

移動栽培装置を用いたトマトの管理作業の快適化と 周年安定生産技術の開発

第1報 実験施設の概要、作業性及び温熱快適性

崎山 一・土屋 和*・宇田川 雄二

キーワード：トマト、移動栽培装置、作業効率、WBGT、PMV、温熱快適性

I 緒 言

2001年産の千葉県のトマト栽培面積は992ha、東京都中央卸売市場への出荷量は51,200 tと全国第2位であり、本県の主要な野菜である(千葉県、2003)。近年、栽培面積、出荷量とも横ばいの状態であるが、栽培者の高齢化、新規就農者の減少、価格の低迷による栽培意欲の低下、難防除病害虫発生による生産の不安定化などに伴い、生産量の低下が懸念されている。一方、消費者からは、ますます品質の良いものを安定的に供給することが要求されている。今後は、限られた労働力で需要に足るトマトを周年的、安定的に生産していく必要がある。そのためには、管理作業をできるだけ単純化し、装置化、機械化による省力、軽労化が強く望まれている。施設トマト栽培において開発又は一部実用化されている機械は、播種、接ぎ木などの育苗に関するものと(板木、1998)、防除に関わるものがある(雁野・林、1998)。作業時間が長いために、最も省力、軽労化が望まれている収穫作業については(千葉県、1996)、収穫ロボットの開発が行われているが(林・坂上、1997;川村ら、1985a;川村ら、1985b;近藤、1997;太田ら、2000)、実用化には到っていない。栽培技術面からは、低段摘心が管理作業を単純化でき、移動ベンチなどの装置化への対応が容易である(岡野ら、2000;岡野ら、2001;坂本ら、2000;曾川、2002;渡邉ら、1999)。一方で周年栽培も可能になることから、養液栽培により低段摘心栽培を連続的、周年的に行うことによって、温室の利用率を高め、管理、収穫などの作業を計画的に行うことができ、果実の形質、収量を向上させることが可能と思われた。

温室内の作業環境について見ると、夏期は屋外でも最高気温が30℃を超えるため、温室内外気温は40℃に達す

ることもしばしばみられる。これは作業者にとっても極めて劣悪な環境となっており(堀越、1996;磯田、1995;肝付・藤井、1975;肝付・藤井、1977;木村、1992;西、1995)、より快適な作業環境に改善する必要がある。夏期に温室全体の気温を低下させるには、換気、遮光だけでなく冷房が必須となり(佐瀬、1998)、多大なエネルギーが必要となる。しかし、作業する場所を小さく限定して、そのスペースだけ遮光、断熱、冷房を行うことで作業者の温熱快適性の向上を優先させれば、冷房に要するエネルギー量を減少させることが可能と考えられた。

そこで、これら生産性と作業環境の問題を解決するために、温室内を栽培する場所(以後栽培スペースとする)と作業する場所(以後作業スペースとする)に区分し、両者の間を低段摘心栽培されたトマトが移動できる装置を開発した。この栽培システムにより、作業者は夏期でも涼しい作業スペースでのみ管理作業を行うことができる。栽培スペースは、作業用の通路が不要となり栽植密度を高めることが可能で、収量がより高まることが期待された。このような作業スペースと栽培スペースを区分して作物を移動させる栽培システムは、水耕栽培の葉菜類で実用化されている事例があるが(伊東、1998)、トマトにおいては実験的なものしかなかった(Roberts、1988)。また温熱快適性に関しては、建築工学分野で居住空間やオフィスを対象に多くの知見があるが(赤嶺、1991;浅海ら、1994;木村、1992;斎藤、1980;田辺、1996)、夏期の農業施設については論議されているものは少なく(石井ら、2001a;石井ら、2001b;Okushima et al、2001)、より適当な温熱指標を模索している段階である。佐瀬(1995)は、快適かどうかを判断するには、心理的な要素も含めた総合的、客観的指標が必要であるが、そのようなものは未だ開発されていないとした。物理的な指標としては、温熱指標が最も発展しており、磯田(1995)は物理計測に基づく指標(黒球温度など)、人の感覚に基づく指標(WBGT、不快指数など)、そして人の熱的バランスに基づく指標(PMV、新実効温度など)の3つに大別した。

2003年9月10日受理

* 太洋興業株式会社 農業開発部

** 本報告の一部は1998年度及び2002年度の園芸学会秋季大会において発表した。

本報告では、開発した移動栽培装置の性能、栽培システムの作業効率及び作業スペースの温熱快適性と労働負担の評価を行うことを目的とした。温熱指標は、代表的なWBGTとPMVを用いて、栽培スペースの評価を行った。

本研究は1996～2001年までの6年間、千葉県と太平洋興業株式会社農業ハイテク事業部（現：農業開発部）との共同研究によって行ったものである。

II 材料及び方法

1. 供試施設の概要

(1) 施設全体の構造

試験は1996～2001年の6年間、千葉県農業試験場（現：千葉県農業総合研究センター）野菜研究室で実施した。

供試施設は間口5.4m、奥行き20.7m、棟高3.3m、軒高2.1mの東西向きガラス温室を用い、栽培スペースと作業スペースに区分した（第1図）。

トマト栽培は、栽培用容器（以後コンテナとする）を用いた養液栽培とした。栽培スペースと作業スペースとの間を、トマトを定植したコンテナを移動させる移動栽培装置を開発した。

