

原著論文

トウガン (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn) のテーブル仕立て栽培による利点

土田永渡¹・比嘉基晶¹・玉城磨¹・下地浩之²・伊山和彦²

1 沖縄県農業研究センター

2 沖縄県農業研究センター宮古島支所

要 約

トウガン (*B. hispida*) の施設栽培において労働負担を軽減する目的で、高さ 80cm の棚を用いたテーブル仕立て栽培と慣行の地這い栽培の作業姿勢について評価を行った。摘葉作業については、テーブル仕立て栽培の方が地這い栽培よりもつらさ指数が 5 割程度低下したことから、労働負担が大幅に軽減できた。さらに、収量においてもテーブル仕立て栽培に有利な点が確認された。3 年間の栽培試験のうち 2 年間は、テーブル仕立て栽培の総収量が地這い栽培よりも高くなる傾向が見られ、特に栽培初期に収量差が顕著であった。品質においては、テーブル仕立て栽培の L 品率が地這い栽培に比較して有意に高く、S 品、M 品、A 品、B 品については同等となった。総収量が同等以上となる要因の一つとして、テーブル仕立てによるトウガンの群落に対する光環境の改善が考えられた。テーブル下部の光合成有効光子束密度 (PPFD) は、収量差が顕著であった栽培初期には $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ を超える光量が測定されたことから、テーブル仕立て栽培では地這い栽培に比較して群落下部の葉が光合成に有効な光量をより多く得られると考えられた。以上のことから、テーブル仕立て栽培では、地這い栽培よりも労働負担を大幅に軽減できる。さらに、総収量の増加傾向が確認できたことから、栽培環境の改善が示唆された。

キーワード：つらさ指数, PPFD, 栽培環境

緒 言

宮古地域では、トウガンの施設栽培が盛んであり、冬春季に単棟ハウス (2.5a) を使用し、一戸あたり複数棟を管理した栽培が行われている。平均単収が約 10t (2013 ~ 2017 年) となっており、地区全体の出荷量は約 700 ~ 1,000t (2009 ~ 2018 年) のほぼ横ばいで推移している (JA おきなわ宮古地区とうがん専門部会)。宮古地域においては慣行的に地這い栽培が行われており、主に前屈および中腰の姿勢を取らざるを得ないことから、複数の生産者において労働負担が大きいことを理由に栽培品目を変更する等、栽培の敬遠が起こりはじめている。宮古地域の一部の生産者では、労働負担を軽減する目的で、トウガンのテーブル仕立て栽培を試みている。テーブル仕立て栽培とは、苗の定植後、主枝を上部に誘引し、テーブル状に広げた棚上で地這い栽培と同様に栽培する方法である (図 1)。テーブル仕立て栽培は、地這い栽培に比べて作業位置が高くなり、管理作業の姿勢を改善するものと予想される。生産者からは、「テーブル仕立て栽培は地這い栽培よりも楽に作業ができる」といった声があるが、実際にどの程度の労働負担の軽減が図られるのかについては知

見がない。また、イチゴの高設栽培では養液層を空中に設置するため、低温の影響を受け、生育遅延および収量低下が起こりやすいとされている (佐藤・北島, 2010)。このように仕立て方法の変更は生育および収量に影響を及ぼす事があり、トウガンのテーブル仕立て栽培においても収量への影響が懸念される。

そこで本研究では、テーブル仕立て栽培における労働負担の軽減の程度を表すため、作業姿勢の評価を摘葉作業で調査を行い、また合わせて 3 年間の栽培試験を通して、収量および品質への影響について調査したので報告する。

