

## 施設トマトにおける環境保全型栽培の実証

岡本昌広・北畠晶子・深山陽子・深澤智恵妙・吉田 誠・渡邊清二・  
奥村 一\*・浅田真一・小林正伸\*\*・小清水正美\*\*・阿久津四良\*・植草秀敏・  
北 宜裕・佐々木皓二 (トマトプロジェクトチーム)

### An Environmentally Sound Production System of Greenhouse Tomato

Masahiro OKAMOTO, Akiko Kitabatake-ABUKAWA, Yoko MIYAMA, Chiemi FUKASAWA,  
Makoto YOSHIDA, Seiji WATANABE, Ichi OKUMURA\*, Shin-ichi ASADA,  
Masanobu KOBAYASHI\*\*, Masami KOSHIMIZU\*\*, Shiro AKUTSU\*, Hidetoshi UEKUSA,  
Nobuhiro KITA and Koji SASAKI (Tomato Project Team)

#### 摘 要

施設トマト栽培における化学合成農薬・肥料使用量の50%削減を目標とする環境保全型栽培体系を設計し、それを実証するためのプロジェクト研究を実施した。

実証区では、施肥はぼかし肥等を活用した有機質主体施肥とし、病虫害防除には熱水土壤消毒、微生物農薬・天敵等を利用、着果にはマルハナバチを使用し、最低夜温を10℃に設定した。一方、対照区については、化学合成農薬・肥料を主体とした施肥・病虫害防除を行い、着果ホルモン剤を利用し、最低夜温を8℃に設定した。第1作は1998年10月15日、第2及び3作はそれぞれ1999及び2000年の9月17及び14日に播種し、自根及び接ぎ木苗を用いた。育苗管理及びUターン整枝等の基本的な栽培管理は両区とも同じとした。

実証区では、自根、接ぎ木処理あるいは品種にかかわらず、対照区より多収となった。また、接ぎ木区では生育が自根より7~9日程度おくれた。最低夜温を10℃に設定した実証区では、品種にかかわらず1~2月の厳冬期でも十分な量の花粉が生成したのに対し、同8℃設定にした対照区では花粉生成が顕著に少なくなった。果実に含まれる糖、有機酸、アミノ酸及びビタミンCについて調査したところ、糖度及びグルタミン酸は対照区の方が高くなったが、ビタミンCは実証区の方が高い値を示した。有機酸は試験区間に差は認められなかった。一般パネラーによる食味調査の結果、トマトの食味には甘味、酸味及び果肉の硬さが大きく関与することが明らかになった。実証区では元肥にぼかし肥を用い、生土容積抽出法によるリアルタイム土壤診断による追肥を行うことにより、施肥の3要素すべてで、対照区に比べ化学肥料の使用量を60%以上削減できた。神奈川方式の熱水土壤消毒法による土壤病害抑止効果について検討した結果、深さ70cmにおいても高い殺菌効果が認められ、また、トマトを3連作しても化学薬剤を用いて毎年土壤消毒を行った対照区と同等以上の発病抑止効果が得られた。実証区において生物農薬及び天敵等に影響が少ない化学合成農薬を選び、防除基準に基づいた防除体系を採用することにより、延べ使用薬剤数で50%以上の化学合成農薬の削減が達成された。作業時間及び消費エネルギーともに、施肥作業においては、ぼかし肥作成作業が加わった実証区の方が多くなったが、防除作業及び着果作業については実証区の方が対照区より顕著に少なくなったため、作業全体としては、延べ作業時間及び消費エネルギー量ともに実証区の方が50%以上軽減された。実証区では、生産物物費は対照区に比べ高くなるが収量が多いため、収益性は少なくとも対照区と同等となった。また、環境保全型農産物として付加価値を高めて販売すれば、さらに収益性が高まる可能性が認められた。

以上、環境保全型栽培技術体系の実証試験の結果、化学合成農薬・肥料を50%以上削減しても、これまでの慣行栽培と同等の収量と品質が確保でき、着果及び防除作業時間や労働負荷が大幅に軽減されるとともに、経営的には少なくとも同等となり、有利販売ができるなら同等以上の収益性をあげられる可能性があること

\*神奈川県病害虫防除所、\*\*神奈川県環境農政部農業振興課

が明らかになった。

## 謝 辞

本報告を作成するにあたっては、板木農業技術士事務所の板木利隆博士には貴重なご意見をいただくとともに、ご校閲の労をとっていただいた。ここに記して感謝の意を表する。

キーワード：施設トマト，減農薬・減化学肥料，環境保全型栽培，労働科学解析，経営評価

## Summary

Intensive research on an environmentally sound production system of greenhouse tomato has been performed to verify its practical availability from 1998 to 2001, aiming to reduce more than 50% of both agricultural chemicals and synthetic fertilizers. A proposed production system is consisted of hot water treatment to eradicate soil borne diseases, use of organic amendments as alternative fertilizers, bumblebees for fruit set, natural enemies for pest management and biotic fungicides for foliage diseases, while the control employed chemically synthesized pesticides, fungicides and fertilizers. Both production systems, thus, have been comparatively evaluated from not only the productivity but also worktime and energy expenditure in terms of farm working strain and deduced total income. As a result, 50% reduction of the total amount of agricultural chemicals and synthetic fertilizers has been achieved without decreasing the levels of total income and/or even greater in case that consumers pay more for the tomatoes because of the healthy production process and their high quality. These results confirm that the total system established in the present study contributes to environmentally sound, sustainable greenhouse tomato production and is expected to be directly accepted by tomato growers in Kanagawa.

**Keywords:** greenhouse tomato production, reduction of agricultural chemicals and synthetic fertilizers, organic farming, farm work labor analysis, farm economics

## 緒 言

農業生産の安定・向上のため、数多くの技術（品種育成、土壌改善、機械化、施設化、化学農薬・肥料等）が開発、導入され、農産物の安定供給に大きな役割を果たしてきた。一方で、化学合成農薬・肥料等の多投入により農業生態系以外の自然環境に負荷を与える懸念が指摘されている。このような状況の中で、化学合成農薬・肥料の使用量を極力削減し、自然環境への負荷を軽減する「環境保全型農業」の確立は早急に解決すべき課題となっている。国ではこれを今後の農政の重要な柱の一つと位置づけ、持続的な農業生産の推進をはかっている（小川 2001）。神奈川県においても、2006年までに化学合成農薬・肥料を30%削減するという具体的な数値目標を設定し、行政・普及・研究及び関係諸機関が一体となった取り組みを進めている（神奈川県農政部 1997）。

施設園芸の分野においても環境保全型農業の推進は、今後積極的に取り組むべき方向であり、これに対する生産者の関心は強く、また実践意欲も高い。施設栽培における環境保全型栽培法に関しては、施設内がガラスやプ

ラスチックフィルム等で外界と遮断されている特色を生かし、すでいくつかの実用的な技術が開発されている。その典型的な例として、トマトのホルモン処理による着果に代わり、マルハナバチによる受粉が一般化したことがあげられる（岩崎 1995, 浅田 1998）。また、BT剤の利用（姫島 2001）や天敵等生物農薬の利活用（根本 2001）も実用化されつつあり、登録資材も拡大されてきている。土壌管理や施肥に関しても、熱水土壌消毒（北 1999）、家畜ふんやぼかし肥等有機物資材の活用（山田 1997）などの技術が現地に導入され、一定の成果をあげてきた。このように、施設園芸分野においては単発的な個別技術の開発とその適用方法についての検討が行われ、有効な実績を積み重ねてきた。

一方、これら個別技術の内容についての説明は進んできているものの、これに係わる作業負担など労力分析に関する知見は極く少なく（深山ら 1998）、また収益性や諸経費など経済性にまで言及した報告はほとんどみられない。労力分析や経済性まで含めて環境保全型栽培法を解析するためには、個別技術を一貫栽培体系化した総合的な栽培システムとして評価・検討する必要がある。ま

た、それによってその総合的な栽培システムを構成する個々の栽培技術に関する評価精度も高めることができると考えられる。しかし、今のところそこまで広く目標設定を行い、調査解析した例は見当たらない。

そこで本研究は、施設における環境保全型栽培の総合実証をはかるため、栽培作物をトマトに絞り、これまで実績のある環境保全型個別技術を総合的に組み立てた実証区と、化学肥料を主体とする施肥管理及び防除基準に従った化学合成農薬主体の病害虫防除体系を組んだ対照区とを設定し、比較検討することとした。このことにより、生育、収量、品質等の違い、病害虫の発消長、農薬・肥料の使用量等の差異を明らかにし、収益や諸経費に係わる経営的分析を行うとともに、作業負担等の労働科学的解析を加えた総合評価が可能となる。このような実践的データの集積は、本栽培法の現地普及にあたって大きく貢献するものと期待される。

生育、収量はもとより、病害虫の発生程度のような多くの調査・分析値は、その年の気象条件に左右されるところが大きい。そこで、年次変動も明らかにするため、本研究は1998から2000年度までの3か年、3作にわたって実施した。

## 材料及び方法

### 1. 実証区と対照区に共通する試験条件

#### (1) 使用施設及び品種

試験施設としては、実証区及び対照区ともに同形式・設備で並列に設置された165㎡のガラス温室を供試し、施設内環境はグリーンマイコンによる複合制御システム（GreenMicom-12, イー・エス・ディ）により管理した。施設内暖房には、第1及び2作では既設の温湯暖房装置を、第3作は温風暖房機（ハウスカオンキHK-1525, ネボン）を用いた。供試品種には、‘ハウス桃太郎’及び‘ろくさんまる’を用い、接ぎ木苗は台木品種‘ドクターK’（第1作）または‘マグネット’（第2及び3作）を用い、幼苗斜め合せ接ぎとし、育成管理は慣行法に準じた。自根苗については本葉が展開し始めた段階で鉢上げし、慣

行に従って育苗した。

#### (2) 作付体系と栽培管理

第1作は1998年10月15日まきとしたが、第2作は1999年9月17日まき及び第3作は2000年9月14日まきとした。第1表に各作の両区の作付体系と試験設計を示した。定植は、Uターン整枝の12～13花房取りを想定してやや強めの草勢で管理するため、第1段花房の第1花の開花2～3日前を目安に、早めにうね間130cm、株間38cmで定植した。第1及び2作は、いずれの区とも、1区10株で2反復（第2作）または3反復（第1作）、第3作は1区15株で2反復とした。定植後は、植物体の生長に伴って順次誘引を進め、地上1.8mの位置に設置した誘引線を越えた時点でねん枝した。ねん枝後は相互に重複する葉のうち、表側の茎に着生している葉を中心に摘葉し、果実を東側に向けた玉出しを行うことにより、株全体として均一な受光体勢が得られるように管理した。いずれの作においても5月10日時点で開花している花房の上2葉を残して摘心した。かん水は、追肥時期と調整しながら、3月までは隔週1回、4月は毎週、及び5月以降は週2回、1株当たり2Lを目安に行った。

