原著論文

平張型傾斜ハウス内管理作業の軽作業化 —等高線畝栽培とレール式薬剤散布機の適用を中心にして—

長崎裕司*・野中瑞生**・川嶋浩樹***・鶴崎 孝****・的場和弘*****

*中央農業総合研究センター, **近畿中国四国農業研究センター

野菜茶業研究所, *愛媛大学農学部, *****畜産草地研究所

Labor Saving of Farm Work in a Flat-Roof Sloping Greenhouse

— Utilization of Contour Strip Cropping and a Monorail Type Sprayer —

Yuji NAGASAKI *, Mizuo NONAKA **, Hiroki KAWASHIMA ***,

Takashi TSURUSAKI **** and Kazuhiro MATOBA *****

* National Agricultural Research Center, ** National Agricultural Research Center for Western Region

*** National Institute of Vegetables and Tea Science, **** Faculty of Agriculture, Ehime University

***** National Institute of Livestock and Grassland Science

1 緒 言

傾斜畑での野菜・花き等の施設栽培は、これまで簡易雨よけという極めて脆弱な装備に依存してきた。多様な傾斜地形に低コストで自在に設置でき、夏秋期の換気が良好に行える反面、台風等の強風に対する強度が不十分である。フィルムで全面が覆われていないため、作物の濡れを完全に防ぐことができず、高標高地では晩秋期に急激に気温が低下するため作期の延長が困難である。また、通路内に雨よけのパイプが立てられているため、作業空間が狭くなり、作業性や快適性が低下し、機械利用の障害にもなっている(図1)。

一方で、風速30m/sに耐えられる市販の鉄骨補強パイプハウスが、傾斜対応金具を使うことで傾斜畑に適用できる。しかし、施工コストや圃場の有効利用の面で問題を抱えており(長崎ら2002)、傾斜畑用の低コスト強化構造ハウスが希求されている。

著者らは、高強度で単価の安い建設足場用資材を活用した平張型傾斜ハウスを開発し、低コスト施工技術をまとめた(近畿中国四国農業研究センター

2002)。高軒高構造により高温期の換気性を維持しながら、2重張りにより低温期も利用できる。現地実証試験を行った高知県土佐町の農家においては、従来の夏秋期のトマトに加え、新たに冬春期のスイートピーを導入し高収益化に寄与している(野中ら2002)。しかし、ハウス導入にともなう各種管理作業の軽作業化の効果は明らかにされていない。

ここでは、平張型傾斜ハウスに等高線畝栽培を導入し、薬剤散布作業を中心に作業性の改善効果を明らかにするとともに、レール式薬剤散布機の適用も検討したので報告する。

2 適用した軽作業化技術と試験方法

1) 適用した軽作業化技術

(1) 等高線畝適用の経緯と概要

実証試験地では年間降雨量が2,000mm以上であることから、畝決壊による土壌流失を避けるため傾斜畝が採られていた。また、南斜面に圃場が分布していることから、傾斜畝は南北畝に相当し、トマト栽培では光条件をそろえるのに有利である。

一方で、登降坂作業が多い傾斜畝は、水平移動の多い等高線畝に比べ、身体負担が大きくなる。歩行のみでも傾斜15度で平地の約3倍の労働強度を示すとされている(鶴崎1993)。

平張型傾斜ハウス内では、傾斜・等高線方向いずれも作畝が可能であるが、傾斜15度を超えるハウスについては、等高線畝の適用を検討した。南斜面で

平成15年6月6日受付

平成16年2月7日受理

Corresponding author

長崎裕司 Yuji NAGASAKI

〒305-8666 つくば市観音台3丁目1-1

3-1-1 Kannondai, Tsukuba-shi, 305-8666 Japan

E-mail: nyuji@affrc.go.jp

は東西畝は相互遮蔽が発生するが、傾斜により軽減できる。畝間距離が1.5mの場合、傾斜20度では隣接畝の高低差が約0.5mとなる。また、通路面を水平にし、幅を約0.3m確保することで、管理作業の大半が平地とほぼ同じ条件で行える（図1）。

