養液栽培によるピーマン (*Capsicum annuum* L.) 苗の大量増殖方法－ 穂収量に対する母株の栽植密度および培地の効果

白井建史*・萩森 学**

日本たばこ産業(株)植物開発センター 323-0808 栃木県小山市出井

Multiplication Method of *Capsicum annuum* L. by Soilless Culture :
Effects of Planting Density of Mother Plants and the Substrates on Yield of Shoots

Takeshi Shirai and Manabu Hagimori

Applied Plant Research Center, Japan Tobacco Inc, Oyama, Tochigi 323-0808

Summary

Cultural conditions of mother plants were investigated to establish a vegetative propagation method for sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Planting densities of mother plants ranging from 30 m⁻² to 180 m⁻² in a deep flow hydroponic system revealed that the lower the density, the higher was the yield per mother plant, but conversely, the higher the density, the higher the yield was per unit planting area. When the mother plants were cultivated in the same hydroponic system, the roots of some plants turned brown, causing the plants to wilt and die, indicating a shortage of dissolved oxygen in the solution. Therefore, three kinds of synthetic root-anchoring substrates were examined and compared with hydroponics. Two types of transplants, cuttings and grafts, were used as mother test plants. The appearance and spread of the wilting symptoms were much slower with three anchorages than they were in the hydroponic culture. More than 80% of the grafted plants survived over a 10-month period on all substrates, whereas in the hydroponic plots, the grafts died within eight months. The yield of shoots was about the same among the three anchorages examined. Grafted mother plants yielded about twice the shoots than did the cuttings during 10-month cultivation period. By this method, 90 shoots can be harvested every week from one square meter of planting area continuously for one or more years.

Key Words: cuttings, substrate, sweet pepper, transplant production, vegetative propagation.

緒 言

ピーマン (*Capsicum annuum* L.) の実用品種では、栄養繁殖による品種は存在せず、全て種子繁殖品種であった。種子繁殖品種、特に F₁ 品種は、親系統の固定など育成に長期間を要する。一方、栄養繁殖系品種は育成年限が短期間であり、近年の消費者の多様化するニーズに迅速に対応した品種の育成が可能である。しかし、栄養繁殖系品種を成立させるためには、その品種の苗の大量増殖技術、施設、苗生産技術などが必須である。我々がこの研究に着手した時点では、組織培養法および挿し木増殖法によるピーマンの栄養繁殖は困難であり、実用的な苗生

産に関する報告例は皆無であった。

我々は、挿し木繁殖による苗大量生産システムの確立を目的として本研究に着手した。ピーマンの挿し穂の発根促進法と、挿し穂の大量生産のための母株の水耕栽培および採穂方法については既に確立した(白井・萩森, 2004)。本報では、挿し穂を効率的かつ安定的に大量生産するための母株の栽培条件について報告する。

材料および方法

栽植密度が採穂効率に及ぼす影響

1999年12月3日に、ピーマン (*Capsicum annuum* L.) ‘京波’ (タキイ種苗) を、128穴セルトレイには種し、温室内部にて育苗した。は種用培地として、市販粒状培養土(クレハ園芸培土, 呉羽化学, 肥料成分として全 N 0.4, P₂O₅ 1.9, K₂O 0.6, MgO 0.2 g・kg⁻¹ を含む) とピートモスを 1:1 に混合し、炭酸カルシウムを 833 g/100 liter, 緩効性肥料(ニュートリコートマイクロ-100, チッソ旭肥料,

2003年3月14日 受付。2003年12月19日 受理。

*Corresponding author.

*現在: アサヒビール株式会社 未来技術研究所 302-0106 茨城県守谷市 (E-mail: t.shirai@asahibeer.co.jp).