(2) 移動栽培装置の概要

コンテナは、縦120cm、横20cm、深さ5cmの鉄製の漕を、2つ並列に20cmの間隔を空けて固定した構造で（第2図）、コンテナ単体の重量は約10kgである。1つのコンテナにポット植えのトマトを最大で10株（5株×2条）ずつ定植できるように（第3図）、ポット固定用の発泡スチロール製の蓋をコンテナ左右の漕に設置した。栽培方法は、第2花房上の2葉を残した2段階摘心栽培とした。コンテナには、トマトを紐で吊り上げて固定するための誘引用支柱を、培地面から約95cmの高さに各漕に設置した。

移動栽培装置は、縦移動装置2基、横移動装置2基、コンテナ引き込み装置1基で1つのユニットとした（第1図）。縦移動装置は、1列分のコンテナを作業スペースに向かう方向（以後上り方向とする）及び作業スペースから出ていく方向（以後下り方向とする）に移動させながら、先端のコンテナ1つだけを横移動装置の端に、自動的に移動させる動作を受け持つ。その際にコンテナ移動による摩擦負荷をできるだけ小さくするために、架台にはホイールコンベアを設置した。さらに、縦移動時にコンテナ同士の接触によって発生する衝撃を吸収するために、衝撃吸収用のウレタンを各コンテナの隣のコンテナと接触する場所に設置した。横移動装置は、縦移動装置によって送られたコンテナを左側から右側に自動的に横移動させる動作を受け持つ装置である。

管理作業を行う場合には、コンテナを金属感知センサーによって、横移動装置の中央に自動停止させ、直ちにコンテナ引き込み装置によって、コンテナを作業スペースに自動的に移動させる（第4図）。引き込み作業によるトマトへの衝撃を軽減するために、コンテナ引き込み装置にはショックアブソーバーの設置と、引き込み作業終盤に牽引力を低下させる加工を行った。作業者がトマトの管理作業終了後にコンテナを手動で横移動装置の中央部に押し戻すと、横移動装置の金属感知センサーが感知して、コンテナを中央部から右側の端に自動的に移動させる。これが、次のコンテナ移動のための動作になる。

コンテナを移動させる動力として、縦移動装置にはモーター（200V、400W、4P、MIKI PULLEY CO'LTD製）を上り下り各方向に1つずつ、横移動装置にはモーター（同200W）を前後に1つずつ、コンテナ引き込み装置にはモーター（同200W）を1つ用いた。これら一連の制御はプログラマブルロジックコントローラー（MELSEC FX1-32MR、MITSUBISHI製）をプログラミングして行った。

通常は、コンテナ内のトマトを栽培スペースの定位置に静止させて栽培し、管理作業時のみ、コンテナを自動的に作業スペースにコンテナ引き込み装置で移動させて作業を行った。作業は、通常2人1組として、コンテナ引き込み装置に停止したコンテナ上のトマトを中央にして、向かい合って行った（第5図）。この方式により、作業者は栽培スペースに入ることなく、作業スペースでのみ管理作業を行うことができた。さらに、移動栽培装置を利用した半自動の薬剤散布装置を開発した。縦移動装置の一部に薬剤散布用のノズルを取り付けたゲートを設置し、縦移動時にコンテナがそのゲートをくぐる時に薬剤が散布されるようにした。これにより作業者は、栽培スペースに入らずに、農薬を浴びることなく薬剤散布を行うことが可能であった（第6図）。

栽培スペースは、トマトの栽培環境を好適に保持するよう、加温、炭酸ガス施用と共に、環境測定制御装置（グリーンキットGK-102、DL-300、ESD社製）を用いて環境を制御した。

作業スペース（約41㎡）は2層の遮光フィルム（いずれも遮光率99%）による遮光、断熱材（3cm厚の発砲スチロール板）による断熱、パッケージ型エアコン（LINE COOL MD-40、MITSUBISHI製、3,800kcal×2基）による天井部からの局所冷却機能を設けた（第7図）。作業日の午前9時から午後4時までパッケージ型エアコンによる局所冷房を行った。

トマト栽培は以下の方法で行った。1996年12月から2000年9月までの期間、13作を連続栽培した。第1～

6 作目までは、30～70日間育苗した本葉5～8葉期のポット苗を、7作目以降は30～40日間育苗した本葉5葉期のセルトレイ苗を順次準備した。全果実の概ね90%以上を収穫した時点 harvest 終了時とし、直ちにコンテナからポットごとトマトを撤収し、次作の苗を定植する栽培を連続して行った。

育苗時の培養土は、園芸培土（げんきくん果菜200、コープケミカル社製）とモミガラクンタンを容量比1：1で混合したものを用いた。コンテナに設置する栽培用ポットは、上部直径18cmで底部中央に直径約2cmの穴が開いた黒色ポリポットを用いた。培養土は園芸培土（げんきくん果菜200）とモミガラクンタンを容量比1：4で混合したものを用いた。1ポット当たりの培養土量は約1.5ℓとした。

トマト品種は「ハウス桃太郎」（タキイ種苗）及び「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗）を用いた。本圃での栽植株数は、1つのコンテナに最大の10株（5株×2条）を定植した場合、平均株間24cm、条間40cm、平均畦間67.5cmで、10a当たり6,173株となった。1つのコンテナに8株（4株×2条）を定植した場合、平均株間30cmで、10a当たり4,938株となった。