図1 簡易雨よけと平張型傾斜ハウスの作畝概略図

(2) レール式薬剤散布機の概要

適用したレール式薬剤散布機は、図2に示す段畑に建てた平張型傾斜ハウス内に設置した作業レールを、モータ駆動で自動往復走行する。主要諸元は表1の通りであり、本体にアルミ構造部材を使用し、搭載バッテリーを自動二輪用にする等で軽量化を図った小形機である。散布機の作業レール間移動は、レール懸垂式の台車に搭載し、手動のウインチで傾斜方向に上下させる方式とした。

作業レールは等高線畝の通路上の高さ約1.8mに設置した。図3のように傾斜方向の補強梁に直交クランプを利用した金具を取り付け、ジョイント（長さ20cmの16mm角パイプ）に約3mで切断した21mm角パイプを差し込み固定して作業レールとする。

散布機は往復走行のみ自動とした。自動走行ス

図2 レール式薬剤散布機の試験を行った平張型傾斜ハウスの概略図

- 注：1) ハウスの面積＝384m²。傾斜上下方向16m，等高線方向山側18m，同谷側26m
2) 図中等高線方向の太線が作業用レール（上段ハウスは省略）
3) 図中のハウスの内部の斜め実線は筋交い・補強パイプ類（下段ハウスは省略）

表1 開発装置の主要諸元

機体寸法	全長	360 mm
	全高	320 mm
	全幅	270 mm
機体質量	12.7 kg（ブームノズル除く）	
DC モータ	12V，定格出力 80W	
	減速比 1/46.3	
駆動輪	直径 58mm ゴム巻き 2 輪（レール上配置）	
バッテリー	自動二輪用（12V，12Ah，質量 3.6kg）	
作業用レール	21mm 角パイプレール	
ブームノズル	縦型 10 頭口（左右各 5）	
	長さ 1.1m，ノズル間隔 0.25m

図3 作業レールの取付と散布機の概略図

スイッチを ON にすると、往路走行を始めレール端のストッパに散布機前方の往復用マイクロスイッチが接触すると自動反転して復路走行を開始する。停止は散布機後方の停止用マイクロスイッチがレール終端にあたるウインチ利用手動台車のストッパに接触して自動停止する。薬液の噴霧開始・停止は作業者の手元のボールコックの開閉で行うようにした。

2) 試験方法

現地実証試験を行った平張型傾斜ハウスにおいて、トマトおよびスイートピー栽培での等高線畝やレール式薬剤散布機の適用効果を実験別に調査した。その内容は以下の通りである。

(1) 等高線畝作畝作業

等高線畝の作畝に耕うん爪の向きを傾斜上方にそろえ、片排土仕様にした小形溝上機 (K 社製 CT-35R, 質量 51kg, 出力 1.7kW) を供試し、作業状況を調査した。作溝深さは 5cm に設定した (図 1)。

(2) 薬剤散布作業

等高線畝と傾斜畝について手散布の作業能率と身体負担を比較した。また、等高線畝ではレール式薬剤散布作業も適用し同様の調査を行った。手散布は、動力噴霧機から薬液ホース (呼び径 8.5mm) で水を送り、長さ約 1m の 2 頭口ノズルの振り散布で行った。身体負担は心拍数を携帯型ハートレートモニター (POLAR 社製アキュレクスプラス) で計測することによって、

なお、図 2 のハウスは等高線畝だけなので、傾斜畝作業は平均傾斜 18 度、斜面長 10m、等高線方向長さ 18m の別の平張型傾斜ハウスを供試した。散布対象であるトマトは収穫終期で高さ約 2m まで繁茂した状態であった。

(3) レール利用荷下ろし作業

等高線畝で採果したトマトをコンテナに集め、図 4 のような器具で傾斜方向に下ろすレール利用運搬方式を試みた。平均傾斜 18 度のハウス内で約 20m の距離で 25.5kg の重量に調整したコンテナの荷下ろし作業について心拍数を計測し、抱え運搬と比較した。