**現在: 近畿中国四国農業研究センター

全 N 12%, P_2O_5 10%, K_2O 11%, MgO 2%, MnO 0.1%, B_2O_3 0.06%) を 313 g/100 liter 添加したものを用いた。子葉が展開した 12 月 18 日に、水耕装置に定植した。水耕装置は、日本たばこ産業でトマトの栄養繁殖で実績があり (未発表), 栽植密度を自在に変えることができる湛液式水耕装置 (‘楽農次郎’, 日本たばこ産業) を使用した。培養液の温度は、ユニットクーラーにより温水または冷水を、養液槽中に通したパイプに循環させることにより調節した。10 月から 3 月までは 20°C, 4 月から 9 月までは 22°C に設定した。冬期は 20°C 以上に維持されたが、夏期は液温が最高 29°C まで上昇した。短辺 0.7 m, 長辺 8.4 m の養液槽に培養液を深さ 8 cm まで入れ、毎分 20 liter 循環させた。60 cm × 90 cm, 厚さ 3 cm の発泡スチロール製のパネルを水耕培養液に浮かべ、直径 2 cm の穴を 8 個 × 8 個, 8 個 × 12 個の間隔で開け、定植した。栽植密度は、30 株・m⁻² (疎植), 45 株・m⁻², 60 株・m⁻² (密植) とし、定植パネル当たりそれぞれ 26 本, 36 本, 44 本栽培した。水耕の培養液の調整用原体として、JT 水耕用肥料を使用した。肥料は 2 液に分け、それぞれ 50 倍原液として使用した。両原液を 50 倍に希釈すると、 NH_4-N 0.6, NO_3-N 8.4, P 3.4, K 6.1, Ca 3.5, Mg 3.2, S 3.2 me・litter⁻¹ となる。定植直後は、EC を 0.8 dS・m⁻¹ に設定し、以後 1 週ごとに 1.0, 1.2, 1.5 と段階的に高め、それ以後は 1.5 dS・m⁻¹ に固定した。なお、原水の EC は 0.1 dS・m⁻¹, pH は 6.3 であった。水耕装置には EC 管理機を設置し、養液の EC を設定した値に調整した。pH は pH 調節剤を添加し、5.5 から 7.5 に調整した。このようにして栽培した植物体 (以下母株と呼ぶ) から挿し木用の穂を収穫した。穂の収穫は、頂芽からの第 1 節間が 2 cm 未満かつ第 2 節間が 4 cm 以上伸びているシュートを、第 2 節間の最下位で採取することにより行った。2000 年 1 月 5 日に第 1 回目の採穂を行い、1 月 27 日から 6 月 30 日までの約 5 か月間にわたって各処理区とも毎週 1 回採穂した。

次に、より高密度の条件で栽培し、母株の栽植密度と、母株 1 株当たりの累積採穂数の関係を調査した。本実験では母株として、‘京波’を台木とし‘VP4’ (日本たばこ産業) を穂木とした接ぎ木苗を用いた。‘VP4’は、温室にて鉢栽培により維持保存している黄色カラーピーマンである。‘VP4’は青枯病抵抗性を持たないため、抵抗性を持つ‘京波’に接ぎ木した。は種後約 40 日の‘京波’の上胚軸を斜めに切断し、‘VP4’の穂は頂芽からの第 2 節間を斜めに切断し、それぞれの切断面を合わせる斜め合わせ接ぎにより接ぎ木した。接合部分は、接ぎ木クリップ (スーパーアイドル 26 号, ナスニクス) で固定した。接ぎ木後、温度 22°C, 湿度 95%, 約 3000 lux の 12 時間照明に設定した接ぎ木苗活着促進装置 (苗ピット, 三菱農機) 内に 4~5 日静置した。その後温室内に設置した、寒冷紗 (遮光率 80%) と塩化ビニルシートで覆い湿度を保ったベンチ上

で、約 3 日間順化させ、その後は同じ温室内のベンチに移動させた。2000 年 4 月 26 日に接ぎ木を行い、5 月 18 日に水耕装置に定植した。栽植密度、栽植本数は、180 株・m⁻² で 96 本, 120 株・m⁻² で 64 本, 90 株・m⁻² で 48 本, 60 株・m⁻² で 32 本, 45 株・m⁻² で 24 本, 30 株・m⁻² で 16 本とした。6 月 12 日に第 1 回目の採穂を行い、7 月 24 日までの 6 週間にわたって各処理区とも毎週 1 回採穂した。