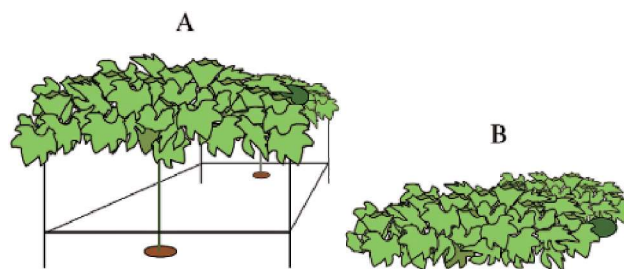


図1 トウガンのテーブル仕立て栽培(A)および地這い栽培(B)の模式図

材料および方法

材料

カボチャ品種「新土佐」を台木としたトウガン品種「ヘルシーボール」を使用し、本葉2～3枚の苗を購入した。試験は土壌が島尻マージである沖縄県農業研究センター宮古島支所内のハウスにおいて土耕栽培、無加温、二酸化炭素無施用で行った。ハウスには全面にUVカットなし農POフィルム（オカモト製さくらコート、厚み0.075mm）を展張した。1棟に2畝を設け、畝面はシルバーマルチで被覆し、通路には黒地の防草シートを使用した。

テーブルの構成

テーブルの作製は鉄製直管パイプ（外径22mm）およびパイプを直交に固定するパイプクロスを用いて行った。短辺1.5m×長辺6mの長方形を作り、長辺の1.5mおきに高さが80cmとなるように支柱を取りつけた。支柱は地中30cm程度まで打ち込んでテーブルを固定した。テーブルの上面に網を設置するため、網を下から支えるように長辺の60cmおきに梯子状になるようにパイプを固定した。網は硬質樹脂性（タキロン製トリカルネット、目合い2cm×2cm）のものを使用し、結束バンドでパイプに固定した。

試験区の概要

栽培試験は2015年度から2017年度まで3年間実施した（表1）。試験区はテーブル仕立て栽培区（以下、テーブル区）および慣行の地這い栽培区（以下、

地這い区）を設けた。各年度とも畝間3m、株間3mとし、栽植密度としては0.11本/m²で試験した。また栽培には角鋼ハウス（8m×30m；240m²）または簡易パイプハウス（6m×30m；180m²）を用いた。

仕立ておよび肥培管理

地這い区は本葉6枚で主枝を摘芯し、一次側枝5～6本仕立てとした。テーブル区は植穴から網面までは一次側枝を除去しながら垂直に主枝を誘引し、本葉16枚程度で主枝を摘芯して一次側枝5～6本仕立てとした（図2）。施肥についてはN:P₂O₅:K₂O=15:15:15kg/10aとし、交配開始後の液肥の灌注を沖縄県野菜栽培要領（沖縄県農林水産部園芸振興課，2014）に基づいて行った。

労働負担の評価方法

労働負担の程度は“つらさ指数”により表し、作業姿勢毎の評価点を用いて算出した（表2）。作業姿勢毎の評価点については、自動車工場の生産ライン等における生産性の向上および高齢化への対応のために取り入れられた姿勢評価手法であり（長町，2002），農作業における労働負担の評価においてもつらさ指数が用いられている。例えば、トマトのハイワイヤー整枝法（羽石・石原，2005），メロンの地這い栽培（金子ら，2006），スイカの立体栽培（渡辺，2013）等でつらさ指数による評価が行われている。本研究においては、トウガンの栽培経験を2年以上有する40代男性2名（A；身長177cm，B；身長165cm）を被験者とした。各試験区とも1試験区（30m²；4株）の片面について落葉の除去作業をデ

表1 試験区の概要

試験年度	試験区	ハウスの種類と試験区の構成 ²	1区あたりの株数と反復数	定植日	収穫期間
2015	テーブル区	角鋼ハウスに設置	2株2反復	2015/11/5	2016/1/6～2016/6/6
	地這い区	簡易パイプハウスに設置	2株3反復	2015/10/20	2015/12/16～2016/6/6
2016	テーブル区	試験区を一つの簡易パイプハウスに設置	2株4反復	2016/10/18	2016/12/9～2017/5/19
2017	テーブル区	試験区を別々の角鋼ハウスに設置	4株4反復	2017/10/16	2017/12/11～2018/5/22

²ハウスの大きさは、角鋼ハウス（8m×30m；240m²）、簡易パイプハウス（6m×30m；180m²）



図2 テーブル仕立て栽培の主枝の誘引(A)，定植1月後の様子(B)，PPFD測定位置(C)