栽培スペースの縦移動装置に給液ノズルを1株に1本ずつ配置し、定位置に静止したコンテナ上トマトの株元に給液する低段摘心の養液栽培とした。給液方法はかけ流し式であるが、排液をできるだけ少なくするために日射比例制御を行った。

2. 調査方法

(1) 移動栽培装置の性能

試作した移動栽培装置の作動調査は、コンテナの移動が確実に行われるか、移動時に機械的なトラブルが生じないかをチェックした。また移動栽培装置の駆動に関する性能を調査するために、トマトを定植したコンテナの重量を測定し、そのコンテナが栽培スペースから作業スペースへの移動に要する時間を測定した。さらに、各作型において、移動による振動や衝撃によって生ずる落果及び果実が擦れて生じる擦れ果の発生率を調査した。

(2) 移動栽培装置による作業時間

2000年3月10日に播種し、4月10日に定植した。定植時に花房が作業側に向くように、ポットの向きを調整した。着果処理はホルモン剤（トマトーン100倍＋ジベレリン10ppm）を用いた。側枝及び下位の黄化葉は全て摘除した。収穫は1週間に2回行った。この作型において、播種から収穫、撤収までの各作業時間についてコンテナの移動時間、実作業時間毎に計測した。また各作業毎の装置稼働回数を調査した。

(3) 実験施設の温熱指標

栽培スペースを一般の温室と想定し、作業スペースの温熱環境の快適化を検討した。測定は2000年7月7日（曇）、8月8日（晴）、8月15日（晴）、8月30日（晴）に行った。気温、湿度の測定には通風型温湿度計（HT-10、ESD社製）を、日射量は全天日射計（SL-30、ESD社製）を、データの記録にはグリーンキット（GK-102、ESD社製）を用いた。

作業スペースの温熱快適性を評価するため、WBGT（Wet Bulb Globe Temperature, ISO-7243）とPMV（Predicted Mean Vote, ISO-7730）を測定した。

WBGTは暑熱環境での熱ストレスを評価する指標として策定されたもので、高温職場の許容水準、スポーツ時の暑熱障害の予防指標として広く用いられている。気温、湿度、グローブ球温度を測定し、気温、湿度から湿球温度を求めて算出した（木村、1992）。

PMVは、人体の熱平衡に基づき、熱的中立に近い状態の人体の温冷感を予測する指標である。PMVは、気温、湿度、放射の他に、気流、着衣量、代謝量が勘案されており、より人間が感じている温度感覚に近いとされている（西、1995）。気温、湿度、グローブ球温度及び風速は実測値を、代謝量と着衣量は想定値を用いて、エクセルのマクロプログラムで算出した。代謝量は収穫作業なので1.5 (met) を（渡辺、1998）、着衣量は半袖シャツ及び長ズボンなので0.7 (clo) を代入した（木村、1992）。

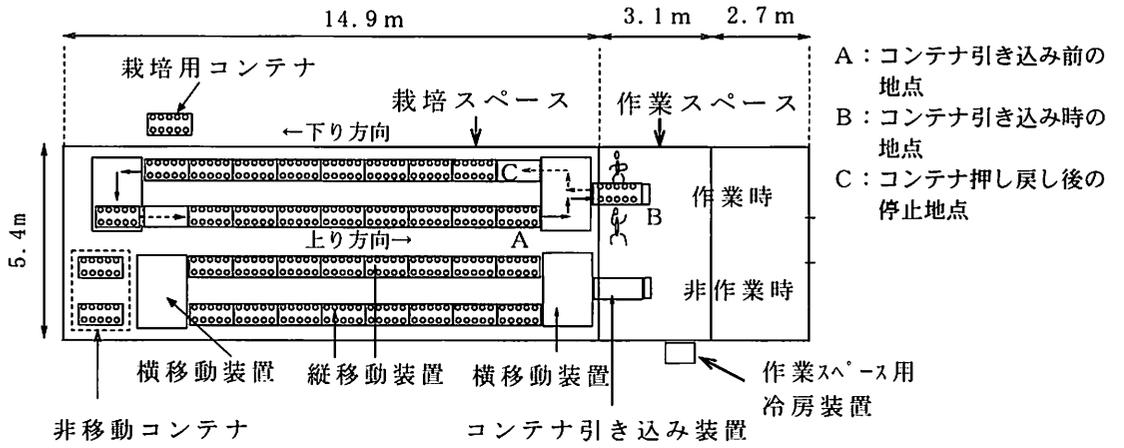
WBGT及びPMVの気温、湿度、グローブ球温度、風速の測定位置は、地上1.3mの高さで、南側壁面から1.8m離れた地点とした（第7図）。