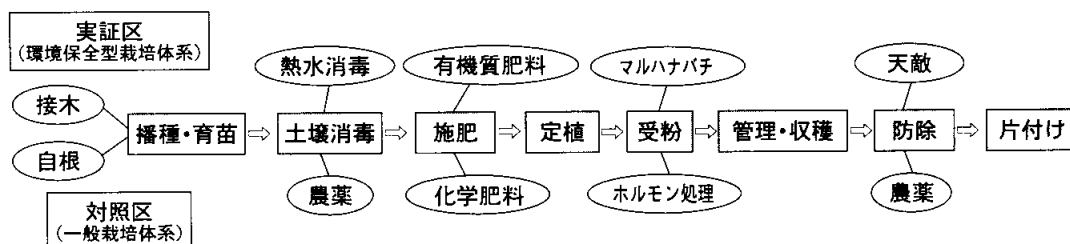
#### (3) 収穫・調査

収穫は原則として1週間に2回とし、一般の市場出荷基準に合わせて良果（可販果）及び空洞果、奇形果、小果、すじ腐れ果等の不良果に分類し、収量調査した。また、第1及び3作では月に1回程度、第2作ではすべての収穫果について出荷規格別調査を併せて行った。

### 2. 試験区の設定

#### (1) 試験体系

環境保全型栽培体系としての実証区と、従来の化学合成農薬・肥料を使用した栽培体系としての対照区を設定した。栽培体系及び耕種概要・試験条件をそれぞれ第1図及び第1表に取りまとめた。試験の実施にあたっては、化学合成農薬・肥料を50%以上削減することを目標に個別技術を組み立てた。なお、実証区では、第1及び2作終了後にコブトリソウ（クロタラリア, *Crotalaria* sp.）を2か月間栽培し、栽培終了後は植物体を施設外に持ち出



第1図 試験区の構成と栽培体系

第1表 各作における耕種概要と関連試験条件

項目	第1作		第2作		第3作		
	実証区	対照区	実証区	対照区	実証区	対照区	
	1998年		1999年		2000年		
播種	10月15日		9月17日		9月14日		
定植	自根	12月7日	10月28日		10月30日		
	接ぎ木	12月7日	11月6日		11月6日		
台木	ドクターK		マグネット		マグネット		
試験反復	3区, 10株		2区, 10株		2区, 15株		
土壤消毒	熱水	ダゾメット剤	—	カーバマナトリウム剤	—	クロロピクリン剤	
昼温	午前 <sup>†</sup>	25°C	28°C	25°C	28°C	25°C	23°C
	午後 <sup>‡</sup>	23°C	25°C	23°C	25°C	23°C	20°C
夜温	前半A <sup>*</sup>	全作共通	14°C	14°C			
	前半B <sup>‡</sup>		10°C	10°C			
	後半 <sup>‡</sup>		10°C	8°C			
その他 <sup>¶</sup>	コブトリソウ	裸地	コブトリソウ	裸地			

<sup>†</sup>7:00-12:00, <sup>‡</sup>12:00-17:00, <sup>\*</sup>17:00-20:00, <sup>‡</sup>20:00-24:00, <sup>¶</sup>24:00-7:00, <sup>¶</sup>休閑期間, 作付け終了後から2か月間栽培した後, 植物体を施設外に持ち出した。

した。

## (2) 土壤消毒

実証区では, 第1作のトマト定植前に熱水を利用した土壤消毒を行い, それ以降は土壤消毒を行わなかった。熱水消毒には, 出力218,000kcal・h<sup>-1</sup>で最高出湯温度95°C以上が得られる熱水用ボイラー (A重油焚き) と, 散水装置をけん引するウインチ (電源: AC200V, 3φ50/60Hz) 及び散水装置 (幅360cm, 速度2.4m・h<sup>-1</sup>) を用いて行った (第2図)。なお, 熱水消毒装置一式はレンタルとした。熱水処理は, 1998年11月16及び17日に, ウインチを用いてポリエチレンフィルムの下に設置した散水装置をけん引することにより, 95°Cの熱水を1㎡あたり236L, 均一に散布した。処理後はポリエチレンフィルムでそのまま10日間被覆した後, フィルムを取り除いて3日間置き, 土壤が乾いた段階で施肥した。

実証区においては, 熱水処理を行うに際して, 各種土壤病原菌汚染土を用いた埋設試験を実施した。供試菌はトマト萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, レース1), トマト半身萎凋病菌 (*Verticillium dahliae*), トマト褐色根腐病菌 (*Pyrenochaeta lycopersici*), 苗立枯病菌 (*Rhizoctonia solani*), ウリ科野菜ホモプシス根腐病菌 (*Phomopsis* sp.) の計5菌を用いた。ホモプシス菌以外は土壤: ぶすま (4:1) 培地に植菌して培養後, 不織布で包み土壤中に埋設した。ホモプシス菌は罹病したカボチャの根を長さ1cm程度に裁断してネット

で包み埋設した。熱水処理9~10日後に埋設した汚染土を取り出し9cmポットに詰め, トマト病害はトマト苗を移植し, 苗立枯病とホモプシス根腐病は, キュウリを播種して検定した。トマト萎凋病菌については, 選択培地を用いて菌数についても調査した。

一方, 対照区では, 作付け前に第1作はダゾメット剤を, 第2作はカーバマナトリウム剤を及び第3作はクロロピクリン (テープ剤) を県の防除基準に基いて, 10a当たりそれぞれ20kg, 40L及び1100m処理し, ポリエチレンフィルムで7日間被覆後, 2回ガス抜きを行った。

## (3) 施肥

元肥は, 土壤改良資材として用いた牛ふん堆肥が, 作付期間中にN<sub>1</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oの全成分についてそれぞれ30, 60及び90%の肥効があるとして施肥量を算出した (第2表)。対照区では第1作はCDU態窒素入り複合肥料, 第2及び3作はCDU態窒素入りの配合肥料を用いたが, 実証区では今回の目標である化学肥料の使用量を50%以上削減するため, ぼかし肥を用いた。ぼかし肥は, 神奈川県で作成した生態系活用型農業栽培の手引き (1993) に準じて有機物の有効化成分を考慮して作成した。その方法は, まず, 土壤改良に用いる牛ふん堆肥に応じた三要素組成になるように各種有機質資材を混合し, さらに5%(w/w)程度の生土を加え, 十分混和した後, 水道水を用いて含水率を60%に調整し, 冷暗所に堆積した。堆積期間中は, 7~10日間ごとに切り返すとともに, 水

道水を用いて60%の含水率を保った。堆積1か月後、均一に広げて風乾し、含水率が30%まで低下したところまでぼかし肥として供試した。第1及び2作については、実証区及び対照区ともに全面施用としたが、第3作の実証区については施肥効率を上げるために、ベット面だけの施肥とし、堆肥はベット全面、ぼかし肥はトマト定植位置の反対側のベット1/3に局部施用した。

追肥については、実証区では生土容積抽出法(林1977)で得られた土壤抽出液を用いて追肥時期と量を判断した。土壤抽出中の硝酸イオンとカリウムイオン濃度はイオンクロマトグラフ(日本ダイオネックス社, IC20)で測定した。窒素については硝酸イオン濃度が第1及び2作では $300\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下、第3作では2月までは $250\sim 350$

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 及び3月以降は $200\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下となった時点で、また、カリの場合はカリウムイオンが $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下になった時点で追肥した。追肥資材としては、第1作は液肥 $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$ で15:8:17及び12:4:6と硫加( $\text{K}_2\text{O}=50$ )を用い、第2及び3作では液肥の硝酸カリ( $\text{N:K}_2\text{O}=13:45$ )と硝安( $\text{N}=34.4$ )を用いた。また、対照区は葉色により追肥時期を判定し、第1作には実証区と同じ肥料に粒状硝加( $\text{N:K}_2\text{O}=13:45$ )を、第2作には液肥( $\text{N:P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=15:8:17$ )と塩加( $\text{K}_2\text{O}=60$ )を、第3作には液肥の硝酸カリ( $\text{N:K}_2\text{O}=13:45$ )と硝安( $\text{N}=34.4$ )をそれぞれ用いた。

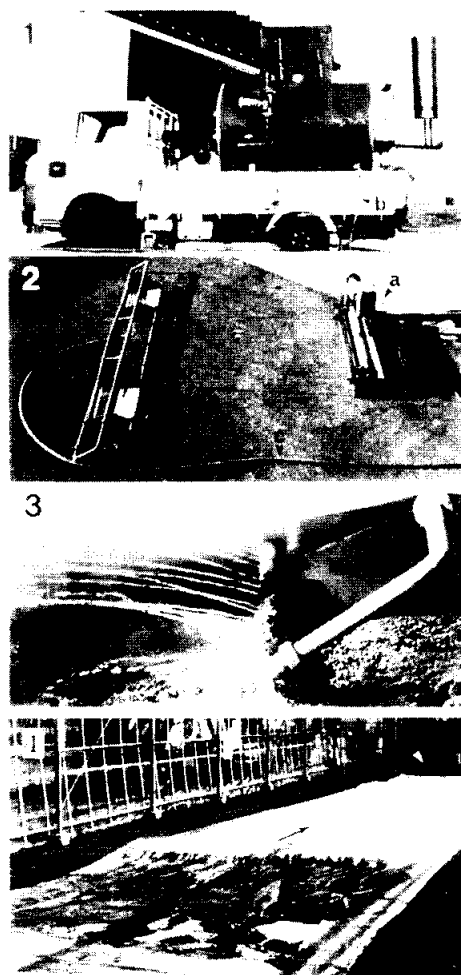
#### (4) 着果

実証区では、いずれの作とも第1段花房開花時からマルハナバチを使用した。なお、第1作は1月まで及び4月以降は市販のセイヨウオオマルハナバチ(*Bombus terrestris*, ナチュポール(アスタライフサイエンス))を、2月から3月下旬までは所内で増殖した日本在来種のオオマルハナバチ(*B. hypocrita*)を利用した。第2作では全期間、所内で増殖したクロマルハナバチ(*B. ignitus*)を利用した。第3作では全期間、市販のクロマルハナバチ(*B. ignitus*, ナチュポールブラック(アスタライフサイエンス))を用いた。一方、対照区ではいずれの年度とも12~3月上旬までは、着果ホルモン剤としてPCPA剤(p-クロロフェノキシ酢酸, *p-chlorophenoxyacetic acid*)を550倍に、3月中旬以降は1000倍に希釈して3~4花開花時に花房処理した。

花粉生成量の測定は、実証区及び対照区から、品種、自根・接ぎ木処理別に開花している10花を無作為に選び、花柄部を市販の電動歯ブラシで10秒間振動させ、落下してくる花粉をエッペンドルフ管に回収した。花粉の採集は、第1作においては、1月から3月まで、第2及び3作においては、11月から3月まで、毎月1回晴天日の午後1時~3時に行った。実証区においては、花粉採集4日前より、マルハナバチの放飼を中止した。エッペンドルフ管に回収した花粉粒数の測定及び花粉の生死判定については浅田・北(2001)の方法に従った。

#### (5) 温度管理

実証区と対照区の夜温については、いずれの作とも午後8時まではそれぞれ $14$ 及び $12^\circ\text{C}$ 、午前0時までは $12$ 及び $10^\circ\text{C}$ 、午前7時までは $10$ 及び $8^\circ\text{C}$ で管理した。一方、昼温については、第1及び2作では、対照区において実証区との間で日積算温度が同じになるよう昼温を午前 $28^\circ\text{C}$ 、午後 $25^\circ\text{C}$ に設定した。しかし、この条件では空洞果、奇形果等の不良果を多発させると考えられたため、第3作で