表 2 作業姿勢の評価方法

区分 ^z	評価点 ^z	動作内容	姿勢の例
A	1	座った姿勢	
B	1	立ち姿勢	
C	3	立ち姿勢で背伸び	
D	4	膝を軽く曲げ上体を軽く前屈	
E	5	膝を伸ばし上体を軽く前屈	
F	5	しゃがんだ姿勢（かかとがついている）	
G	5	膝を伸ばした中腰で上体を前屈	
H	6	膝を曲げた中腰で上体を前屈	
I	6	膝を伸ばした中腰で上体を深く前屈	
J	10	膝を深く曲げた中腰で上体を前屈	

^z 区分および評価点は負担を示し、アルファベット順および数字が増すほど負担が大きいことを示す

デジタルカメラ（OLYMPUS 製，STYLUS TG-4）で録画し，所要時間および除去枚数を測定した．本稿において，完全に枯死した葉および葉全体の黄化が 5 割以上進んだ老化葉を落葉とし，特に断わりのない場合，落葉を除去することを摘葉とした．調査はテーブル区を 2017 年 2 月 7 日に，地這い区を 2 月 8 日に行い，各試験区とも被験者毎に 2 回実施した．つらさ指数は，1 秒毎に姿勢を区分してその姿勢が出現した時間を所要時間で除してから作業姿勢毎の評価点を乗じて，各姿勢の値の総和により算出した．また，その姿勢が出現した時間に対する所要時間の割合を作業姿勢の割合として示した．さらに，所要時間を除去枚数で除して摘葉 1 枚当たりの所要時間を算出し，作業効率として示した．

収量調査

収量調査は，果実重が 3.5kg 程度に到達したもの，または交配後 30 日以上経過したものについて行った．全ての収穫物の重量を上皿はかり（SD-8，ヤマト製）で測定し，月別に集計して総収量を求めた．また JA 出荷規格を参考に，等級（A 品，B 品）と階級（S 品：2～3kg 未満，M 品：3～4kg 未満，L 品：4kg 以上）に分けて集計して総収量に占める割合を示した．

テーブルの下部の光量の測定

テーブル区における群落上下の光合成有効光量子束密度（PPFD）については，群落の上下 10cm にペ

ン型 PPFD センサー（高倉，2017）を設置して測定を行った（図 2）．ペン型 PPFD センサーとは，ペン型の胴体の先端に長さ 18mm，幅 10mm の小型センサーがついた形状であり，全方位からの光を連続して測定することができる装置である．群落上部のペン型 PPFD センサーで群落に当たる太陽からの直達光および散乱光を測定し，群落下部で群落の透過光およびシルバーマルチ等の床面からの反射を含む散乱光を測定した．測定日は晴天であった 2017 年 12 月 21 日，2018 年 1 月 15 日，3 月 5 日，4 月 23 日の 10:30～15:30 に実施した．なお，測定は上下とも 1 反復で行った．PPFD の強度別に頻度を算出し，測定時間に占める割合を示した．

また，テーブル下部の光量が物質生産にどの程度寄与するかを確認するため，トウガンの葉の光合成速度を測定した．光－光合成曲線については既報に準じて調査し（高山ら，2010），見かけの光合成速度を携帯型光合成蒸散測定システム（LI-6400，LI-COR，Inc.）により測定した．施設土耕栽培において定植から 2 ヶ月以上経過したトウガンを対象とし，10:00～12:00 の間に葉面全体が十分に光を受ける環境にある側枝末端から数えて 3 枚目以降の展開葉について主脈の先端部をリーフチャンバーに挟み，光強度 $2000\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ から順に低下させて測定した．リーフチャンバーに供給する空気は，測定時の大気条件に合わせ， CO_2 濃度 $410\mu\text{mol mol}^{-1}$ ，相対湿度 47.4%，葉温 23.0°C とした．