(4) 温熱快適性

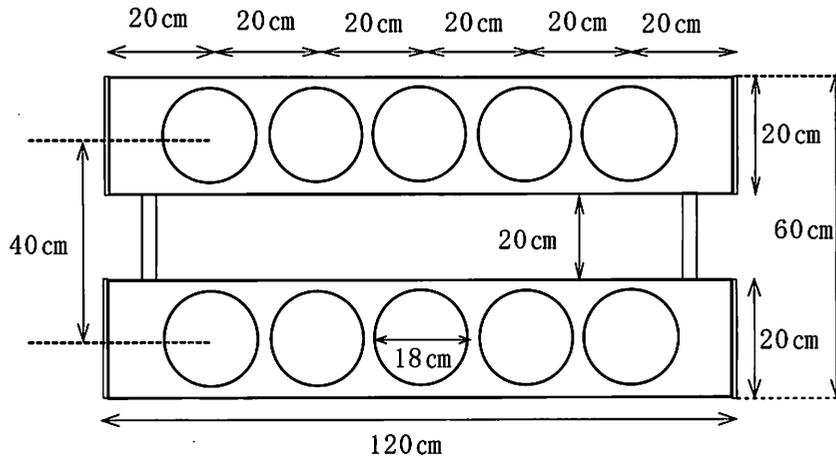
同様に2000年7月7日（曇）と8月15日（晴）に、作業スペース内管理作業の労働負荷を調査した。心拍数、呼気量、呼気酸素濃度を測定し、呼気量と呼気酸素濃度からRMR（代謝量）を算出した。心拍数は上体3カ所に電極を設置し、VINE社製心拍数記憶装置（mac VHM1-016）で測定した。呼気量及び呼気酸素濃度の測定、解析には、携帯用記憶装置（mac quarto, mac VTM2、VINE社製）を用いた。被験者は34才男性で、身長174cm、体重68kgであった。着衣は、上体は半袖シャツ、下体は長ズボンとした。

測定は正午付近の約1時間内に行った。測定準備完了後、被験者は作業スペース内で椅子に座り10分間安静した。移動栽培装置を稼働させ、作業スペース内において立位で、コンテナの片側からトマトを10果収穫したらコンテナを押し戻し、次のコンテナの作業に移る模擬収穫作業を15分間行った。その後、作業スペース内で椅子に座って10分間安静した。引き続き被験者は、栽培スペース

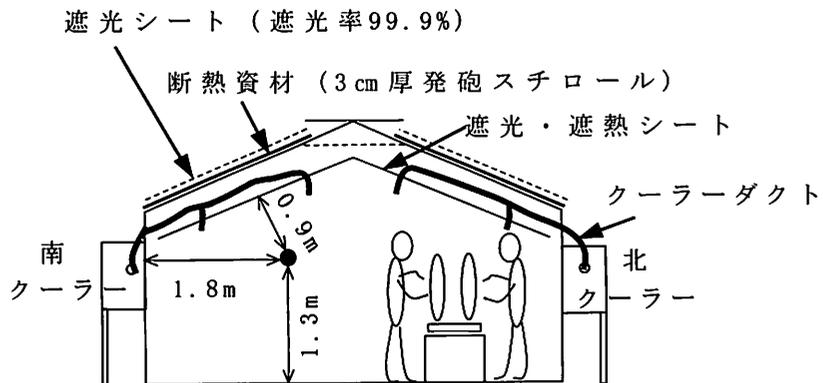
スの通路において、縦移動装置に静止しているコンテナ上のトマトを、1コンテナ当たり10果収穫したら次のコンテナの作業に移る模擬収穫作業を15分間行った。



第1図 実験施設の平面図



第2図 栽培用コンテナの構造及びポットの配置（平面図）



第7図 作業スペースの遮熱、遮光、冷房方法及び温熱環境の測定位置

III 結 果

1. 移動栽培装置の性能

縦移動時の停止位置を決定する位置センサーの微調整、横移動時の摩擦減少の加工などにより、コンテナは定位置にはほぼ確実に移動した。移動時に生じたトラブルの多くは、摩擦が発生する部分への給油不足、操作ミスなど、ほとんどが人為的なものであった。操作ミスで最も多かったのは、作業終了後にコンテナを作業スペースから栽培スペースに押し戻す際に、装置の起動ボタンを誤って押してしまうことであった。摩擦が発生する部分への潤滑油補給不足で、縦移動装置が正常に作動しないトラブルが夏期を中心に数回発生した。

1 コンテナ当たりの重量及び縦移動装置1列当たりのコンテナ重量を第1表に示した。1コンテナ当たりの重量は、トマトの生育ステージ、栽植株数により変化し、約17~45kg となった。縦移動装置1列当たりでは、

200V、400Wのモーター1基で、最大約405kg (45kg × 9ヶ) のコンテナを移動させることが可能であった。

移動栽培装置によるコンテナの動作を第1図に、コンテナ移動に要する時間を第2表に示した。ひとつのコンテナが第1図のAからBまで自動的に移動するのに、縦移動、横移動、作業スペースへの引き込みを経て、計19秒要した。管理作業終了後、栽培スペースへコンテナを押し戻してから、横移動を経てCに移動するのに計13秒要した。従って、作業者がコンテナ1つ移動するのを待つ時間(以後移動待ち時間とする)は合計で約32秒であった。

1作目から13作目までの擦れ果及び落果の発生率を第3表に示した。擦れ果の発生率は、9作目と13作目で高かったが、概ね10%以下であった。移動に伴う落果の発生率は、4作目で4.5%とやや高かったが、それ以外は2%以下と低かった。

第1表 1コンテナ当たりの重量及び縦移動装置1列当たりのコンテナ重量

	1コンテナ当たり重量				計 (kg)	縦移動装置 1列当たり (kg)
	トマト茎葉 (kg)	トマト果実 (kg)	ポット (kg)	コンテナ (kg)		
定植直後	0.4	0	7.0	10.0	17	156
収穫直前	7.0	15.0	13.0	10.0	45	405