第2図 熱水土壤消毒装置(1,2)及び熱水散布状況(3,4)  
1:ボイラーの定格出力は $218,000\text{kcal}$ で、給水ギアポンプ(a)により給湯管(b)を経由して送湯される。ボイラーの保有水量は $860\text{L}$ で自量は約 $600\text{kg}$ 、2:ウインチ(a)および熱水散布装置(b)。ボイラーの熱水給湯管(c)を通して熱水散布装置(b)に送られる。3:熱水が散布孔から土壤表面に散布されている状況。この写真では右方向にけん引される。ここでは被覆ポリシートを一部はずして撮影した。4:熱水散布状況の全体写真

第2表 元肥設計

	実証区				対照区					
	資材名	施用量 ( $g \cdot m^{-2}$ )	投入成分 ( $g \cdot m^{-2}$ )			資材名	施用量 ( $g \cdot m^{-2}$ )	投入成分 ( $g \cdot m^{-2}$ )		
			N	$P_2O_5$	$K_2O$			N	$P_2O_5$	$K_2O$
第1作 <sup>2</sup>	牛ふん堆肥 <sup>1</sup>	2000	4.7	9.4	15.0	牛ふん堆肥	2000	4.7	9.4	15.0
	ぼかし肥 <sup>3</sup>	311	15.3	21.1	5.0	CDU態窒素入り複合肥料 <sup>4</sup>	33.0	5.0	5.0	5.0
						重焼りん <sup>5</sup>	58.9		15.6	
	(成分合計)		20.0	30.5	20.0	(成分合計)		10.0	30.0	20.0
第2作 <sup>2</sup>	牛ふん堆肥	2000	4.7	9.4	15.0	牛ふん堆肥	2000	4.7	9.4	15.0
	ぼかし肥	340	15.3	21.1	5.0	CDU態窒素入り複合肥料 <sup>1</sup>	219.0	15.3	15.3	13.1
						重焼りん	15.0		5.3	
	(成分合計)		20.0	30.5	20.0	(成分合計)		20.0	30.0	28.1
第3作 <sup>2</sup>	牛ふん堆肥	1260	1.3	7.1	13.8	牛ふん堆肥	2000	2.1	11.3	21.9
	ぼかし肥	251	11.2	13.8	3.3	CDU態窒素入り複合肥料	241.0	16.9	16.9	14.4
	(成分合計)		12.6	20.9	17.1	(成分合計)		19.0	28.2	36.3

<sup>1</sup>第1及び2作の元肥は全面施用した。<sup>2</sup>第3作の対照区では全面施用としたが、実証区ではベット面施肥とし、ベット面1 $m^2$ 当たりN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=20.2:33.3:27.2g施用した。<sup>3</sup>牛ふん堆肥の肥効率はN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oの全成分に対し、それぞれ30、60及び90%とした。<sup>4</sup>第1及び2作でのぼかし肥の各資材の1 $m^2$ 当りの配合割合は、菜種油かす、魚かす粉末、蒸製骨粉、乾燥鶏ふん及び米ぬか油かすの順に、それぞれ120、150、40、40及び80gとし、第3作では同様に200、80、60、40及び80gとした。<sup>5</sup>窒素成分のうちの50%CDU態窒素として含有する複合りん加安(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15)。対照区の施肥量は、作付け前の土壌中の無機態窒素が27mg/100g乾土であったため、窒素施用量で10.3 $g \cdot m^{-2}$ の減肥とした。<sup>6</sup>苦土なし重焼りん(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=35)。<sup>7</sup>CDU態窒素が入った複合肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=7:7:6)。

は対照区のみ昼温を低夜温設定に合わせて午前23℃、午後20℃で管理した。

#### (6) 品質評価

品質分析用の供試試料には収穫適期に達した果実を使用した。第1作は1999年3月30日、4月25日及び5月25日に花房段位に関係なく1区3果ずつ、第2作は第1から14花房までの、第3作は第5及び10段花房の各花房段位からそれぞれ1区6果及び3果ずつ選び分析に供した。果実成分分析には、サンプリングしたトマト果実を極方向に4等分し、対角の2片を2重のガーゼを用いてハンドジュースで圧搾搾汁し、試料溶液として分析に用いた。

糖度は、試料溶液をデジタル糖度計（アタゴ、RX-1000）で測定した。果実に含まれる糖については、試料溶液を水で希釈後、0.45 $\mu m$ フィルターでろ過し、shim-pac101Cカラム（島津製作所）を用いた高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により分析した。HPLC分析における移動相には水を用い、移動相流速は1.0 $mL \cdot min^{-1}$ 、カラム温度は80℃に設定して示差屈折により検出した。

遊離有機酸含有量及び組成は、同じサンプルをHPLCポストカラムpH緩衝化法によりshim-pac102Hカラム（島津製作所）を用いて分析した。HPLC分析における移動相には5mM *p*-トルエンスルホン酸溶液を、緩衝液には20mM Bis-Tris、100 $\mu M$ エチレンジアミン四酢酸を含む5mM *p*-トルエンスルホン酸を用いて、カラム温度40℃、流量0.8 $mL \cdot min^{-1}$ で溶出し、電気伝導度により検出した。

ビタミンCは、第1及び2作では試料溶液を5%メタリン酸溶液で希釈後、ビタミンC計（アジノキ、FOOD ANALYZER NA-F031）で、また、第3作は同じサンプルを0.45 $\mu m$ フィルターでろ過した後、HPLCポストカラム誘導体化法により分析した。HPLC分析は、shim-pacSCR-101N（島津製作所）カラムを40℃に設定し、移動相には1mMエチレンジアミン四酢酸2ナトリウムを含む10mMシュウ酸ナトリウム緩衝液（pH3.8）を、反応液には50mM水素化ホウ素ナトリウムを含む100mM水酸化ナトリウム溶液を用いていずれも液流速1.0

mL・min<sup>-1</sup>で溶出し、300nmの吸収で検出し、還元型アスコルビン酸量を測定し、ビタミンC量とした。

アミノ酸は、試料溶液を1%スルホサリチル酸溶液で希釈し、0.45μmフィルターでろ過後、アミノ酸分析計（日本電子、JLC-300）を用いて分析した。

食味調査は、1999年4月15日に収穫適期の果実を収穫し、6～7日間、5℃で貯蔵したものをを用いて、1999年4月19日に当所で実施した科学技術週間に来所した一般県民209人をパネルに行った。調査項目として総合評価、色調、皮の硬さ、果肉の硬さ、甘味及び酸味の6項目を設定し、それぞれに5段階評価を与え、各区の点数を合計して評価した。

### (7) 病害虫防除

実証区では、JAS法（農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律）に基づく有機農産物日本農林規格の第4条（生産方法についての基準（別表2））に定められた農薬分類に属する農薬を用いた。防除は化学合成農薬を50%削減することを目標に体系を組み立てた。また、天敵の使用は、温度条件を考慮して2月以降とし、試験実施時点で登録確実なものを防除体系に組み込んだ。なお、育苗期間の使用農薬は農薬数のカウントからは対象外としたが、本圃に定植するまでの重要な防除ポイントであることから、効果的な農薬を選定した。

### (8) 労働科学解析

各種作業に関わる時間と消費エネルギー量は、男性被験者（1967年10月生、168cm、体重56kg、1998年4月現在農作業経験8年）の健康状態が良いときに測定した。作業時間測定にはストップウォッチを用い、消費エネルギー量測定には小林（1988）の携帯型エネルギー代謝連続測定装置を用いた。実証区及び対照区の10a当りの延べ作業時間及び消費エネルギー量は、得られた各値を作業体系に適合させることにより算出した。動力噴霧機による薬剤散布作業及びオンシツツヤコバチ割放飼作業の値は、深山ら（1998）の値を引用した。

### (9) 経済性評価

実証区と対照区でそれぞれ使用した諸資材のうち、種苗、肥料及び各種資材費については、農業協同組合、種苗商及び農業資材販売店における一般流通価格（聞き取り調査）、光熱水費は建設物価、農薬費は神奈川県病害虫雑草防除基準（当該年度版）の付表による推定価格、施設費及び農機具費は、農林水産省経済局統計情報部（1999）の農畜産業固定資産評価標準及び（社）日本農業機械化協会（1998、1999）の農業機械及び施設便覧により算定した。諸材料費は、耐用回数が2回以上のもの

は均等割として評価した。なお、耐用年数は、プラスチック製品は3年、鉄製で5年を目安に、当該作目に使用することを前提とした。施設費のうち、施設の償却費は残存価格を10%として、当該作目の在圃期間と想定される後作から負担率を70%と決め、次式及び下の表から算出した。なお、育苗ハウスは20%負担とした。

$$\{(取得価格 - 取得価格 \times 0.1) / \text{耐用年数}\} \times \text{負担率}$$

施設名	単位	年間償却費(円)	耐用年数(年)	取得価格
ガラス温室	10 a	1,188,000	15	19,800,000
育苗用パイプハウス	82㎡	54,000	8	480,000
温風暖房機	1台	111,600	5	620,000
一軸一層カーテンフィルム	10 a	69,200	15	1,153,333
かん水装置	10 a	56,720	8	504,178

農機具費は、施設トマト50a＋露地野菜50aの経営規模を想定し、それぞれ時間当りの農機具利用費を策定し、使用時間に乗じて算出した。機械の年償却費は、（社）日本農業機械化協会（1998）の高性能農業機械導入指針に準じ、機械に償却費・修理費・租税公課率・車庫費・保険料率を含めた。軽トラックについては、家から施設までの距離を0.5kmとし、定植時の苗運搬、防除、収穫物、資材及び農業機械の運搬作業に使用するものとした。

光熱水費のうち、暖房燃料使用量については、第1及び2作ではハウス内の温度変化データをもとに算出したが、第3作についてはA重油使用量の実測値をそのまま用いた。農機具使用時の燃料費については、各農機具別に単位時間当たりの燃料消費量及び電気使用量を定め、使用時間に乗じて算出した。潤滑油費は、ガソリンと軽油費用の合計に一律30%を乗じて算出した。

粗収入は市場出荷を想定した収量調査の結果と、第1及び3作については横浜中央卸売市場単価を、第2作については県内トマト出荷組合の規格別単価を用いて算出した。暖房費は、温湯暖房した第1及び2作についてはハウス内の温度データと暖房デグリアワーをもとにしたA重油換算値から、また、温風暖房機を使用した第3作は実際のA重油の消費量からそれぞれ算出した。

異なる栽培条件で生産されたトマトに対する消費者の価格意識調査は、2000年4月18日に当所で実施した科学技術週間の来所者を対象に行った。調査は、実証区で栽培されたトマトと対照区で栽培されたトマトをそれぞれ2個入りのパック詰めにし、前者のパックには栽培の内

容（有機農産物ガイドラインに基づく表示内容）を示すシールを添付して展示した。これらそれぞれについて、「安すぎて不安を感じて買わない価格」と「高すぎて買わない価格」を回答してもらい、購買確率の算出に用いた。

## 結 果

### 1. 生育及び収量

全作とも実証区におけるトマトの生育は順調で、‘玉

出し’により受光体勢を整えたこともあり、コンパクトで斉一な生育を示した（第3図）。一方、対照区では、10月15日まきとした第1作及び9月17日まきとした第2作は、昼夜温管理を実証区の日平均気温と同じになるよう設定したため、大きな昼夜温較差を生じ、やや生育が乱れた。収量については、‘ハウス桃太郎’及び‘ろくさんまる’いずれも、同じ処理区間では顕著な収量差は認められず、両品種とも実証区の方が対照区より1株当りで0.5～1.0kg程度多くなった（第3表）。自根苗と接ぎ木苗を比