表3 テーブル区および地這い区の摘葉作業におけるつらさ指数および所要時間

被験者 ^z	調査数	試験区	所要時間 ^y (秒)	除去枚数 ^y (枚)	1枚当たり 所要時間 ^x (秒)	所要時間 割合 ^w	つらさ 指数 ^v	作業姿勢の割合(%) ^u									
								A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	1回目	テーブル区	565	167	3.4	0.75	2.1	0	70.8	0	0	29.2	0	0	0	0	0
		地這い区	438	97	4.5		5.2	0	10.8	0	0	1.6	0	18.1	43.7	25.6	0
	2回目	テーブル区	401	119	3.4	0.79	2.8	0	52.8	0	1.3	45.9	0	0	0	0	0
		地這い区	599	140	4.3		5.3	0	12.4	0	0	1.0	0	4.0	61.2	21.4	0
B	1回目	テーブル区	673	148	4.5	1.00	2.1	0	72.4	0	0	27.6	0	0	0	0	0
		地這い区	774	171	4.5		5.8	0	2.8	0	0	0	49.5	0	0	36.6	11.1
	2回目	テーブル区	600	136	4.4	0.99	2.5	0	62.2	0	0	37.8	0	0	0	0	0
		地這い区	683	154	4.4		5.3	0	3.7	0	0	0	54.0	0	0	41.7	0

^z A;身長177cm・男性, B;身長165cm・男性^y テーブル区, 地這い区とも1試験区(30m²;4株)の片面当たりの値^x 1枚当たり所要時間=所要時間÷除去枚数^w 所要時間割合=テーブル区の1枚当たり所要時間÷地這い区の1枚当たり所要時間^v つらさ指数は、姿勢毎の出現時間を所要時間で除して姿勢毎の評価点を乗じ、得られた姿勢毎の値の総和により算出^u 作業姿勢の割合(%)=姿勢毎の出現時間÷所要時間×100

統計処理

データは、平均値および標準偏差で示した。また、表中の Student の t 検定について「R」(version 3.4.2)を用いて解析を行った。また百分率のデータについては逆正弦変換後に検定した。

結果

作業姿勢の軽減効果

テーブル区の労働負担の改善の程度を調査するため、摘葉作業において作業姿勢毎の評価点を用いてつらさ指数を求めたところ、地這い区が 5.2～5.8 であったのに対し、テーブル区が 2.1～2.8 となり、労働負担が 5 割程度低下した(表 3)。被験者の作業姿勢は、地這い区では、比較的負担の大きい区分 F～J が作業全体の 8 割以上を占めて多かった(表 3)。一方、テーブル区では立ち姿勢(区分 B)が 5～7 割、上体の軽い前屈姿勢(区分 E)が 3～5 割であり、区分 F～J については出現しなかった(表 3)。地這い区では、被験者 A が中腰で上体を前屈する姿勢の割合が多かったのに対し、被験者 B ではしゃがむ姿勢の割合が多かった。テーブル区では、両被験者とも立ち姿勢が多い傾向で一致した(表 3)。また、作業効率の評価として所要時間および除去枚数を測定したところ、地這い区に対するテーブル区の摘葉 1 枚当たりの所要時間の割合は、被験者別に結果が異なっており、身長 177cm の被験者 A は所要時間の割合が 2 割程度低下したのに対し、身長 165cm の被験者 B では所要時間の割合にほぼ差がなかった(表 3)。

収量の比較

テーブル区の栽培初期の 12 月の収量は、地這い区と比較して 2016 年度および 2017 年度の 2 ケ年間、有意に増加した(表 4)。また 1 月のテーブル区の収量については 2016 年度が有意に増加した。一方、2017 年度は地這い区に対して有意差はなく同等であった(表 4)。さらに、総収量の合計では、テーブル区は地這い区と比べて 2016 年度が 5.9t/10a 有意に増収し、2017 年度については有意差がないものの増加傾向であった(表 4)。また、果実の等階級については、テーブル区の品質は、試験年度によりばらつきがあるものの地這い区に対して L 品率が有意に高く、S 品、M 品、A 品、B 品については同等となった(表 5)。

テーブルの下部の光量

テーブル区における群落下 10cm の光量(PPFD)は、12 月から 3 月に 0～100μmol m⁻²s⁻¹が 17.6～26.6% で、101μmol m⁻²s⁻¹以上が 73.4～82.4% であった(表 6)。一方、落葉の増加に合わせて摘葉量が多くなった 4 月には、0～100μmol m⁻²s⁻¹が 0% で、101μmol m⁻²s⁻¹以上が 100% となった(表 6)。テーブル区の群落下部では栽培初期に PPFD が比較的多く、摘葉後は光量が増加した。