注1) ポットは培地重、培養液重、根重、ポット容器重を加えた数値。

2) 定植直後は、培地が比較的乾燥で、1コンテナ当たり8株定植の場合を想定。

3) 収穫直前は、培地が比較的湿潤で、1コンテナ当たり10株定植の場合を想定。

第2表 移動栽培装置によるコンテナ移動に要する時間

	コンテナ引き込み前				コンテナ送り出し後			合計 (秒)
	縦移動1 (秒)	横移動1 (秒)	引き込み (秒)	小計1 (秒)	横移動2 (秒)	縦移動2 (秒)	小計2 (秒)	
所要時間	5	7	7	19	7	6	13	32

第3表 擦れ果及び落果の発生割合

作	発生率(重量)	
	擦れ果 (%)	落果 (%)
1	5.4	—
2	1.8	—
3	0.9	1.4
4	0.7	4.5
5	3.2	0.3
6	1.2	0.5
7	8.8	1.0
8	6.2	0
9	38.7	0.4
10	7.5	0
11	1.9	0
12	12.3	0.3
13	51.5	0.1

注1) 擦れ果重量÷総収量重量×100で算出した。

2) 落果は総収量の中に含まれていないが、
落果重量÷総収量重量×100で算出した。

2. 移動栽培装置による作業時間

移動栽培装置による1作当たりの作業時間及び装置の稼働回数を第4表に示した。実作業時間は、誘引及び摘葉が206時間と最も多く、次いで収穫の76時間、着果処理の41時間の順で、それぞれ全作業時間の29、11、6%を占めた。各作業において、コンテナの移動待ち時間が発生し、それらを合計すると232時間で全作業時間の

33%を占めた。

移動栽培装置の稼働回数は、収穫が8回と最も多く、次いで着果処理の7回、誘引及び摘葉の6回の順であった。1作当たりの総稼働回数は28回であった。

トマトを1t生産するのに要する作業時間を第8図に示した。多くの移動待ち時間が加わるため、慣行栽培とほぼ同等であった。

第4表 移動栽培装置による1作当たり作業時間、装置稼働回数

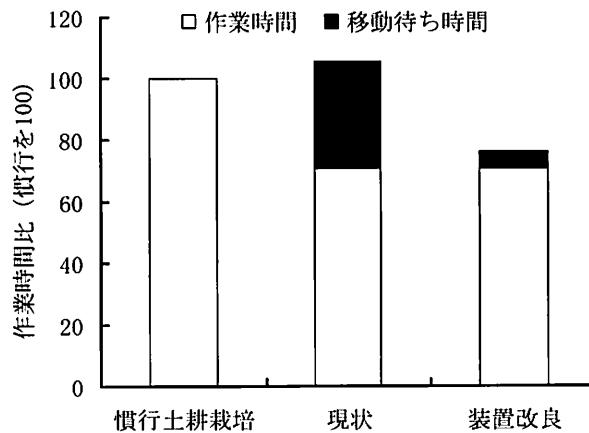
作 業	1作当たり作業時間 (10a)				装置稼働回数 (回)		
	実作業時間		移動待ち時間				
	(hr)	(%)	(hr)	(%)			
播 種	17	(2)	0	(0)	17	(2)	0
育 苗	22	(3)	0	(0)	22	(3)	0
定植準備	33	(5)	0	(0)	33	(5)	2
定 植	27	(4)	20	(3)	48	(7)	1
着果処理	41	(6)	60	(9)	101	(14)	7
誘引・摘葉	206	(29)	71	(10)	276	(39)	6
薬 散	18	(3)	0	(0)	18	(3)	3
収 穫	76	(11)	81	(11)	156	(22)	8
撤 収	33	(5)	0	(0)	33	(5)	1
計	471	(67)	232	(33)	702	(100)	28

注1) 作業時間=実作業時間+コンテナ移動待ち時間とした。

2) ()内の%数値は作業時間の計を100とした。

3) 誘引及び摘葉は、誘引、摘葉、摘果、芽欠き作業とした。

4) 移動回数は装置1周で1回とした。



第8図 トマト1tを生産するのに要する作業時間

注) 装置改良は移動栽培装置を改修して移動待ち時間が短縮したことを想定して表した。

3. 実験施設の温熱指標

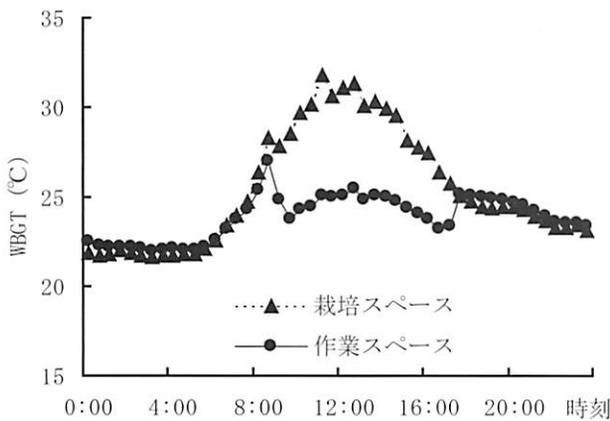
夏期晴天日（2000年8月15日）の栽培スペース及び作業スペースのWBGTを第9図に示した。作業スペースのWBGTは、栽培スペースよりも最大で6℃低かった。同日の栽培スペース及び作業スペースのPMVを第10図に示した。PMVは栽培スペースで上限値の+3を超えたが、作業スペースでは+1.3～+2.7を推移した。