第3表 各処理区における品種別生育状況、収量及び不良果の規格別割合

苗	処 理 区	草丈 <sup>z</sup> (cm)	収 穫 <sup>y</sup> 花房数	総収量 (kg/株)	良果率 (%)	不良果規格別割合				
						空洞	奇形	小果 <sup>v</sup>	尻腐他 <sup>x</sup>	
〈ハウス桃太郎〉										
自根	実証区	第1作	177	13.5	7.53	90	5	37	35	24
		第2作	— <sup>w</sup>	—	6.74	73	22	31	39	8
		第3作	—	—	6.21	65	20	35	33	12
	平均	177	13.5	6.83	76	16	34	36	14	
	対照区	第1作	145	12.6	6.60	63	65	9	17	9
		第2作	—	—	6.31	38	67	13	12	8
第3作		—	—	5.69	59	5	18	44	33	
平均	145	12.6	6.20	53	46	13	24	17		
接木	実証区	第1作	172	12.6	7.05	85	5	35	32	28
		第2作	—	—	5.96	69	21	32	42	5
		第3作	—	—	5.76	68	18	31	42	9
	平均	172	12.6	6.26	74	15	32	38	15	
	対照区	第1作	126	11.4	6.05	68	50	22	22	6
		第2作	—	—	5.63	43	58	19	14	9
第3作		—	—	5.37	56	12	28	31	29	
平均	126	11.4	5.68	56	40	23	22	15		
〈ろくさんまる〉										
自根	実証区	第1作	160	13.4	7.69	85	9	18	48	25
		第2作	—	—	7.86	66	29	43	22	6
		第3作	—	—	6.61	62	22	39	31	8
	平均	160	13.4	7.39	71	20	33	34	13	
	対照区	第1作	145	12.9	7.11	72	62	11	15	12
		第2作	—	—	6.12	43	55	17	14	12
第3作		—	—	6.01	55	5	18	35	42	
平均	145	12.9	6.41	57	41	16	21	22		
接木	実証区	第1作	154	13.0	7.46	85	11	31	30	28
		第2作	—	—	7.03	66	25	30	23	22
		第3作	—	—	6.18	66	15	39	35	11
	平均	154	13.0	6.89	72	17	33	29	21	
	対照区	第1作	131	12.5	6.36	71	51	22	7	20
		第2作	—	—	6.43	39	46	16	21	17
第3作		—	—	6.04	53	13	14	28	45	
平均	131	12.5	6.28	54	37	17	19	27		

<sup>z</sup>第1作目の1999年2月15日調査、<sup>y</sup>100g未満の果実、<sup>x</sup>尻腐果、すじ腐果及び灰色かび病罹病果を含む、<sup>w</sup>調査せず



較すると、両品種とも第1作は同時定植したが、第2及び3作では、接ぎ木処理に伴う生育遅延のため接ぎ木苗の定植を白根苗よりそれぞれ9日及び7日遅くした。その結果、両品種とも収穫開始期は白根区の方が接ぎ木区より10日程度早くなり、以後この生育差がそのまま生育後期まで持ち越されたため、総収量は白根区が接ぎ木区より収穫花房数で1~2花房、収量では0.5~1.0kg/株程度多くなった(第3表)。

上果率はいずれの年度とも品種、白根・接ぎ木処理にかかわらずマルハナバチにより着果させた実証区が高く、昼夜温差をつけてPCPA剤で着果させた対照区では空洞果の発生等により低くなった。奇形果及び小果の発生程度については、いずれの年度とも、処理区、品種及び育苗処理にかかわらず有意な差は認められなかった(第3表)。なお、低夜温管理でPCPA剤により着果させる場合には‘ろくさんまる’の方が収量が安定する傾向が認められた。

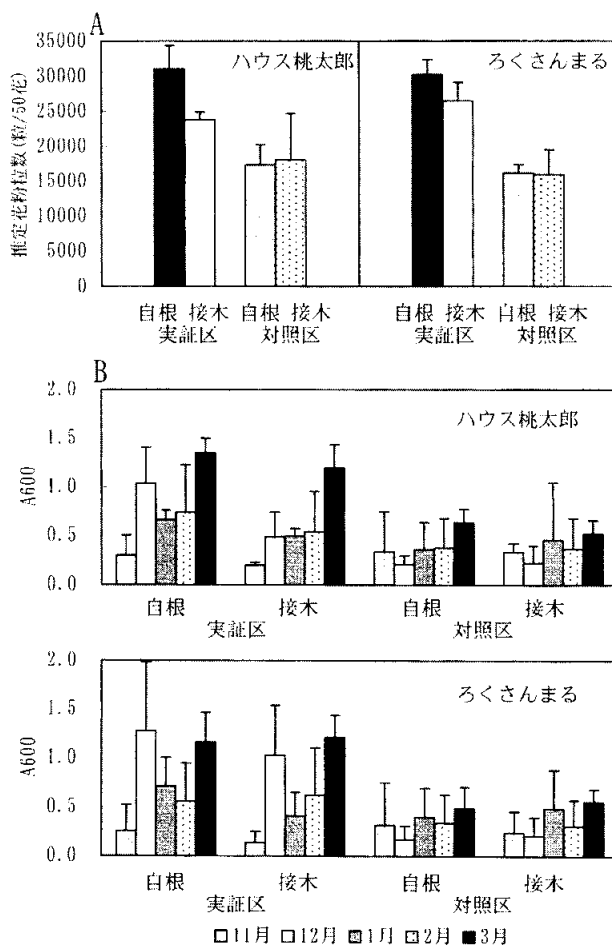
2. 花粉生成

マルハナバチを受粉に用いる場合、作期を通して正常な花粉が十分量生成しないと安定した着果が得られない。そこで、ここでは温室内の温度管理と生育ステージあるいは時期が花粉の生理活性及び生成量に及ぼす影響について検討した。

花粉の生理活性については、いずれの試験区においても、品種、自根・接ぎ木処理にかかわらず、回収された



第3図 実証区におけるトマトの生育状況  
2001年2月26日撮影。品種は‘ハウス桃太郎’



第4図 処理区・品種別の累積花粉粒数(A)および時期別花粉生成量(B)  
数値は第2及び第3作の平均値で、バーは標準偏差を示す。

花粉の86.1~95.7%でFDA染色による緑色蛍光が認められた。FDAは生細胞に取り込まれた場合にのみ、細胞質内に存在するグリコシダーゼにより分解されて特異的な緑色蛍光を発する(浅田・北 2001)。したがって、振動によって落下してくる花粉については、少なくとも夜温設定の違いには影響されず、また品種間差も認められないことが明らかになった。

花粉累積生成量を第2及び3作で比較したところ(第4図)、両品種とも最低夜温を10℃に設定した実証区が同8℃で管理した対照区より1.3~1.9倍多くなった。白根と接ぎ木区間を比較すると、対照区では花粉累積生成量に差は認められなかったが、実証区では白根区の方がやや多い傾向を示した。時期別の花粉生成量について比較したところ、両品種とも実証区では1~2月の厳冬期でも十分な量の花粉が生成していたのに対し、8℃に設定した対照区では花粉量が有意に少なかった。光が強くなり、温度も上がる3月に入ると、両区、両品種とも花粉の生

第4表 果実成分と食味評価

処理区	糖度 <sup>*</sup>	有機酸 <sup>*</sup>	ビタミンC <sup>*</sup>	総アミノ酸 <sup>*</sup>	グルタミン酸 <sup>*</sup>	食味総合評価
〈ハウス桃太郎〉						
自根 実証区	5.04	0.61	20.1	292	169	706
自根 対照区	5.69	0.62	17.8	479	262	723
接木 実証区	5.10	0.64	19.7	310	180	664
接木 対照区	5.57	0.60	17.1	469	255	661
〈ろくさんまる〉						
自根 実証区	4.76	0.58	20.3	262	147	647
自根 対照区	5.18	0.57	18.2	401	214	683
接木 実証区	4.78	0.61	20.3	292	166	671
接木 対照区	5.26	0.59	17.9	416	197	654

\*Brix%, %%, \*mg・100mL<sup>-1</sup>

成量は増加した。なお、第1作ではセイヨウオオマルハナバチを、また、第2及び3作では、当所飼育の在来種クロマルハナバチを及び市販のクロマルハナバチをそれぞれ使用したが、着果率には全く差は認められなかった。

### 3. 品質評価

#### (1) 果実品質

糖度計測定による糖度については、同一品種内では自根と接ぎ木との間に差は認められなかったが、実証区と対照区とを比較すると対照区の方がやや高い傾向を示した。糖度計で測定できる数値は、果実に含まれる糖以外の可溶性固形成分を含む合計値を示すものであるため、実際の遊離糖含有量及び組成を分析したところ、品種あるいは自根・接ぎ木処理間には有意な差は認められず、いずれもブドウ糖と果糖がおおよそ1:1の割合で存在した。有機酸含量は個体による変異が大きく、変動係数はいずれの区とも40%に達した。しかし、品種、試験区間で比べると、いずれも有機酸含量約0.6%と有意な差は認められなかった。なお、有機酸のほとんどはクエン酸であり、量は少ないもののリンゴ酸がこれに次いだ(第4表)。

ビタミンCについては、両品種とも、実証区と対照区では実証区の方が、自根区と接ぎ木区では自根区の方が高い傾向を示した(第4表)。全作の平均値では、統計的な有意差は認められなかったが、第3作については実証区の‘ハウス桃太郎’の自根及び接ぎ木でそれぞれ1及び5%水準で、また同‘ろくさんまる’の自根で1%水準で対照区より有意に高くなった(データは掲載せず)。

アミノ酸のうちトマトのうまみ味に関与するとされるグルタミン酸含量は、総遊離アミノ酸のうちの50~60%を占めていた。実証区と対照区とを比較すると対照区の方が高い傾向を示し、品種間でみると‘ハウス桃太郎’

が高い傾向を示した。総遊離アミノ酸含量についてもグルタミン酸と同様の傾向を示した。

試料の赤道面の4点を果実硬度計(藤原製作所、果実硬度計KM-1)で測定し、その平均値を硬度値として果実硬度を評価したところ、収穫直後の測定ではいずれも約0.6kgを示し、品種及び試験区間に差は認められなかった。