また、トウガンの見かけの光合成速度は、PPFD 100μmol m⁻²s⁻¹の時に 0.2μmol-CO₂ m⁻²s⁻¹、200μmol m⁻²s⁻¹では 4.3μmol-CO₂ m⁻²s⁻¹となり、100μmol m⁻²s⁻¹以上では光補償点を越えることが確認できた。

表 4 テーブル区および地這い区の総収量の比較

試験年度	試験区	総収量 (t/10a)						
		12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計
2015	テーブル区		2.1±0.2	0.7±0.3	2.9±0.5	6.4±1.2	6.5±0.9	18.6±3.1
	地 這 い 区	1.9±0.1	0.8±0.1	1.7±0.5	1.2±0.7	5.5±0.7	4.0±1.5	15.1±0.8
2016	テーブル区 ^z	2.5±0.4 ^{**}	2.4±0.3 [*]	2.4±1.0 ^{n.s.}	2.3±1.3 ^{n.s.}	4.0±0.3 ^{n.s.}	3.4±0.9 ^{n.s.}	16.9±1.0 ^{***}
	地 這 い 区	1.7±0.2	1.3±0.7	3.1±0.7	0.5±0.8	3.4±0.4	2.2±1.0	12.1±0.9
2017	テーブル区 ^z	2.2±0.1 ^{***}	1.9±0.5 ^{n.s.}	1.8±0.2 ^{n.s.}	4.1±0.8 ^{n.s.}	5.1±0.3 ^{n.s.}	3.6±0.7 ^{n.s.}	18.8±1.3 ^{n.s.}
	地 這 い 区	1.8±0.1	1.8±0.4	2.0±0.5	4.0±0.1	4.7±0.8	2.4±0.9	16.6±1.9

^z 地這い区に対するテーブル区の有意差を示す (Student's t-test, *,p<0.05,**,p<0.01,***,p<0.001,n.s.;no significant)

表 5 テーブル区および地這い区の等階級別割合の比較

試験年度	試験区	等級(%)		階級(%)		
		A品	B品	S品	M品	L品
2015	テーブル区	78.7±1.4	21.3±1.4	2.3±2.3	79.3±7.6	18.4±6.1
	地 這 い 区	83.1±2.7	16.9±2.2	0.5±0.6	60.7±6.1	38.9±5.4
2016	テーブル区 ^z	81.5±5.3 n.s.	18.2±4.9 n.s.	1.1±0.4 n.s.	61.2±4.2 ***	37.6±4.0 ***
	地 這 い 区	77.1±5.3	21.4±4.5	2.1±1.2	84.3±5.5	13.6±5.2
2017	テーブル区 ^z	79.8±4.7 *	13.8±3.7 n.s.	1.6±0.6 n.s.	67.3±3.2 n.s.	31.1±3.1 *
	地 這 い 区	71.6±3.3	19.6±4.7	4.0±2.1	74.9±5.9	21.1±4.9

^z 地這い区に対するテーブル区の有意差を示す (Student's t-test, *,p<0.05,**,p<0.01,***,p<0.001,n.s.;no significant)

考 察

労働負担の軽減程度

テーブル区の摘葉作業では比較的負担の大きい前屈姿勢、しゃがむ姿勢については出現しなくなり、地這い区と比較して、つらさ指数が5割程度低下し(表3)、労働負担の軽減の程度が明らかとなった。これまでも養殖網を用いたトウガンの立体栽培において、交配および収穫作業の労働姿勢の負荷が地這い栽培に比べて減少することが確認されており(大石ら, 2010)、仕立て方法こそ異なるもののテーブル仕立て栽培においても明らかな姿勢の改善が認められることから、交配および収穫作業についても労働負担の軽減が図られるものと考えられる。

さらに、作業効率として地這い区に対するテーブル区の摘葉1枚当たりの所要時間の割合を調査した結果、テーブルの高さ80cmにおいて身長別に作業効率に差がみられたことから(表3)、作業者の身長と作業面の高さの関係が作業効率を決める可能性