4. 温熱快適性

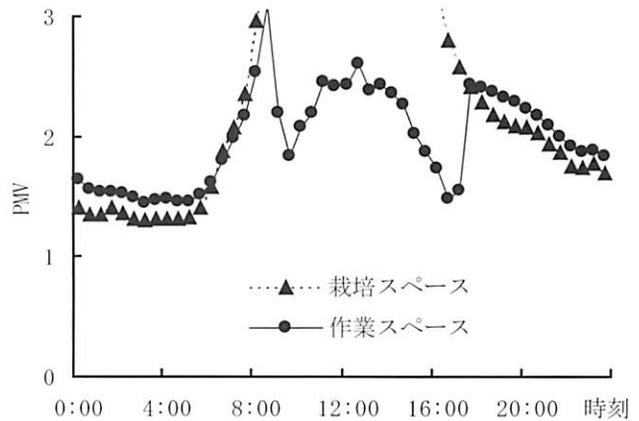
夏期曇雨天日及び晴天日における、作業者の模擬作業

時の心拍数を第11図に示した。曇雨天日の作業スペース内作業時における心拍数は、75回/分で、栽培スペースの80回/分よりやや少なかった。同様に晴天日の作業スペース内作業時における心拍数も、84回/分で、栽培スペースの87回/分よりわずかに少なかった。

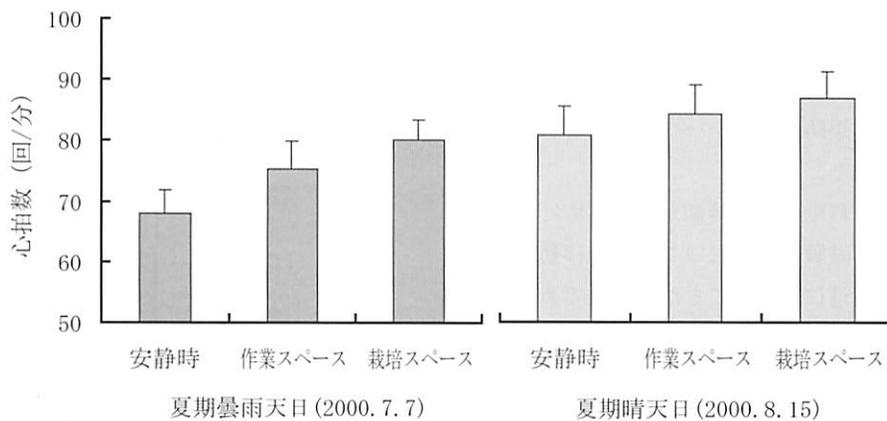
同日の作業者の模擬作業時のRMRを第5表に示した。RMRは曇雨天日、晴天日ともに、作業スペースと、栽培スペースとの間に差はみられなかった。



第9図 夏期晴天日の栽培及び作業スペースのWBGT (2000. 8. 15)



第10図 夏期晴天日の栽培及び作業スペースのPMV (2000. 8. 15)



第11図 夏期曇雨天日及び晴天日の心拍数

注) 図中の垂線は標準誤差を示す。

第5表 作業場所別のRMR

作業場所	曇雨天日	晴天日
栽培スペース	2.6	2.6
作業スペース	2.5	2.7

注) 安静後にトマト収穫模擬作業（15分間）を行って測定した。

IV 考 察

1. 移動栽培装置の性能

移動栽培装置は、人為的な操作ミス以外はほぼ確実に作動した。人為的ミスとして、起動ボタンの誤操作と潤滑油の給油不足の2点があった。起動ボタンの誤操作を防ぐために、起動時以外は、起動ボタンが作動しない機能を付加する必要があると思われた。潤滑油不足のトラブルについては、モーターの駆動力を伝える部分の定期的なメンテナンスで、解決することができた。

移動栽培装置によるトマト果実への影響は、擦れ果と落果が見られた。擦れ果は主に移動または風によって、果実、茎、葉が果実と擦れることで発生した。果実と葉による擦れは、密植栽培であることも影響した。また、冬期に1段花房の着果位置が低い場合に、移動に伴い果実と縦移動装置が擦れることによって発生した。果実と葉の接触による擦れは、果実に触れる葉を部分的に摘除することで、また、着果位置の問題は気温管理をやや高めにして着果位置を高めることである程度の回避が可能であった。しかし、花房内の果実と果実、或いは果実と茎の擦れによる擦れ果の発生を完全に抑制することは、困難であると考えられた。

移動に伴う衝撃による落果は、花房基部が裂開して花房ごと茎から離脱するものが多かった。その防止のために、様々な衝撃吸収の為の加工を施した。その結果移動栽培装置のトラブルによるものを除くと、落果の発生率は極めて低下した。さらに落果の発生率を下げる工夫として、花房基部の茎に落果防止用のテープやクリップを装着することが考えられた。

作業時間は、コンテナ移動の待ち時間が長いために、短縮する必要があった。試験開始後にコンテナの移動方法の変更は、ハウスの構造に係わることから困難であったので、移動待ち時間を短縮することは不可能であった。しかし、現状のようにコンテナを縦移動終了後、横移動させ、作業スペースへ引き込む等の複雑な動作をさせるのではなく、コンテナ引き込み部分を拡幅して複線化し、縦移動だけで作業者が待機する作業スペースへコンテナを移動させる改良(第12図)を行うことによって、現在32秒要している移動待ち時間を、5秒程度に短縮できると推察された。その改良によって、トマト1t当たりの作業時間を、現状の70%程度にまで短縮することが可能と思われた。また、訪花昆虫を用いることによって着果作業が省略でき、作業時間のさらなる短縮が可能と思われた。