(4) 誘引作業

負担の軽い作業としてスイートピーの誘引模擬作業を平地と傾斜畝 (傾斜 18 度) で行い、作業状況の調査と心拍数計測を行った。誘引用のネットに洗濯ばさみでつるを固定する作業について、高さ 1.7m から 1.4m への洗濯ばさみのつけ替えを模擬作業とした。作業状況はビデオカメラの画像を 10 秒間隔でサンプリングし、OWAS (Ovako Working Posture

図 4 レール利用荷下ろし作業補助器具

図 5 被験者の心拍数と酸素摂取量の関係

注：39 歳男性。昇降速度を任意に変え踏み台昇降運動を行ったときの値

Analyzing System, 生研機構 2002) により姿勢コードを読みとり負担度の算出を行った。

なお、被験者は 39 歳男性であり、労働負担算出に用いられる酸素摂取量と心拍数の相関は図 5 のように寄与率 0.99 と高く、心拍数で負担を評価するのは妥当と考えられた。

3 試験結果および考察

1) 等高線畝の作畝作業

小形溝上機による作業は、写真 1 のように幅約 30cm の水平な通路面を作ると同時に、傾斜上方へ土を飛ばし、揚土を兼ねた作業が行えた。傾斜 20 度程度で機体を安定して支持するには、ハンドルを傾斜上方に約 10 度回転させ、作業時に機体がやや傾斜上方に向いたままで等高線走行させるとよい。傾斜 10 度以下では平地と同様にハンドルの角度変更をせ

写真1 小形溝上機による等高線畝作り

ずに作業が行える。このときの平均心拍数は107拍/分と中程度の作業負担であり、平地の110拍/分と大差なかった。

2) 散布作業での等高線畝の適用効果

傾斜畝における散布作業は、登坂時はホースを引っ張って散布せずに登るだけとし、降坂時に後退散布を行った。等高線畝では往路が空作業、復路で散布とした。

心拍数はホースを引っ張りながら歩行することで

徐々に上昇し、等高線・傾斜畝とも散布開始前後に最大値を示した。その後は等高線畝では約90拍/分まで、傾斜畝では90～100拍/分の水準まで低下した。傾斜畝では供試ハウスの斜面長が10mと短いため、心拍数増加率で等高線畝が14%低くなるにとどまったが、実証試験地では傾斜18度で斜面長が最大25mのハウスもあり、この規模の傾斜畝では負担がさらに増大すると考えられることから、等高線畝導入が望ましい(表2)。

3) レール式薬剤散布機の適用効果

農薬の被ばく防止のため、手散布では夏でも雨合羽等の防除着を着用する必要があるが、レール式薬剤散布機では散布位置から離れて操作できることから、防除マスク程度で対応できる。

花き等の平面的な作付けでは幅約5mの水平ブームノズルを装着して走行することから、機体の横揺れ防止に32mm角のパイプレールが必要であったが、トマトのように立体的な作付けを行うものでは垂直ブームノズルで散布するため、21mm角でも安定した走行が可能であった(写真2)。

散布機のレール間移動は、写真3のようにウインチの手回し操作で安全に上下に動かすことができた。

表2 薬剤散布作業における作畝方向別の作業能率、身体負担

畝条件(散布方法)	作業能率 (h/10a)	心拍数(拍/分)		心拍数 増加率(%)
		最大-最小	平均	
等高線畝(手散布)	1.66	106-86	93	37
傾斜畝(手散布)	1.38	116-74	103	51
等高線畝(散布機)	0.97	105-81	96	41

注：1) 作業能率は、実測値より等高線方向長さ25m、傾斜方向長さ12m(面積300m²)のハウス内作業に換算してから10a当たり能率として算出

2) 39歳男性、安静時心拍数：68拍/分

写真2 レール式薬剤散布機による薬剤散布

写真3 ウインチ利用手動台車によるレール間移動

散布機による一連の作業の中で負荷となりうるのは、次行程に移る前にホースを回収する動作と手動台車によるレール間移動である。このため、散布機による作業は等高線畝の手散布に比べ、平均心拍数が若干高くなったものの、最大で 105 拍 / 分にとどまり、両作業は同水準の負担とみられた。また、散布機による作業は手散布の 1.7 倍の作業能率で行えたことから、省力・軽作業化が実現できたといえる(表 2)。