#### (2) 食味調査

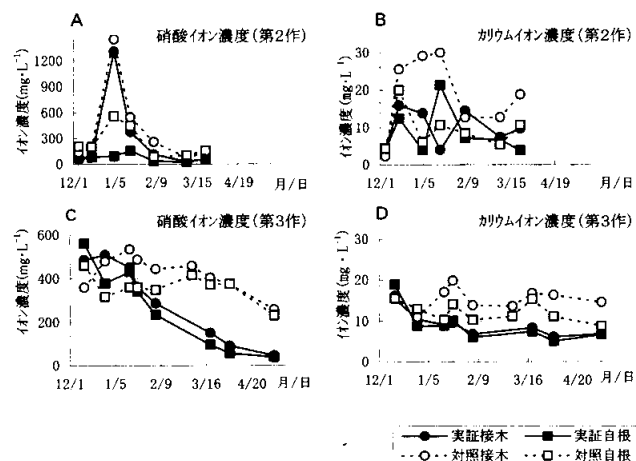
当所で行われた科学技術週間来所者を対象にした食味調査の結果、色調は対照区の評価が高い傾向に、果皮の硬さは実証区が軟らかい傾向にあったが、果肉の硬さでは一定の傾向は認められなかった。甘味は実証区が対照区より強い傾向にあったが、酸味は実証区の方が弱い傾向を示した(データは掲載せず)。総合評価では、対照区の自根‘ハウス桃太郎’が最も良く、実証区の自根‘ハウス桃太郎’がこれに次いだ(第4表)。また、総合評価を目的変数に、他の項目を説明変数に重回帰分析を行ったところ、次に示す式1が得られた。

$$\text{総合評価} = 1.5 \times [\text{甘味}] - 0.9 [\text{酸味}] + 0.7 [\text{果肉の硬さ}] - 137 \quad [\text{式1}]$$

この式1から、トマト食味の総合評価は甘味、酸味及び果肉の硬さの3要因で表すことができ、甘味と果肉の硬さはプラスに、酸味はマイナスに作用していることが示された。

#### 4. 有機質肥料と土壌抽出液診断に基づいた肥培管理

3か年を通じて、土壌抽出液中の硝酸イオンとカリウムイオン濃度は、対照区よりも実証区の方が低く推移し、自根区よりも接ぎ木区の方が低く推移する傾向を示した。特に、第2作の1回目の追肥を実証区ではぼかし肥、対照区では配合肥料を窒素成分で4.0g・m<sup>-2</sup>で与えたところ、



第5図 リアルタイム土壌診断による土壌抽出液中のイオン濃度

第5表 第2及び第3作における施肥量とその有機質代替率及び化学肥料削減率

項目	自 根						接 木					
	実証区			対照区			実証区			対照区		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
元肥施肥量 <sup>2</sup>	12.6	20.9	17.1	19.0	28.2	36.3	12.6	20.9	17.1	19.0	28.2	36.3
追肥施肥量 <sup>2</sup>	3.6	0.0	6.7	2.5	0.0	4.0	3.6	0.0	6.7	2.0	0.0	3.0
化学肥料量 <sup>2</sup>	3.6	0.0	6.7	12.2	9.6	18.4	3.6	0.0	6.7	11.6	9.6	17.4
有機質肥料量 <sup>2</sup>	12.6	20.9	17.1	9.4	18.5	21.9	12.6	20.9	17.1	9.4	18.5	21.9
総施肥量 <sup>2</sup>	16.2	20.9	23.8	21.5	28.2	40.3	16.2	20.9	23.8	21.0	28.2	39.3
有機質代替率(%) <sup>3</sup>	77.8	100.0	71.8	43.5	65.8	54.3	77.8	100.0	71.8	44.6	65.8	55.7
化学肥料削減率(%) <sup>4</sup>	70.4	100.0	63.7				69.1	100.0	61.6			

<sup>2</sup>g・m<sup>-2</sup>, <sup>3</sup>有機質代替率(%)=有機質肥料量/総施肥量×100 <sup>4</sup>化学肥料削減率(%)=(対照区化学肥料量-実証区化学肥料量)/対照区化学肥料量×100

2000年1月上旬に実証区と対照区の接木区で土壌抽出液中の硝酸イオン濃度が急激に増加した(第5図A)。同様に、対照区の接ぎ木区でもカリウムイオンは増加したまま経過した(第5図B)。一方、追肥をすべて液肥で行った第3作は、実証区で極端なイオン濃度の変動は起こらなかった(第5図C,D)。このことから、実証区で行ったように、追肥にはすべて液肥を用い、リアルタイム土壌診断を行うことによって、追肥回数は5~7回と対照区に比べ3回程度多くなるものの、土壌中のイオン濃度を常に低い状態で管理できることが明らかになった。

基肥を標準量投入した第2及び第3作の総施肥量を第5表に示した。その結果、対照区に用いたCDU入り配合肥料中の有機質の割合をN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>Oで3:3:0とすると、各区のN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oの各施肥量に対する有機質代替率は、第3作では実証区の自根区でそれぞれ77.8、100及び71.8%、対照区の自根区で43.5、65.8及び54.3%、実証区の接ぎ木区で77.8、100及び71.8%、対照区の接ぎ木区で44.6、65.8及び55.7%となった。さらに、対照区に対する実証区の化学肥料削減割合を算出するとN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びK<sub>2</sub>Oでそれぞれ自根区では70.4、100及び63.7%、接ぎ木区では69.1、100及び61.6%となった。特に第3作では、実証区の堆肥をベツト施用し、ぼかし肥を局部施用したことにより、総施肥量も25%削減することができた。

### 5. 熱水土壌消毒の効果

ここでは、熱水土壌消毒による土壌病害抑止効果が実際にどの程度、どのくらいの期間有効であるかについて検討した。

熱水処理後の各土壌深度における地温の継続時間を第6表に示した。深度30cmにおいては、トマト萎凋病菌

の死滅温度である55℃以上が22時間継続した。主要な土壌病原菌の埋設試験では、トマト苗及びキュウリ種子を用いた生物検定の結果、いずれの病害も埋設深度30cmまでは全く発病せず、50、70cmにおいても高い殺菌効果が認められた(第7表)。選択培地を用いて、埋設したトマト萎凋病菌密度の消毒による変動を測定したところ、埋設深度30cmまでは検出されず(検出限界:<10<sup>1</sup>cfu・g<sup>-1</sup>dry soil)、50cmにおいても無処理に比べて菌数が10<sup>-5</sup>程度まで減少した(第7表)。

次に、熱水処理後に栽培したトマトにおける土壌病害発生状況を、第1作は1999年6月30日、第2作は2000年6月29日及び第3作は2001年6月29日の栽培終了日に根を抜き、根部を十分水洗いして調査した。その結果、対照区ではカーバムナトリウム剤処理した第2作及びクロルピクリン処理した第3作ともに、被害程度は低いものの、褐色根腐病が発生した。一方、熱水消毒した実証区では、処理後第2作までは全く土壌病害の発生は認められず、第3

土壌深度 (cm)	最高温度 (°C)	温度(°C) 別継続時間(hr) <sup>3</sup>						
		>90	>80	>70	>60	>55	>50	>40
10	92.4	2.0	7.0	11.0	15.0	18.5	31.0	57.5
20	80.8	—	—	10.0	18.0	25.0	35.0	63.5
30	65.3	—	—	—	—	22.0	35.0	74.5
40	46.2	—	—	—	—	—	—	55.5
50	43.5	—	—	—	—	—	—	35.5

<sup>2</sup>測定は施設(南北棟入口北側)の中心と中心より2m西側の2地点で行いその平均値を示した。<sup>3</sup>熱水土壌処理後9日間測定した。

第7表 埋設汚染土中の各種病原菌に対する熱水土壤消毒効果

処 理	埋設 深度 (cm)	発 病 度 (生物検定)					菌密度 <sup>4</sup> (cfu·g <sup>-1</sup> dry soil)
		トマト 萎凋病菌 <sup>1</sup>	トマト 半身萎凋病菌 <sup>2</sup>	トマト 褐色根腐病菌 <sup>3</sup>	ウリ科野菜 ホモブシ根腐病菌 <sup>3</sup>	リゾクトニア 苗立枯病菌 <sup>3</sup>	
熱水処理	10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	50	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4×10 <sup>2</sup>
	70	8.3	0.0	0.0	0.0	20.0	2.9×10 <sup>1</sup>
無 処 理		45.8	0.0	29.2	100	45.0	4.7×10 <sup>7</sup>

<sup>1</sup>駒田培地を用いて土壤中の菌密度を測定した。0.0：検出限界(10<sup>1</sup>cfu·g<sup>-1</sup> dry soil)以下。<sup>2</sup>1区にトマト苗8株を断根し汚染土に移植し、発病指数より算出した。<sup>3</sup>1区にトマト苗8株を断根し汚染土に移植し、発病指数より算出した。<sup>4</sup>1区にキュウリ種子8粒を汚染土に播種し、発病指数より算出した。<sup>5</sup>1区にキュウリ種子8粒を汚染土に播種し、発病指数より算出した。発病指数は次のとおり。0：健全、1：胚軸・根に小さい病斑が認められる、2：胚軸・根全体に病斑が認められる、3：萎凋及び枯死

第8表 熱水土壤消毒後におけるトマト褐色根腐病発病度<sup>2</sup>の年次変動

栽 培	実 証 区 (熱水処理)				対 照 区 (農薬処理)				対照区使用薬剤 <sup>3</sup>
	ハウス桃太郎		ろくさんまる		ハウス桃太郎		ろくさんまる		
	自根	接木	自根	接木	自根	接木	自根	接木	
第1作	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ダゾメット粉粒剤 <sup>3</sup>
第2作	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	カーバムナトリウム塩液剤 <sup>3</sup>
第3作	16.3	7.5	19.2	17.5	7.3	1.7	13.3	6.7	クロリピクリンくん蒸剤 <sup>3</sup>

<sup>1</sup>発病指数は、0：無発病、1：発病根25%未満、2：発病根25%～49%、3：発病根50%～74%、4：発病根75%以上とし、  
<sup>2</sup>発病度は、 $\Sigma(\text{程度別発病葉数} \times \text{指数}) / (4 \times \text{調査用数}) \times 100$ から算出した。<sup>3</sup>各作定植前に処理した。<sup>4</sup>バスアミド微粒剤、  
<sup>5</sup>キルパー、<sup>6</sup>クロリピクリンテープ

作においても褐色根腐病の発生が確認されたものの、収量に全く影響しない程度の極めて低い発病度で、毎年化学合成農薬により土壤消毒を行った対照区と比較しても、同等以上の発病抑止効果を示した(第8表)。

## 6. 生物農薬の利用と防除体系の確立

### (1) オンシツツヤコバチの防除効果

施設トマト栽培で重要な害虫であるオンシツコナジラミ(*Trialeurodes vaporariorum*)に注目し、その天敵であるオンシツツヤコバチ(*Encarsia formosa*)製剤を利用した防除体系について検討した。コナジラミの種類は、トマト複葉上に寄生する蛹(4齢幼虫)を栽培期間中約10日に1度、目視により調査したところすべてオンシツコナジラミであった。コナジラミ類成虫の発生長を、温室内3箇所を設置した10×15cmの大きさの黄色粘着トラップを用いて調査した結果、第1作ではオンシツツヤコバチ剤放飼のタイミングとオンシツコナジラミの発生長とが合わずに的確な防除はできなかった。そこで第2作では、温室内の平均気温が上昇してくる2月下旬から、オンシツツヤコバチの発生長のパターンをも

とに、7日間隔で4回放飼した。第3作では、黄色粘着トラップを用いてオンシツコナジラミの誘殺数を把握しながら、2月下旬から7日間隔で3回放飼し、さらに成虫の発生数を確認しながら、3月29日に第4回目を放飼した。その結果、放飼したオンシツツヤコバチは、3月中旬から4月上旬にかけてオンシツコナジラミに寄生し、4月中旬にオンシツコナジラミの発生ピークが認められた。しかし、その後は急速に発生個体数が減少し、4月下旬以降6月末の収穫終了時まで安定した密度抑制効果が認められた(第6図)。なお、この第3作の対照区では、最近普及が進んでいるピリプロキシフェン剤(pyriproxyfen)のテープ製剤を定植直後から使用したため、オンシツコナジラミはほとんど発生しなかった。