2. 作業の快適性の向上

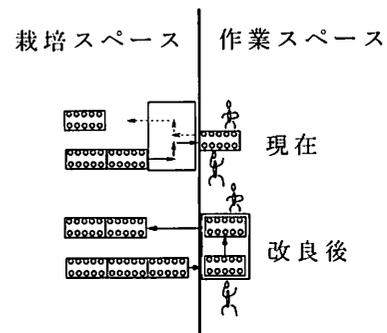
遮光、遮熱、冷房処理を行った作業スペースのWBGT

値は、自然換気の栽培スペースの値と比較して大幅に低下し、温熱的により快適であることが示された。これは遮光、冷房によって、作業スペースのグローブ球温度が昇温抑制されたことが影響した。作業スペースは体感的にも栽培スペースよりかなり涼しく感じられ、作業に不快感はなく、WBGT値と近い評価が得られた。

PMVは、通常+3~-3の数値で表され、+3は暑い、0は中立、-3は寒いを示しているが、同日の栽培スペースのPMV値は、上限値の+3を午前9時に超えた(計算上は最高+5.1)。これに対し作業スペースのPMV値は+1.3~+2.7を推移した。PMVは、居住空間での利用を想定しており、強日射が存在すると気温、グローブ球温度が高まり、上限値を超えてしまうので、夏期温室内の温熱快適性の指標としては適用できないと思われた。

作業スペース内作業時の心拍数は、曇雨天日、晴天日ともに栽培スペース内作業時よりわずかに低く、作業スペース内作業が、より労働負担の少ないことが示された。しかし、両者のRMRは差がなかったことから、今回の実験において、エネルギー代謝量にまでは影響しなかった。これは模擬収穫作業が立位で軽作業であったことと、短時間であったことが影響したと思われた。

以上から、作業スペースと栽培スペースを区分し、作物を移動させる栽培システムの開発によって、作業者の温熱環境の快適化が可能となった。



第12図 現在のコンテナ動作と改良後のコンテナ動作の違い

V 摘 要

作業スペースと栽培スペースを区分し、作物を移動させる栽培システムの開発によって、作業の効率化と作業者の温熱環境の快適化を図った。

1. 移動栽培装置はほぼ確実に作動した。移動に伴う落果の発生率は低かったが、擦れ果がわずかに発生した。
2. 誘引及び摘葉に要する作業時間が最も多く、全作業時間の29%を占めた。コンテナの移動を待つ時間は全

作業時間の33%を占めた。

3. トマトを1t生産するのに要する作業時間は、現状では慣行栽培と同等であるが、移動栽培装置の改良によって約70%まで短縮が可能であった。

4. 夏期晴天日の作業スペースのWBGTは、栽培スペースより最大で6℃低く、体感的にも作業スペースは涼しく感じた。

5. 作業スペースでの作業による心拍数は、栽培スペースよりわずかに少なかった。しかし、両者のRMRは差がなかった。

6. 以上から作業スペースと栽培スペースの区分と、移動栽培装置の開発によって、作業者の温熱環境が快適化された。

引用文献

赤嶺育雄 (1991). 温熱環境と快適性. 快適科学 (長町三生編). 81-106. 海文堂. 東京.

浅海英記・仁科弘重・塚西圭・増井典良・橋本康 (1994). 観葉植物が室内の温熱環境および温熱快適性に及ぼす影響—冬季における実験解析—. 日本建築学会計画系論文集. 464: 39-46.

千葉県 (2003). 千葉の園芸と農産. 95-106.

千葉県 (1996). 野菜栽培標準技術体系 (経営収支試算表). 209-226.

林茂彦・坂上修 (1997). ロボットによるトマト収穫システムの基本動作—切断補助機構を有する収穫2指ハンドの試作と収穫基礎実験—. 野菜・茶業試験場研究報告. 12: 133-142.

堀越哲美 (1996). 温熱環境の評価 (3) 温熱環境の評価指標 (その2). 空気調和・衛生工学. 70. 65-71.

石井雅久・佐瀬勘紀・奥島里美・In-Bok Lee・丸尾達・伊東正 (2001a). 夏期高温期における屋根解放型温室の温熱環境特性. 2001年度農業施設学会大会講演要旨. 108-109.

石井雅久・丸尾達・伊東正・佐瀬勘紀・奥島里美 (2001b). 施設栽培における人間の温熱快適性と作物生産性—夏期における減光・降温環境の解析—. 生物環境調節. 39: 9-16.

磯田憲生 (1995). 温熱環境の評価 (2) 温熱環境の評価指標 (その1). 空気調和・衛生工学. 69: 109-114.

板木利隆 (1998). (2) 接ぎ木苗 第2章 苗生産技術 第七部 園芸作物の栽培. 四訂 施設園芸ハンドブック (日本施設園芸協会編集). 274-283. 園芸情報センター. 東京.

伊東正 (1998). 第1章 養液栽培の展開 第四部 養液栽培

と植物工場. 四訂 施設園芸ハンドブック (日本施設園芸協会編集). 404-419. 園芸情報センター. 東京.

雁野勝宣・林茂彦 (1998). 第3章 防除・収穫・運搬機器・装置 第四部 栽培管理機器・装置. 四訂 施設園芸ハンドブック (日本施設園芸協会編集). 115-121. 園芸情報センター. 東京.