4) レール利用荷下ろし作業

従来、収穫したトマト果実は、手に持った容量約 10L のバケツに入れ、一杯になるとハウス外のクローラ式運搬車に積載したコンテナに移す方法がとられていた。等高線畝では、枕地のコンテナにバケツ内の果実を移し、コンテナを 1 畝ずつ傾斜方向に降ろしながら連続して採果し、最後に運搬車にまとめて積む方法が効率的と考え、枕地での傾斜方向のレール利用運搬を検討した。

簡単なレバー操作により、コンテナの自重を利用して任意の位置に止めたり、動かしたりすることができた。重量約 26kg のコンテナについて、傾斜 18 度、距離 20m の荷下ろしを行ったときの心拍数は、抱え運搬は 122 ～ 108 拍 / 分、レール利用では 118 ～ 114 拍 / 分と大きな差はみられなかった。しかし、レールにコンテナを吊り下げていることから、作業者は動かすときに荷重の傾斜方向分力だけを支えればよく、足下のすべりを気にせずに安心して作業が行える効果も大きい。

5) スイートピーの誘引作業

スイートピーはつる性の切り花であり、着花高さをそろえる写真 4 のような誘引作業は、切り花長を

写真 4 スイートピーの誘引作業

確保する等の品質向上のため必要である。模擬作業では平地が平均心拍数 83 拍 / 分であったのに対し、傾斜 18 度の登坂で平均 90 拍 / 分、降坂で 86 拍 / 分にとどまり、傾斜畝でも軽作業に位置づけられた。

OWAS による作業姿勢分類では、全身については負担が大きい AC3、AC4 の姿勢はなかった。しかし、傾斜畝では表 3 のように、下肢で比較的負担の大きい「片脚直で立つ」、すなわち傾斜上方の脚の膝を 150 度以下に曲げ、逆の伸ばしている片脚に体重がかけられている状態が作業時間の 60% 以上を占めた。傾斜 10 度の傾斜畝ではこの状態はほとんど観察されないことから、傾斜 18 度以上の傾斜畝では、作物に正対して行う作業は軽作業でも脚に過大な負担がかかる可能性がある。したがって、作業姿勢の面からは等高線畝に変更することが望ましい。

6) まとめと今後の課題

平張型傾斜ハウス内において、傾斜 20 度程度までは小形溝上機により等高線畝を作畝できる。等高線

表 3 スイートピー誘引模擬作業での部位別の作業姿勢割合

試験条件	作業時間 (分)	作業能率 (個 / 分)	背 部				上 肢		
			まっすぐ	曲げる	ひねる / 曲げる	曲げる + ひねる	両方下	片方上	両方上
傾斜畝	14.5	6.9	99.0	1.0	0	0	45.4	33.0	21.6
平地	16.0	7.4	98.9	1.1	0	0	32.2	9.2	58.6

試験条件	座る	下 肢					歩く	10kg 以下
		両脚直で 立つ	片脚直で 立つ	両脚曲げ 立つ	片脚曲げ 立つ	膝をつく		
傾斜畝	0	33.0	63.9	1.0	0	0	2.1	100
平地	0	100	0	0	0	0	0	100

注：姿勢数値の単位は％。傾斜畝の下肢分類「片脚直で立つ」は体重のかけ方がビデオ画像から判別できないため「片脚曲げ立つ」に相当する姿勢も含む可能性がある。

畝は管理作業の軽作業化に有効である一方で、栽培面ではいくつかの課題が残されている。

等高線畝は傾斜畝に比べ畝法面の占める面積が大きいことから、トマトでは同じ畝間隔で傾斜畝が2条植えてのに対し、傾斜15度以上の等高線畝では1条植えにせざるを得なかった。このため、等高線畝の栽植本数は株間を狭めても傾斜畝の2～3割減となり、品種や定植時期の違いで正確な対比はできないものの収量減につながることを農家から指摘された。また、斜面長が10m前後と短い圃場が多く、40歳代の経営主には登降坂作業があまり負担になっていないとされている。