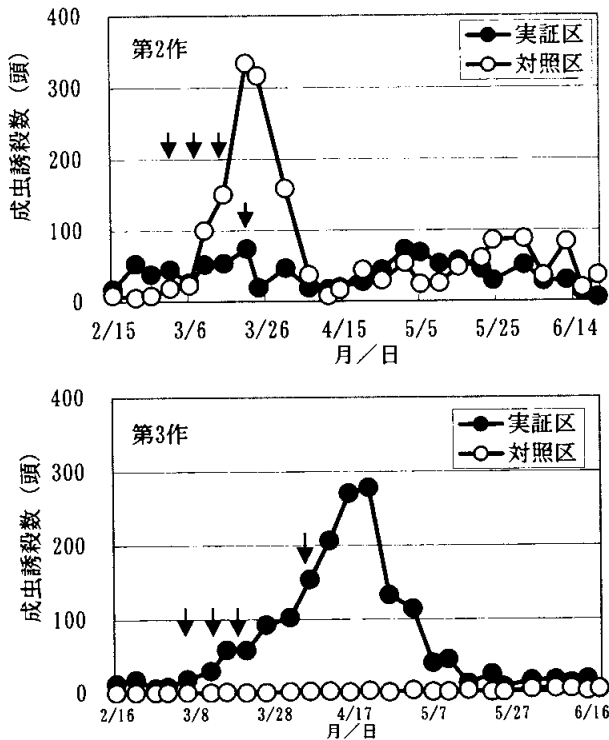
### (2) 農薬散布回数の削減率

防除体系の実例として第9表に第2作で実施した実証区と対照区の防除実績を示した。◎印はJAS法による有機農産物の生産方法として使用が認められている農薬を、また、●はそのうち生物農薬を示している。また、神奈川県病害虫雑草防除基準(2001)に基づいて、化学合成

第9表 農薬処理歴(第2作)

			実証区			対照区			
月	日	薬剤名 <sup>2</sup>	倍率等	散布量	薬剤名 <sup>2</sup>	倍率等	散布量		
土壌消毒			なし(熱水消毒2年目)			カーバムナトリウム塩液剤			
育苗	10	19	(240株)			(240株)			
			○フルフェノクスロン乳剤	×3000	3L	18	○フルフェノクスロン乳剤	×3000	3L
		21	エマメクチン安息香酸塩	×2000	21	エマメクチン安息香酸塩	×2000		
本圃	11	9	(10a)			(10a)			
			○ピメトロジン粒剤	1g/株	1450g	9	○ピメトロジン粒剤	1g/株	1450g
			●B T顆粒水和剤	×1000	50L	●B T顆粒水和剤	×1000	50L	
				ケルセン乳剤	×2000	12L	ケルセン乳剤	×2000	12L
				(* * スポット)			(スポット) <sup>2)</sup>		
		15	マンゼブ水和剤	×800	50L	15	マンゼブ水和剤	×800	50L
			●B T顆粒水和剤	×1000			●B T顆粒水和剤	×1000	
		26	◎水和硫黄剤	×400	70L	26	◎水和硫黄剤	×400	70L
	12	1	4	_____			_____		
	◎水和硫黄剤			×400	250L	4	イプロジオン水和剤	×1000	250L
				○ピメトロジン水和剤	×3000		◎水和硫黄剤	×400	
			21	◎水和硫黄剤	×400	250L	21	アセタミプリド水溶剤	×2000
						ジエトフェンカルブ・	×1500	250L	
						チオファネートメチル水和剤			
						◎水和硫黄剤	×400		
	2	4	●バチルス属細菌水和剤	×1000	250L	4	メバニピリムフロアブル	×2000	250L
			キノキサリン系水和剤	×1500			キノキサリン系水和剤	×1500	
			○ピメトロジン水和剤	×3000					
		7	○ブプロフェジン水和剤	×1000	250L	14	イプロジオン水和剤	×1000	250L
		14	●バチルス属細菌水和剤	×1000	250L	23	○ブプロフェジン水和剤	×1000	
		23	●バチルス属細菌水和剤	×1000	250L		イミノクタジンアルベシル酸塩	×1000	250L
			○ピメトロジン水和剤	×3000					
		24	●オンシツツヤコバチ剤	1カード/30株 60カード					
	3	2	_____			_____			
			9	●オンシツツヤコバチ剤	1カード/30株 60カード	6	イプロジオン水和剤	×1000	300L
				●オンシツツヤコバチ剤	1カード/30株 60カード		○ピメトロジン水和剤	×3000	
			16	●オンシツツヤコバチ剤	1カード/30株 60カード	17	ポリオキシシン水和剤	×2500	300L
		28	トリフルミゾール水和剤	×3000	300L		キノキサリン系水和剤	×1500	
						27	ジエトフェンカルブ・	×1000	300L
							チオファネートメチル水和剤		
							○ブプロフェジン水和剤	×1000	
							アセタミプリド水溶剤	×2000	
	4	27	_____			_____			
			6	マンゼブ水和剤	×800	10L	6	フルジオキノニルフロアブル	×1000
			(* * スポット)				エトフェンプロックス乳剤	×1000	
						18	ジエトフェンカルブ・	×1000	300L
							チオファネートメチル水和剤		
							イミダクプリド水和剤	×2000	
						27	イミノクタジンアルベシル酸塩	×6000	300L
							キノキサリン系水和剤	×1500	
	5	16	_____			_____			
			16	○ルフェヌロン乳剤	×2000	300L	16	メバニピリムフロアブル	×2000
							○ブプロフェジン水和剤	×1000	
6	_____			_____			_____		

○印：化学合成農薬のうち、具病害虫雑草防除基準に基づく環境保全型防除薬剤、◎印：JAS法による使用が認められた農薬  
 (●：うち生物農薬)、<sup>2)</sup>被害株のみスポット散布



第6図 オンシツコナジラミ成虫発生長<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>黄色粘着シート(10cm×15cm)平均誘殺頭数  
 矢印はオンシツヤコバチ剤放飼時期を示す。

農薬の中で天敵等に影響の少ないIGR剤等の農薬を環境保全型防除薬剤として○印で示した。この分類に基づいて各作で実施した防除体系を評価した結果、実証区ではいずれの作とも、延べ使用薬剤数でJAS法に基づく化学合成農薬削減率は51.7%以上となり、目標を達成することができた。また、本県病害虫雑草防除基準に基づく通常防除農薬削減率では、実証区のいずれの作とも延べ使用薬剤数で72.2%以上となった(第10表)。

## 7. 作業性

環境保全型栽培の作業性を評価するため、実証区と対照区の防除、施肥及び着果作業について労働科学的な解析を加えた。

動力噴霧機による薬剤散布回数は、3作とも実証区の方が対照区より少なくなったことから、延べ作業時間は21～58%減に、また消費エネルギー量では21～59%減になった(第11表)。施肥作業については、実証区でばかり肥作成作業が加わることで、あるいは施肥する肥料の重量が重くなったため労働負担は増加し、延べ作業時間及び消費エネルギー量は対照区より実証区の方が多くなった。一方、着果作業については、実証区ではマルハナバチを用いたため、PCPA剤処理した対照区と比較して、延べ作業時間では3作とも91%減、消費エネルギー量でも88～89%減と大幅な時間短縮ならびに労働負荷軽減が達成された。

## 8. 経済性

### (1) 環境保全栽培体系の経済性

経済性の試算結果を第12表に示した。粗収入は、収量をそのまま反映し、いずれの作も実証区が対照区より、また、接ぎ木区より自根区の方が多くなった。また、平均単価は上果率が高くなった実証区が対照区を上回った。

肥料費はいずれの年度とも実証区が2割程度低くなったが、防除費については第1及び2作は実証区の方が、第3作は対照区の方が高くなった。防除費のうち土壤消毒関係費についてみると、3年間の合計では実証区が222千円、対照区が322千円となり、対照区の方が高くなった。対照区の第3作では土壤消毒にクロルピクリンのテープ剤を用いたが、これをくん蒸剤に置き替えたとする

第10表 各作における本圃でを使用した化学合成農薬剤数及びその削減実績

区分	項目	第1作		第2作		第3作	
		実証区	対照区	実証区	対照区	実証区	対照区
	延べ使用薬剤数合計	14	13	23	31	14	20
JAS法 <sup>2</sup>	使用可の農薬 <sup>3</sup>	11	0	9	2	5	0
	化学合成農薬	3	13	14	29	9	20
	化学農薬削減率(%)	76.9		51.7		55.0	
防除 <sup>4</sup> 基準	環境保全型防除 <sup>5</sup>	12	2	18	10	9	2
	通常防除 <sup>6</sup>	2	11	5	21	5	18
	通常防除薬剤削減率(%)	81.8		76.2		72.2	

<sup>2</sup>農林物資の規格化及び品質表示の適正化に関する法律(JAS法)、<sup>3</sup>神奈川県病害虫雑草防除基準、<sup>4</sup>JAS法により使用が認められた農薬、<sup>5</sup>神奈川県病害虫雑草防除基準(平成13年度版)において環境保全型防除として位置づけられている農薬、<sup>6</sup>神奈川県病害虫雑草防除基準(平成13年度版)において通常防除薬剤として位置づけられている農薬

第11表 防除、施肥及び受粉作業の作業時間と消費エネルギー量

栽培 作業内容	延べ作業時間 <sup>a</sup>		消費エネルギー量 <sup>b</sup>	
	実証区	対照区	実証区	対照区
第1作				
防除 <sup>c</sup>	19	31	2,820	4,679
施肥 <sup>d</sup>	7	4	1,194	839
受粉 <sup>e</sup>	4	49	928	8,756
合計	30	84	4,942	14,274
比(%)	36	100	35	100
第2作				
防除 <sup>c</sup>	52	65	7,732	9,802
施肥 <sup>d</sup>	8	4	1,487	910
受粉 <sup>e</sup>	5	49	1,031	8,756
合計	65	118	10,250	19,468
比(%)	55	100	53	100
第3作				
防除 <sup>c</sup>	24	57	3,586	8,641
施肥 <sup>d</sup>	7	3	990	382
受粉 <sup>e</sup>	5	49	982	8,756
合計	36	109	5,558	17,779
比(%)	33	100	31	100

<sup>a</sup>人・hr・10a<sup>-1</sup>, <sup>b</sup>kcal・10a<sup>-1</sup> <sup>c</sup>,<sup>d</sup>,<sup>e</sup>圃場に関わる作業のみ、準備、片づけ作業は含まない、<sup>c</sup>,<sup>e</sup>定植以後のみ、<sup>d</sup>元肥は散布作業のみ、耕うんは含まない。