があると考えられた。イチゴの高設栽培においては作業者の身長が165cmおよび175cmの場合、体幹の負担がもっとも小さくなる栽培面の高さを95～105cmおよび105～115cmと推測している(前川ら, 2000)。また、腰痛を予防する観点から作業台の高さを考える場合、作業台の高さは肘の曲げ角度がおおよそ90度になる高さとするにとされており(厚生労働省, 2013)、トウガンのテーブル仕立て栽培においても身長に合わせて栽培面の高さを調節することによって、前屈を伴う姿勢の割合を減らして腰痛を予防し、作業効率を向上することができるものと考えられる。

同等以上の総収量となる要因

本研究により、テーブル仕立て栽培は地這い栽培に比較して同等以上の総収量が得られる栽培方法であることが示された(表4)。テーブル仕立て栽培では群落下部に空間があることにより、群落下部の葉の受光量の増加および群落下部から上部への通気性

表 6 テーブル区における群落上下の PPFD の推移

測定日	測定位置	PPFD の強度別の割合 (%)					
		0~100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	101~200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	201~300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	301~400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	401~500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	>500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
2017/12/21	群落上10cm	0	0	2.3	3.3	5.6	88.7
	群落下10cm	17.6	44.9	20.6	15.9	1.0	0
2018/1/15	群落上10cm	0	0	0	0	9.3	90.7
	群落下10cm	26.6	29.2	18.6	22.9	2.7	0
2018/3/5	群落上10cm	0	0	0	0	0	100.0
	群落下10cm	24.6	74.8	0.7	0	0	0
2018/4/23	群落上10cm	0	0	0	0	0	100.0
	群落下10cm	0	98.3	1.7	0	0	0

の向上といった栽培環境の改善が考えられる。受光量の増加が光合成量を高めて増収に有効であることは明らかであり（東出，2018），トウガンの場合についても同様と考えられる。本研究の結果，テーブル仕立て栽培の群落下部の光量は，測定月毎に $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ を超える光量が 7 割以上であった（表 6）。トウガンは PPFD $100\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1} \sim 200\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の上昇でも，光強度に応じて光合成速度が増加するため，テーブル下部の群落では栽培期間を通してより多くの光量を受けることが光合成量の増加に寄与するものと考えられた。また，摘葉後は光量が増加したこと（表 6），落葉については適宜除去することで光環境を維持することができると考えられた。トウガンのテーブル仕立て栽培ではテーブルの上下両面から物質生産に有効な光を受けられる光環境の改善が示唆された。前述した養殖網を用いたトウガンの立体栽培（大石ら，2010）は，テーブル仕立て栽培とは異なるものの光環境が改善された一例として挙げられ，地這い栽培に比較して 12 月収量の有意な増加および総収量の増加傾向が確認されている。光合成量を高める要素の一つに葉が適度な風を受けることが挙げられる。キュウリにおいては葉が風速 $50\text{cm/s} \sim 100\text{cm/s}$ の適度な風を受けることで二酸化炭素の取り込みが促進されて光合成速度が上昇することが知られている（矢吹・宮川，1970）。テーブル仕立て栽培または養殖網を用いた立体栽培は，地這い栽培に比較して栽培面が高い位置にあることから，通気性が改善されて葉が適度な風速を受けることで二酸化炭素の取り込みが促進されている可能性があると考えられる。これらの結果，テーブル仕立て栽培では，群落下部の葉の受光量の増加，通気性の改善が複合的に作用することでトウ

ガンの光合成量を増加させ，結果的に収量の増加傾向に影響したと考えられた。

以上のことから，テーブル仕立て栽培は地這い栽培に比較して収量を減らすことなく労働負担を軽減できる栽培方法と考えられる。トウガンを今後も安定的に生産し，出荷していくためには，テーブル仕立て栽培をはじめとした労働負担の軽減に関する技術を積極的に取り入れていくことが重要であると考えられる。

