1996年11月25日定植)、栽植様式はベッド間隔190cm、株間20cm、栽植密度は10a当たり2,000株、誘引・整枝法は内条間90cmで2条振り分けの直立吊り降ろし誘引とした。

試験1 作業能率

試験区は、高所作業車区と慣行区の2区を設けた。作業方法は、慣行区では高さ20cmの発泡スチロール製高下駄を履き、左手で約1.9kgのトマトの主枝を抱え上げながら、クリップを使って誘引紐に固定した。高所作業車区では、開発機を被験者が最も作業し易いと感じた踏み板の高さ122cm、ハンドルの高さ213cmに設定し、左手で約2.1kgのトマトの主枝を抱え上げ、主枝に誘引紐をらせん状に巻き付けて固定する方法で行った。

なお、ワイヤーの高さと生長点の高さは、慣行区では2.3mと2.3~2.4m、高所作業車区では2.8mと2.8~2.9mであった。

作業は慣行区、高所作業車利用区の順序で行い、主枝吊り降ろし作業に要した時間を測定した。調査株数は両区とも1回に10株とし7反復で調査した。

試験2 身体負担

試験区および作業方法は、試験1と同じ方法で行った。作業姿勢の出現割合は、スナップリーディング法⁶⁾により調査した。身体負担は、安静時と作業時の心拍数にナデックス社製ALICEモニタAM01-M01を、左右僧帽筋(両肩)の表面筋電図にエムピージャパン社製マッスルテスターME3000Pを用いて測定し、併せて作業後の身体疲労部位も聞き取り調査した。筋電図測定は1回当たり約2分間行い、慣行区では9反復、高所作業車区では6反復で測定した。なお、疲労の影響を排除するために、慣行作業終了から高所作業車による作業開始までは25分間の休憩をとり、十分な疲労回復を図った。被験者は43歳の男性で、身長170cm、肩の高さ144cm、肘の高さ110cm、トマトの栽培経験年数は15年であった。

結果および考察

導入効果試験結果の概要を第2表に、高下駄履きによる主枝吊り降ろし作業を第4図に、高所作業車による主

第2表 トマト主枝吊り降ろし作業における
作業能率と身体負担

項目	慣行作業区	高所作業車利用区	有意差
作業能率	24.8秒/株	16.8秒/株	***
作業時心拍数 (心拍数増加率)	82.4bpm (11.4%)	81.5bpm (10.0%)	*
肘が肩より上になる 姿勢の出現割合	61%	0%	-
作業後の身体疲労部位	首、両肩	なし	-
表面筋電位積分値	左肩:31.4mVs 右肩:18.1mVs	左肩:13.6mVs 右肩: 8.1mVs	*** ***

1) t検定において、*は5%水準、***は0.1%水準で有意差あり。

2) 心拍数増加率 = ((作業時心拍数/安静時心拍数[74.1bpm]) - 1) × 100

3) 作業時の温熱環境 (WBGT): 22.3 ~ 23.9℃

軽作業における高温の許容基準(WBGT)(日本産業衛生学会): 30.5℃

枝吊り降ろし作業を第5図に示した。

(1) 主枝吊り降ろし作業能率

高所作業車の利用によって被験者はワイヤーまで楽に手が届くようになり、トマトの主枝に誘引紐をらせん状に巻き付けて吊り降ろす効率的な作業方法が可能となった。そのため、高所作業車区の1株当りの主枝吊り降ろし作業能率は、高下駄履きで行う慣行区の作業方法に比べ32%向上した。10a当たり165時間の労働時間を要する高下駄履きによる主枝吊り降ろし作業は、高所作業車の利用によって大幅な短縮が可能である。また、摘芽、ホルモン処理、誘引紐取り付け等の高所作業にも利用できることから、管理作業全体の省力化が期待できる。

(2) 身体負担軽減効果

高温環境下の筋的作業では、心拍数の上昇幅が大きくなり休憩による回復も遅延する³⁾。今回の調査では主枝吊り降ろし作業の強度は、心拍数増加率から判断して両区とも軽作業程度と推定された。また、作業中の天候は曇りで、温熱環境を示すWBGT(湿球・黒球温度指数)³⁾は22.3 ~ 23.9℃の範囲で推移した。軽作業における許容基準の30.5℃より低かったことから、高温が身体負担に及ぼす影響は少なかったと判断できる。

作業強度の指標となる作業時の心拍数³⁾は、高下駄履き作業が82.4bpm、高所作業車による作業が81.5bpmであり、t検定では有意差があったが、被験者にはほとんど実感できないわずかな差であった。

鶴崎ら⁷⁾は、無理な作業姿勢は筋への負担が大きくなり、心拍数の増加にも影響を及ぼすことを明らかにしたが、今回の調査では心拍数にわずかな差しかみられなかった。これは、両区の作業姿勢の違いが主として上腕の上げ下げに限定され、しかも主枝を抱え上げて保持する動作がエネルギー消費量が少ない静的筋労作⁵⁾に該当するためと推察される。

作業姿勢で比較すると、肘が肩より上になる姿勢の出現割合が高下駄履き作業では61%に達したのに対し、高所作業車による作業では全くなくなった。同様に、作業中の視線についても、高下駄履き作業では大半が上向きであるのに対し、高所作業車利用では正面または下向きへと改善された。

また、左右僧帽筋において、筋負担程度の指標となる



第4図 高下駄履きによるトマトの
主枝吊り降ろし作業



第5図 簡易高所作業車によるトマトの
主枝吊り降ろし作業

表面筋電位積分値²⁾は、高所作業車による作業が高下駄履き作業に比べ左右とも57%程度低下した。

つまり、高下駄履き作業において主枝を高く抱え上げて保持したときの僧帽筋は収縮した状態にあり、筋肉のしびれ、痛みといった症状となってあらわれていると考えられる。一方、高所作業車利用における僧帽筋では、主枝を高く抱え上げる必要がなく筋負担は少ないことから、筋肉のしびれや痛みが生じるほどの筋収縮には至らなかったと考えられる。

以上の結果から、高所作業車の利用により、これまでの無理な作業姿勢や首や肩の痛みが払拭され、管理作業の軽作業化を図ることが可能となった。

引用文献

- 1) 遠藤敏夫(1995)(新装)産業疲労ハンドブック、労働基準調査会：p181-184.
- 2) 福岡県園芸農業ワンステップアップ運動推進協議会(1996)福岡県野菜の品目別課題と対策：p8.
- 3) 桑名 隆・石川文武・小林 恭(1994)ハイテク時代の農作業計測、農林統計協会：p70.
- 4) 糠谷 明(1997)オランダタイプの栽培システム、農業技術大系野菜編2、農文協：p615-623.
- 5) 農林水産省 農蚕園芸局 婦人生活課 農林水産研修所 生活技術研修館(1995)快適な農業労働の実

- 現のために－技術実証・労働負担・環境調査のす
め－：p102.
- 6) 酒井一博（1995）（新装）産業疲労ハンドブック，労
働基準調査会：p216－218.
- 7) 鶴崎 孝・山下 淳・Dorji SANGAY（1996）農
作業姿勢と身体負担，農作業研究**31**（別1）：49－
50.
- 8) 渡辺明彦（1995）（新装）産業疲労ハンドブック，労
働基準調査会：p431－444.