また、スイートピー栽培では、冬の光量不足で落蕾や着花不良が生じることから、等高線畝が相互遮蔽の生じる東西畝に相当する実証試験地では、傾斜により遮蔽が軽減されるとはいえ問題である。一方で誘引作業に多労を要することから、管理作業が多い野菜・花き栽培では、傾斜10度を越える場合には等高線畝にするのが望ましく、光条件を考慮しなくてはならない作物では、栽植本数を減らしても1条植えを選択するべきと考えられる。

レール式薬剤散布機は、作業の自動化および安全・確実性の面で有効であるが、ハウス面積に応じたレール装備が必要となることから、小規模営農ではコスト面で導入が困難な場合が多い。軽作業化効果との関係で導入条件の絞り込みが課題として残されている。

4 摘 要

平張型傾斜ハウスにおけるトマトおよびスイートピー栽培に、等高線畝栽培およびレール式薬剤散布機等の軽労化機器を適用し作業負担軽減効果を明らかにした。

- 1) 等高線畝は、傾斜20度までであれば小形溝上機で作畝でき、手散布では作業負担が軽減でき、レール式薬剤散布機を導入することでさらに能率が向上し、省力・軽作業化が図れた。
- 2) 試作したレール利用運搬器具による荷下ろしは、負担軽減以上に安全性向上に有効であった。
- 3) 軽作業であるスイートピーの誘引作業は、傾斜畝では下肢に負担がかかりやすく、等高線畝の適用が望ましい。

謝 辞

本研究は、農業技術研究機構地域先導技術総合研

究「四国傾斜地に対応した野菜・花き等の集約的生産技術の確立」の中で実施した。また、レール式薬剤散布機の試作に当たり株式会社ニシザワにご尽力いただいた。作業負担試験には近畿中国四国農業研究センター樋笠啓智技官、愛媛大学農学部学生岡本直洋・山田篤志氏および実証試験地農家川村彰氏のご協力を得た。ここに記して謝意を表する。

キーワード

野菜・花き、平張型傾斜ハウス、管理作業、等高線畝栽培、レール式薬剤散布機、心拍数、OWAS

引用文献

- 近畿中国四国農業研究センター (2002)：平張型傾斜ハウス施工マニュアル，地域先導技術総合研究「四国傾斜地に対応した野菜・花き等の集約的生産技術の確立 (1997～2001)」資料，1-25.
- 長崎裕司・川嶋浩樹・野中瑞生 (2002)：傾斜地作業の快適・軽労化と周年安定生産をめざした平張型傾斜ハウスの導入，農業および園芸 77 (9)；62-66.
- 長崎裕司・野中瑞生・川嶋浩樹・井澤誠一・西澤準一 (2003)：小規模連棟ハウスに対応したレール式薬剤散布機の開発，農業機械学会誌 65 (1)；152-158.
- 野中瑞生・長崎裕司・川嶋浩樹 (2002)：不整形な傾斜圃場に適した低コスト平張型傾斜ハウス，研究ジャーナル 24 (3)；17-20.
- 生物系特定産業技術研究推進機構 (2002)：農業労働の計測・評価ガイドー 1，26-34.
- 鶴崎 孝 (1993)：(日本農作業学会編農作業学)，作業関連要因と農作業 (総論) 5.4 施設，農林統計協会，東京，pp163-173.

Summary

The contour strip cropping and labor saving implements such as a monorail type sprayer were applied to tomato and sweet pea cultivation in the flat-roof sloping greenhouse. Those labor saving effects were as follows:

- 1) Contour line ridging was performed by a small-size cultivator to make narrow passage in the slope angle under 20°. The contour furrows were effective for the labor burden reduction in spraying work. A monorail type sprayer was more effective for the

labor saving.

2) In downhill transportation, an experimental transportation implement was effective the safety improvement in addition to reduce labor burden.

3) The labor burden was light for training work of the sweet pea. However, the burden of the leg increased in slope direction work, therefore, the change to

contour line work is desirable.

Keywords

vegetable and flower, flat-roof sloping greenhouse, cultivation work, contour strip cropping, monorail type sprayer, heart rate analysis, OWAS