謝 辞

本研究は，試験研究課題「トウガンのテーブル仕立て栽培技術の確立」として，2015～2017年に，次世代沖縄ブランド作物特産化推進事業（沖縄振興特別推進交付金）により実施した。現地調査にご協力戴いた砂川寛茂ヒデゴ夫妻ならびに友利博昭氏に感謝の意を表します。また当時，試験にご協力下さいました沖縄県農業研究センター宮古島支所の農林水産技能員の伊志嶺弘勝氏，上地克美氏，手登根正氏，與座一文氏に深く感謝申し上げます。試験の実施にあたり貴重なご助言を戴きました沖縄県農業研究センター石垣支所の玉城盛俊支所長，沖縄県農業研究センター野菜花き班の棚原尚哉主任研究員，調査にご協力戴いた同センター野菜花き班の谷合直樹主任研究員に謝意を表します。

引用文献

- 羽石重忠，石原良行（2005），トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特性，栃木県農業試験場研究報告，55，15-26.
- 東出忠桐（2018），施設トマトの収量増加を目的とした受光と物質生産の関係の利用，園芸学研究，17(2)，133-146.
- JA おきなわ宮古地区とうがん専門部会（2009-2018），宮古地区とうがん出荷報告会資料.
- 金子賢一，宮城慎，佐久間文雄（2006），短側枝性メロンの地這い栽培における整枝および摘果管理の省力効果，茨城県農業総合センター園芸研究所研究報告，14，9-14.
- 厚生労働省（2013），職場における腰痛予防対策指針，基発 618.
- 前川寛之，桐山晴美，黒住徹（2000），農作業の軽作業化に関する人間工学的研究・イチゴ栽培における栽培面の高さと作業姿勢について，奈良県農業試験場研究報告，31，1-8.
- 長町三生（2002），Participatory Ergonomics による作業改善の研究，日本経営工学会論文誌，53，410-417.
- 沖縄県農林水産部園芸振興課（2014），沖縄県野菜栽培要領，80-83.
- 大石毅，與座一文，屋良利次，棚原尚哉，宮城聡子，伊志嶺弘勝，伊山和彦，小禄博昭（2010），トウガン (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn) の立体栽培と地這い栽培における収量と作業姿勢の比較，沖縄県農業研究センター研究報告，4，32-35.
- 佐藤公洋，北島伸之（2010），高設栽培におけるクローン部局加温の温度がイチゴの生育および収量に及ぼす影響，福岡県農業総合試験場研究報告，29，27-32.
- 高倉直（2017），植物群落内で使用する光合成光子密度（PPFD）センサー，農業および園芸，92（8），662-664.
- 高山弘太郎，仁科弘重，久枝和昇，末岐剛，原田聡（2010），太陽光利用型植物工場のトマト群落における光合成機能の空間分布の解析，植物環境工学，22(4)，175-180.
- 渡辺慎一（2013），立体栽培スイカの果実生産特性に関する研究，野菜茶業研究所研究報告，12，7-60.
- 矢吹万寿，宮川秀夫（1970），風速と光合成に関する研究（第2報）風速と光合成との関係，農業気象，26(3)，137-141.

Advantage of High-Bench Wax Gourd (*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn)

Eito TSUCHIDA¹, Motoaki HIGA¹, Maro TAMAKI¹, Hiroyuki SHIMOJI², Kazuhiko IYAMA²

1 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center

2 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center Miyakojima Branch

Abstract

Wax Gourd (*B. hispida*) cultivation in a greenhouse using an 80-cm high bench was compared with ground-hugging cultivation regarding working posture and yield. In the leaf removal motion, the high bench reduced the working posture index of workers by 50% compared with the ground-hugging. The total yield of the high bench for two of three years was particularly increased than the one of the ground-hugging, and the first half was remarkable. Furthermore, the high bench led to a clearly greater rate of L-sized, such as size of largest fruits, than the ground-hugging. One of the factor that increasing total yield of the high bench was considered improving light environment in leaf canopy. Result of measurement of the photosynthetic photon flux density (PPFD) into leaf canopy, which is under the high bench during the cultivation of first half, the value was more than $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, which suggested that using the high bench is improved plant lighting. In addition, the cultivation of the Wax Gourd using the high bench would be able to obtain much of light for photosynthesis.

Key words: working posture index, PPFD, leaf canopy