川村登・藤浦建史・浦元信・近藤直 (1985a). 果実収穫用ロボット. 農業機械学会誌. 47: 237-241.

川村登・並河清・藤浦建史・浦元信・(1985b). 農業用ロボットの研究 (第2報) —固体カラーテレビカメラによる果実の位置検出及び収穫基礎実験—. 農業機械学会誌. 47: 177-182.

木村建一 (1992). 建築環境学1. 129-154. 丸善. 東京.
肝付邦憲・藤井清信 (1975). ビニールハウス内温熱条件の実態調査 (その1) —温熱条件の季節変動について—. 労働科学. 51: 339-352.

肝付邦憲・藤井清信 (1977). ビニールハウス内温熱条件の実態調査 (その2) —夏季の作業条件について—. 労働科学. 53: 221-234.

近藤直 (1997). ロボット導入による植物工場生産のコストダウン. SHITA REPORT No.13. 9-15. 日本植物工場学会.

西安信 (1995). 温熱環境の評価 (1) 温熱環境評価の基礎理論. 空気調和・衛生工学. 69: 51-57.

岡野邦夫・坂本有加・渡邊慎一 (2000). 一段養液栽培トマトの草姿及び果実生産性に及ぼす定植苗令の影響. 野菜・茶業試験場研究報告. 15: 123-134.

岡野邦夫・坂本有加・渡邊慎一 (2001). 一段栽培トマトにおける13C・光合成産物のSource-Sink関係. 野菜・茶業試験場研究報告. 16: 351-361.

Okushima, L., Sase, S., Lee, I.B. and Bailey, B.J., (2001). Thermal environment and stress of workers in naturally ventilated greenhouses under mild climate. Acta Hort.

太田智彦・伊吹俊彦・金光幹雄・身次茂・近藤直 (2000). リアルタイム3次元確認技術に関する研究—果菜類の3次元確認技術—. 次世代農業機械開発のための基礎技術開発. 生研機構・農業機械化研究所 平成7~11年度総括報告書: 13-20.

斎藤平蔵 (1980). 建築気候. 152-174. 共立出版. 東京.
坂本有加・渡邊慎一・岡野邦夫 (2000). トマト一段栽培のための多側枝仕立て法の検討. 野菜・茶業試験場研究報告. 15: 115-122.

佐瀬勘紀 (1995). 施設園芸における快適化 (施設園芸省力・快適生産体制確立事業—省力・快適化検討会

報告書一). 19-24. 日本施設園芸協会.

佐瀬勘紀 (1998). 園芸施設の高温抑制と快適化のための環境制御. 53-62. 環境時代に向けた次世代農業施設の課題と展望.

曾川政司 (2002). ファーストパワー・養液栽培による一段密植栽培. 精農家のトマト栽培技術・宮崎・曾川政司 1-11. 農業技術体系 野菜編2 「トマト」. 農文協. 東京.

田辺新一 (1996). 温熱環境の評価 (4) 温熱環境評価の実際 (その2). 空気調和・衛生工学. 71:187-196.

ROBERTS,W.J.C., (1988). A new production system for growing tomatoes.Proceedings of special

lectures - Horticulture in high technology era. 95-104.

渡辺昭彦 (1998). 11.2 エネルギー代謝 11. 労働と体力・栄養. 現代労働衛生ハンドブック (三浦豊彦編集代表). 1258-1266. (財) 労働科学研究所出版部. 東京.

渡邊慎一・坂本有加・中島武彦・岡野邦夫 (2002). 養液栽培におけるトマト一段栽培に適した品種特性の検討. 野菜・茶業試験場研究報告. 14:165-175.

山本健司 (2000). 第11編 園芸・得用作物の生産と調製 2. 野菜生産用機械. 707-725. 生物生産機械ハンドブック. 農業機械学会編. コロナ社. 東京.



第3図 コンテナ上のトマトの様子 (側面図)



第4図 横移動装置及びコンテナ引き込み装置



第5図 二人で向かい合って作業をする風景



第6図 薬剤散布の様子

Development of Stable Year-Round Production System in Tomato and Reduction of Labor Load by Using Transportable Cultivation Benches.

1. Outline of Experimental Facilities, Working Efficiency and Reduction of Labor Load for Thermal in High Temperature Environment of Greenhouse.

Hajime SAKIYAMA, Kazuo TSUCHIYA* and Yuji UDAGAWA

Key words: tomato, transportable bench, working efficiency, WBGT, PMV, labor load for thermal

Summary

In order to improve the working efficiency and thermal environment for workers, transportable cultivation system was developed in tomato. Greenhouse was divided into working area and cultivation area. Workers worked only working area.

1. Transportable benches almost worked completely. Fruit drop caused by transport was less, but the bruise of fruit surface observed occasionally.
2. Labor for training and pruning was required most, which occupied 29% of the total working time. Waiting time for transportation of container occupied 33% of the total working time.
3. At present, the working time to produce 1 ton of tomatoes almost equal with the standard cultivation. But it can be reduced until 70% with improving the transportable benches.
4. WBGT of the working space was low 6°C maximally than the cultivation space in summer. It felt cool and comfortable.
5. The numbers of heart beat for labor in working space was slightly low than that in cultivation space, but RMR was same.
6. From results described above, thermal comfort was improved with developing the transportable cultivation system.

(Present Address : *Taiyo-Kogyo Co'ltd Agricultural Development Division)