103千円となるので、使用する薬剤の選択によっては前2作同様に実証区の方がより経費がかかることになる。

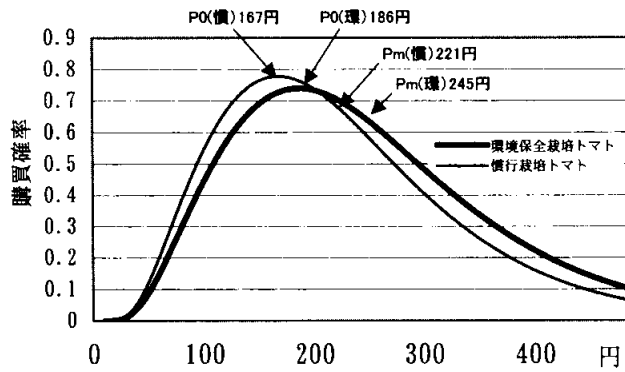
薬剤費は、第1及び2作では実証区の方が、第3作では対照区の方が高くなり、第1及び3作では実証区と対照区の間大きな差が生じた。第1作については、実証区での天敵農薬使用量が適正值を越えたため、結果として13万8千円と高額になった。一方、第2及び3作ではこの点が改善され、標準的な使用量により経費の低減化が達成された。対照区の第3作ではピリプロキシフェン剤を使用量の上限値で用いたが、これを下限値まで減らせば薬剤費は5万6千円まで減額され、実証区に近い値となる。しかし、3作を総合的に見てみると防除費については実証区の方がやや高いという結果となった。

資材費はいずれの作とも実証区が高くなった。資材費のうち着果関係費における実証区と対照区の差は、それぞれマルハナバチとPCPA剤の価格差によるものである。水道光熱費は生産物財費の2割を占め、そのうちの8割が暖房費となっている。実証区の暖房費は、マルハナバチを利用するため最低夜温を対照区より2°C高く管理した結果、いずれの作とも対照区に比べ10~30%高くなった。このように暖房費は固定費を除いた費用、すなわちキャッシュフローを伴う費用の4割以上を占めており、経営成

第12表 経 済 性

項 目	第 1 作		第 2 作				第 3 作					
	実証区		対照区		実証区		対照区		実証区		対照区	
	自根	接木	自根	接木	自根	接木	自根	接木	自根	接木	自根	接木
収 量 (kg)	15,491	14,234	13,332	12,219	13,627	12,041	12,731	11,374	12,035	11,328	9,597	9,510
粗収入 (千円)	4,291	3,744	3,186	2,945	3,200	2,419	2,222	1,845	3,436	3,154	2,689	2,565
平均単価 (円/kg)	277	263	239	241	235	201	175	162	286	278	280	270
生産物財費 (千円)	1,915	1,963	1,681	1,728	1,832	1,879	1,655	1,700	1,923	1,970	2,019	2,066
肥 料 費	59	59	73	73	50	50	64	62	26	26	32	32
防 除 費	220	220	76	76	161	161	105	105	140	140	402	402
土壤消毒関係費	74	74	29	29	74	74	23	23	74	74	270	270
薬 剤 費	138	138	35	35	65	65	55	55	47	47	107	107
防除機械費・燃料費	8	8	13	13	22	22	27	27	18	18	24	24
資 材 費	163	211	80	127	135	183	76	123	150	198	76	123
種苗関係費	48	93	48	93	54	101	54	101	54	101	54	101
着果関係費	90	90	6	6	66	66	6	6	81	81	6	6
水道光熱費 <sup>a</sup>	384	384	364	364	397	397	321	321	518	518	421	421
暖 房 費	313	313	293	293	326	326	250	250	447	447	350	350
機 械 費 <sup>b</sup>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
施 設 費 <sup>c</sup>	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063	1,063

<sup>a</sup>防除に関係するものは含まない、<sup>b</sup>経営規模を施設トマト 50a+露地畑 50aと想定し、施設費は施設の償却費の残存価格を10%、負担率を70%と決めて算出した(算出方法は本文参照)。育苗ハウスは20%負担とした。



第7図 購買反応曲線

$P_0$ : 購買確率が最大となる価格

$P_m$ : 購買確率と価格の積が最大となる価格

績において温度管理の影響が大きいことが明らかになった。

生産物財費を合計すると、第1及び2作は対照区より実証区の方が高くなったものの、第3作目はほぼ同等となった。粗収入・生産物財費から判断すると、収益性は実証区自根が一番高く、実証区接ぎ木がこれに次ぎ、対照区は自根、接ぎ木ともに実証区には及ばなかった。

このように実証区では、生産物財費は対照区に比べ高くなるものの、収量が多く収益性が高いため、経済性は少なくとも対照区と同等となった。

## (2) 環境保全栽培によって生産されたトマトに対する消費者の価格意識

異なる栽培条件で生産されたトマトに対する消費者の価格意識を調査することにより商品性の評価を行った。有機農産物ガイドラインに基づく表示内容を示した実証区のトマト及び対照区の慣行栽培トマトについて、「安すぎて不安を感じて買わない価格」と「高すぎて買わない価格」の自然対数の平均値と標準偏差による累積対数正規分布から、高すぎて買わない確率 $H(x)$ と安すぎる確率 $L(x)$ を求め、式2に示す購買反応曲線を作成した。

購買反応曲線  $B(x) = 1 - H(x) - L(x)$  [式2]

この式2はランダムに選ばれた消費者が価格 $x$ を適切と考える確率を示している(片平 1994)。この購買反応曲線において、購買確率が最大となる価格 $P_0$ は、最も多くの人がある商品について適正と考える価格を表している。これが $P_0$ より低くなると安すぎて購入しない人が増えて購買確率が減少し、逆に高くなると高すぎて購入しない人が増えて購入確率が減少する。また、曲線上で購

買確率と価格の積が最大になる価格 $P_m$ は、経営的に最も有利となる価格を表わす。

アンケート調査の有効回答数は254で、女性の割合が高く、年齢は50代が中心となった。調査の結果をもとに作成した購買反応曲線を第7図に示した。図からも明らかのように、 $P_0$ 及び $P_m$ は、対照区ではそれぞれ167円及び221円、実証区では同じく186円(対照区の113.8%)及び245円(同108.6%)と算出された。また、2曲線の交点の価格は202円となったことから、それ以上の価格であれば同じ価格の場合、実証区のトマトの方の購買確率が高くなることが明らかになった。

## 考 察

神奈川県内では、1999年度現在、施設を利用したトマト栽培が延べ93.3haで行なわれている。このような状況の中で神奈川県は、2006年までに現在の化学肥料及び化学合成農薬の使用量(成分量)を30%削減することを目標に、県全体で環境にやさしい持続可能な環境保全型農業の実現に向けた取り組みを進めている。当所では、施設トマト栽培においてこの目標を達成するため、平成10年度から生産者に即導入できる環境保全型栽培体系を設計し、それを実証するためのプロジェクト研究を3年間にわたり取り組んだ。本研究では、化学合成農薬・肥料を用いた従来の栽培体系を対照に、熱水土壤消毒や有機物の重点施用、マルハナバチや天敵の利活用等の個別技術を組み合わせた一貫栽培体系としての実証区を設け、生育、収量、肥料・農薬等の使用量から、投下労力、生産物の品質、経済性等を含めて総合的に把握することにより、施設トマト栽培における今後の環境保全型農業の推進方向や問題点を明らかにしようとした。その結果、化学合成農薬・肥料を50%以上減らしてもこれまでの慣行栽培と同等の収量、品質が確保できること、また、経営的には少なくとも同等、有利販売ができれば同等以上の収益性をあげられる可能性があることが明らかになった。

今回組み立てた環境保全型の施設トマト栽培技術体系の成果を個別に検討してみるといくつかの技術的な特徴が抽出される。第1の特徴として、施設の温度管理とマルハナバチの利用があげられる(岩崎1995, 浅田1998, 浅田・北2001)。実証区では対照区より最低夜温を2℃高く管理したが、この2℃の違いはトマトの生育を旺盛にし、果実肥大を促進した。加えて、安定した花粉生成は空洞果の発生を抑え、果実品質の向上に寄与した。その結果、実証区では、品種、自根・接ぎ木処理にかかわら



ず対照区に比べ収量が増加するとともに、上果率も高くなった。これは、実質的な粗収入の増加という点で経済性に直接的に影響し、夜温を2°C高く管理することに伴う燃料費の増加を上回る増収効果となって現れた。このことは、施設トマト栽培におけるこれまでの温度管理方法について再検討する余地があることを示唆するものである。実際には、トマトの市場価格の年次変動があるため、各年度の加温期に、慣行より2°C高い管理ができるかどうかは心情的には難しい面もあるが、複数年次で考えれば収量が安定するだけでも経済的にはプラスに働くはずである。これに、いわゆる環境保全型栽培による農産物としての付加価値を加えれば、経済性としてはより安定化することになる。果実の付加価値という点では、特にビタミンC含量は実証区で有意に高くなった。ビタミンCについては、有機栽培農産物について半数は変わらず、半数は若干有機栽培が高いという結果が得られているが(吉田ら 1984, 山口ら 1999), 本研究の結果もこれらと同様の傾向を示す結果となった。糖、有機酸あるいはグルタミン酸等のアミノ酸については、いくつかの報告があるが(増田 1988, 数野ら 2000), 本試験同様いずれも一定の傾向は認められておらず、有機農産物の付加価値化を図る上では決め手にはなりにくい(堀田 1999)。しかし、一般県民をパネラーに実施した食味調査結果から、トマトの総合的な食味は、主に甘味、果肉の硬さ、酸味の3要因で決まることが明らかになった。したがって、これらの3要因をプラス側に高めるような栽培管理をすることによって、環境保全型栽培による付加価値をさらに高めることができるものと考えられた。

第2の特徴は施肥改善である。肥料面から見た環境保全型農業技術としては、作物の肥料の利用効率を高めて減化学肥料を行う方法や化学肥料の割合を有機質肥料や有機質資材などの有機物で代替することが考えられる(藤原ら 1999, 山田 1997)。促成トマトの栽培には元肥における化学肥料の施用割合が少ないために、慣行においても有機代替率が39%以上と有機質肥料の施用量は多くなっている(山田 1997)。そこで、さらに有機代替率を高めるためには、今回実施した試験のように、牛ふん堆肥の肥効特性に合わせたぼかし肥を作成して有機質の代替率を高めた施肥設計が必要となる。さらに、無駄な肥料成分の投入を避けるためには、土壤抽出液診断に基づく肥培管理も重要な要素となる。今回の試験結果から、追肥にはすべて液肥を用い、これにリアルタイム土壤診断を組み合わせることによって、追肥の回数はやや多くなるものの、土壤中のイオン濃度を生育期間全般にわたっ

て低い状態で管理することができることが明らかになった。環境保全型栽培指針では、牛ふん堆肥の窒素の肥効率を30%としている(山田 1997)。このため、堆肥の連用効果や、さらには前作の影響等を考慮する必要性は残っているが、元肥にぼかし肥を用い、生土容積抽出法によるリアルタイム土壤診断で追肥を行うことにより、施肥の3要素すべてで慣行栽培に比べて化学肥料の使用量を少なくとも60%以上削減できることが示された。

第3の特徴は、環境保全型栽培技術の中心課題となる病害虫防除において環境にやさしい代替技術を適用したことがあげられる。連作を前提とする施設栽培では、適切な土壤病害と害虫防除により連作障害を回避することは極めて重要な課題である(小川 2001)。そのうち土壤病害対策としては、従来、殺菌・殺虫スペクトラムの極めて広い臭化メチルが利用されてきたが、臭化メチルが地球のオゾン層を破壊する原因物質として作用することから、その使用は2005年をもって全廃される(第9回モントリオール議定書締約国会議1997)。このような状況の中で、今回採用した熱水土壤消毒は、物理的な消毒手法であり、広範囲な病害虫に効果があることから環境にやさしい技術として注目されている(國安・竹内 1986, 國安・竹原 1992, 國安ら 1993, 北1999)。これらの熱水消毒法のうち、今回採用した神奈川方式については、生産現場において経験的に土壤病害抑止効果が高いことが認められ、すでに神奈川県下の多くのバラ生産農家や施設トマト農家で積極的に利用されている(林 1992, 北 1999)。しかし、本法については実用化が先行し、科学的な病害虫防除効果についての検討が十分になされていなかった。そこで、本研究においてこれらの点について検討した結果、主要な土壤病原菌に対し十分な殺菌効果が認められた。さらにその土壤病害に対する発病抑制効果は、熱水処理後少なくとも3年間には十分な発病抑制効果があることも確認された。害虫防除においては、天敵の利用と総合防除体系の開発がポイントになる(根本 2001)。今回は、その中でも施設トマト栽培における重要害虫であるオンシツコナジラミに注目し、その天敵であるオンシツツヤコバチを利用した防除体系について検討した。その結果、オンシツコナジラミの発生密度抑制効果が発現する時期は年度により差が見られたが、オンシツツヤコバチ寄生率が50%を越えた以降、オンシツコナジラミ成虫の発生数が急激に減少し、6月末の収穫終了時まで安定した密度抑制効果が得られることが明らかになった。

このように具体的な個別技術を相互に組み合わせるこ

第13表 神奈川県内生産者における環境保全型農業への取り組み状況<sup>1)</sup>

区 分	農家数 (戸)	化学肥料投入量 <sup>2)</sup>		農薬使用回数	
		使用しない	慣行の1/2以下	使用しない	慣行の1/2以下
販売農家	19,377 (100) <sup>3)</sup>	351 (1.8)	3,948 (20.4)	387 (2.0)	4,225 (21.8)
施設野菜農家	423 (100)	17 (4.0)	134 (31.7)	7 (1.7)	165 (39.0)

<sup>1)</sup>2000年世界農林業センサスより作成、<sup>2)</sup>窒素肥料について、<sup>3)</sup>%

とは比較的容易であるが、実際にそれを実務段階で労力的に実施できるかどうかについて検討された事例はない。そこで、本研究では環境保全型栽培技術体系に組み込んだ個別技術について労働科学的な評価を加え、組み立てようとする技術体系が生産者段階で実施可能であるかどうかについても検討した。深山ら(2000)は、防除作業は一般に動力噴霧機を利用することから作業時間及び消費エネルギー量が多くなることを報告しているが、今回の実証区では、天敵中心の防除体系を組んだため、薬剤散布作業回数が減り、結果として対照区に比べ延べ作業時間及び消費エネルギー量とも顕著に少なくなった。また、着果作業についても実証区ではマルハナバチを用いたため、ホルモン処理した対照区に比べ、延べ作業時間では実に91%減、消費エネルギー量でも88~89%減と大幅な時間短縮と労働負荷軽減が達成された。全体としては、施肥作業では実証区の方が対照区より労力的に多くなったものの、実証区の延べ作業時間では対照区より60%以上、消費エネルギー量でも65%以上減らせることが明らかになった。今回は筋肉疲労を中心に研究を進めたが、伊吹ら(2000)は省力してほしい作業のトップに防除作業をあげた生産者が多いことを報告している。このことから、防除作業は肉体的な負担もさることながら、精神的な負担も非常に大きいと推察できる。今回、防除作業の労働負担軽減が図られたことは、精神的負担の軽減にもつながり、その点でも今回組み立てた環境保全型栽培体系は労働科学的にも有効であると評価できる。

本研究で体系化した環境保全型栽培技術は、技術的な面ではその有効性が確認されたが、最終的に生産者に採用してもらえるかどうかは、その経済性にかかっている。そこで、本栽培技術の経済性についての解析を加えたところ、実証区では、生産物財費は対照区に比べ高くなるものの、収量が多く、かつ収益性が高いため、経済性は対照区と同等であることが明らかになった。さらに、消費者の購買反応においては、実証区のトマトに環境保全型で栽培したという付加価値を与えると、対照区の一般栽培トマトより10%程度高値で販売できる可能性がある

ことが明らかになった。したがって、環境保全型栽培という付加価値を考慮すれば、本栽培技術はより経済性の高い生産技術体系であるということが出来る。被川・堀内(1996)は、環境保全型農業において、環境保全あるいは環境負荷低減等の要素を含む外部経済効果の内部化を図るために商品の付加価値化等の販売方法を導入する場合には、生産者と消費者との相互理解を踏まえた直接的な結びつきが極めて重要であることを指摘している。その点で、今回明らかになった消費者の購買反応は、生産者と消費者とを直接結びつける具体的な手法のあり方を示唆する重要な知見として評価できる。

環境保全型農業における外部経済効果を貨幣的に評価することは極めて難しい。門間(1998)は環境保全型栽培技術の経営評価について、個別技術の経営試算に終始するのではなく、営農体系全体への影響という視点が重要であると述べている。本研究では、環境保全型の個別栽培技術を組み立てて、ひとつの技術体系として評価した。その中では、夜間の最低温度設定を2℃高めるといような、個別に取り上げれば不経済と評価される技術も、本体系に組み込むことにより有効な技術となりうることを示した。今回の経営評価は栽培技術体系に対して実施したものであり、販売を含む営農体系までは触れていない。今後、この環境保全型栽培技術体系が、それを採用した農家経営全体に対してどのような影響を及ぼすか等、営農体系全体を対象とした評価を行う必要がある。

第13表に県内生産者の環境保全型農業への取り組み状況について調査した結果を示した。それによると、化学肥料の窒素成分の投入量を地域慣行の2分の1以下にしているか、全く使用していない農家は全体で22%、同様に農薬の使用回数については24%もあることが明らかになった。さらに、これを施設野菜経営農家だけで見ると、それぞれ36%及び40%と、より多くが環境保全型栽培を実践していることが分かる。今回実施したプロジェクト実証試験から、化学合成農薬・肥料の使用量が少なくとも50%以上削減できるだけでなく、作業時間や労働負荷についても大幅に環境保全型栽培の方が慣行栽培より50%

以上も軽減されることも明らかになった。今後、より多くの施設トマト生産者が、ここで実証した環境保全型栽培技術体系を採用し、環境にやさしく、地元の消費者に受け入れられる安定した施設トマト経営が、ますます発展することを期待するところである。

## 引用文献

- 浅田真一. 1998. マルハナバチの農業利用. 昆虫と自然33(6):30-33.
- 浅田真一・北 宜裕. 2001. 農業技術から見たポリネーションの応用研究. 施設トマトでのマルハナバチの利用. 日本花粉学会誌. 47:63-73.
- 小川 奎. 2001. 環境保全型農業における‘生物農薬’の役割. 農及園76:87-93.
- 越川信弘・堀内久太郎. 1996. 環境保全型農業の経営評価方法. 農及園 71:1253-1261.
- 姫島正樹. 2001. BT剤の利用と現状. 農及園76:152-156.
- 林 勇. 1977. 温室焦上の簡易検定における生上容積抽出法の実用化試験. 神奈川園試研報24:80-91
- 林 勇. 1992. クスリ使わず土壤消毒お湯をまいたら土がきれいに. 現代農業71:154-157.
- 堀田 博. 1999. 有機栽培農産物と慣行栽培農産物の品質上の差異. 日食科工誌 46:428-435.
- 藤原孝之・坂倉元・吉川重彦・安田典夫. 1999. 有機質肥料及び堆肥の連用がハウレンソウの品質に及ぼす影響. 日食科工誌46:815-820.
- 伊吹俊彦・笹谷定夫・金谷幹雄. 2000. 果菜類栽培省力化についてのアンケート. 農作業研究 (35別号1):123-124
- 岩崎正男. 1995. 日本へのマルハナバチ利用技術の導入. ミツバチ科学 16:17-23.
- 片平秀貴. 1994. マーケティング・サイエンス. 東京大学出版会 p155-166.
- 神奈川県農政部. 1997. 都市の中の神奈川らしい農業をめざして. かながわ農業活性化計画p46-47.
- 神奈川県農政部. 1998, 1999, 2000. 神奈川県病害虫雑草防除基準.
- 神奈川県農政部農業技術課. 1993. 生態系活用型農業栽培の手引き.
- 数野浩司・妻鹿絢子・木下耕一. 2000. 有機質肥料の段階的投与によるニンジンの食味及び成分組成の変化. 日食科工大開講演集47.p.32.
- 北 宜裕. 1999. 熱水注入(白走式熱湯散布方式). 農業技術体系. 土壤肥料編追録第5号p1027-1029.
- 小林 恭. 1988. 携帯型エネルギー代謝連続測定装置. 総合農業の新技术141-147
- 國安克人・竹内昭士郎. 1986. 熱水注入による土壤消毒のトマト萎ちょう病に対する防除効果. 野菜試報告. A14:141-148
- 國安克人・竹原利明. 1992. 熱水土壤消毒法のハウレンソウ萎ちょう病防除効果: 熱水処理土壌及び無処理土壌からのハウレンソウ萎ちょう病と非病原性フザリウム菌との分離比率. 関東東山病虫研報39:121-123
- 國安克人・竹原利明・千葉恒夫・上原勝夫・大畑 明. 1993. 熱水土壤消毒によるハウレンソウ萎ちょう病防除効果に関する栽培現地試験. 関東東山病虫研報40:97-99.
- 根本 久. 2001. 殺虫剤としての生物農薬. 1)害虫防除における天敵資材の利用法と問題点. 天敵資材の上手な利用法. 農及園76(1):107-115.
- (社)日本農業機械化協会. 1998, 1999. 農業機械・施設便覧
- (社)日本農業機械化協会. 1998. 高性能農業機械化等の試験研究、実用化の促進及び導入に関する基本方針参考資料
- 農林水産省経済局統計情報部. 1999. 平成11年度農畜産業用固定資産評価標準. 財団法人 農林統計協会
- 増田亮一. 1998. トマト果実の呈味成分は赤くなると生まれる. Ajico News. 191:1-8.
- 深山陽子・松村知子・土屋恭一. 1998. 天敵農薬を利用したときの施設トマトの防除作業について. 農作業研究33(別1):149-150.
- 深山陽子・米山裕・佐々木皓二・北 宜裕. 2000. 施設トマトにおける減農薬・減化学肥料栽培の労働評価. 農作業研究35(別1):19-20.
- 門間敏幸. 1998. 環境保全型農業の経営評価の方法について. 関東東海農業経営研究89:1-6.
- 山口智子・村上恵・石渡仁子・高村仁知・荒川彰彦・大谷博実・寺尾純二・的場輝佳. 1999. 有機質肥料と化成肥料で栽培したキャベツ及びハクサイのラジカル補足活性. 日食科工誌46:604-608.
- 山田 裕. 1997. 環境保全型農業における土壌管理. 露地野菜における環境保全型生産技術開発の現状と今後の方向. p.B1-B10. 平成9年度関東東海地域野菜研究会資料. 農業研究センター.
- 吉田企世子・森敏・長谷川和久・西沢直子・熊沢喜久雄. 1984. 肥料の違いによる栽培トマトの還元糖, 有機酸及びビタミンC含量. 栄食誌37:123-127.