水耕と固形培地耕の比較試験

短辺 1.2 m, 長辺 7.2 m, 深さ 15 cm のベンチを長辺で 3 区分し、それぞれの区に、砂礫性土のボラ土とココヤシ繊維のココピートを配合した培地 (ボラ土:ココピート = 7:3, 気相率 38%, 液相率 34%, 固相率 28%, 以下 BC と呼ぶ), ピートモスとパーライトを配合した培地 (ピートモス:パーライト = 2:1, 気相率 27%, 液相率 57%, 固相率 16%, 以下 PP と呼ぶ), 粒状フェノール発泡樹脂 (アクアフォーム, 松村工芸, 気相率 43%, 液相率 51%, 固相率 6%, 以下 AF と呼ぶ) の 3 種類の培地をそれぞれ入れた。このようなベンチを温室内に 2 台設置し、2 反復とした。培養液は、あらかじめ EC が 1.5 dS・m⁻¹ になるように、前述の肥料を調整し 200 liter のタンクに貯留した。点滴灌水チューブ (エバフロー D 型, 三井化学プラテック) を 1 ベンチに 3 本配置し、培養液を圧力 0.15 kg・cm⁻² で午前 6 時より 1 時間毎に 1 回当たり 5 分間、3 月 21 日までは 1 日に 4 回、3 月 22 日以降は 6 回給液した。1 ベンチ当たりの 1 回の灌水量は、約 16 liter となった。各ベンチには排水口を設け、過剰な養液は排出されるようにした。この 3 種の固形培地と湛液式水耕に、接ぎ木苗と挿し木苗を定植した。挿し木用培地としては、連続気孔構造をもつフェノール発泡樹脂の育苗成形培地 (2 cm × 2.2 cm, 高さ 3.8 cm, オアシス 5720, 日本曹達, 肥料成分として全 N 1%, P_2O_5 1%, K_2O 1% を含む) を供試した。フェノール発泡樹脂は、穴の開いていない 30 cm × 60 cm のトレイに置いた。挿し木は、発根促進剤である 0.5% インドール酪酸粉剤 (オキシベロン粉剤, 塩野義製薬) を切断面に塗布した後に行った。挿し木後、温度 25°C, 湿度 95%, 約 3000 lux の 12 時間照明に設定した接ぎ木苗活着促進装置内で 2 から 4 週間静置した。週に 1 から 2 回、底面給水を行った。

試験栽培は 2 回反復した。いずれの場合も、水耕で枯死した株は抜き取り、固形培地耕で枯死した株は、地上部のみを切除した。

1 回目の栽培では、2000 年 10 月 18 日に接ぎ木した‘VP4’を穂木とし、‘京波’を台木とした接ぎ木苗と、2000 年 10 月 6 日に挿し木した‘VP4’の挿し木苗を、11 月 10 日に定植した。栽植密度は 60 株・m⁻² とし、1 区当たり 72 本栽培した。生存率、累積採穂数を調査し、接ぎ木苗と挿し木苗の母株としての適性も評価した。12 月 19 日から 2001 年 11 月 7 日まで約 11 か月間にわたって毎週 1 回採穂した。

2回目の栽培では、2000年11月21日に接ぎ木した‘VP4’を穂木とし、‘京波’を台木とした接ぎ木苗と、10月12日に挿し木した‘VP4’挿し木苗を、12月8日に定植した。2001年1月22日から採穂を開始し、以後11月7日まで約10か月間にわたって毎週1回採穂した。

結 果

栽植密度が採穂効率に及ぼす影響

母株を水耕栽培し、穂の収量に対する母株栽植密度の影響について検討した。母株1本当たりの採穂数は $30 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $45 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $60 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ の順に多く、栽培期間が長くなるにつれてその差は大きくなった(第1図A)。一方、栽培ベッドの単位面積当たりの総採穂数は、株当たりの採穂数とは逆に、栽植密度が高いほど多かった(第1図B)。

次に、 $90 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $120 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $180 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ も加えて再度試験した。この場合も同様に株当たりの採穂数は疎植にするほど多く(第2図A)、栽培ベッド単位面積当たりの総採穂数は、逆に密植にするほど多くなった(第2図B)。7月末から散発的に、順調に生育していた株が突然萎凋し、やがて枯死する現象が見られた。萎凋した株の根は褐変していた。

Fig. 1. Effect of planting density of mother plants on cumulative number of harvested shoots on a plant basis (A) and bed area (B).

水耕と固形培地耕の比較試験

水耕での栽培における株の萎凋、枯死は、夏季の液温上昇や酸素供給の不足などが原因と考えられた。そこで、水耕と固形培地耕の比較を行った。定植してから3か月間の単位面積当たりの総採穂数を比較すると、接ぎ木苗では、水耕(HP)、BC、AF、PPの順であった(第1表)。同様に挿し木苗では、BC、HP、PP、AFの順であった。

定植してから3か月を過ぎたころから水耕では枯死株が発生し始め、8か月目には接ぎ木苗、挿し木苗ともに全株が枯死したが、固形培地耕では接ぎ木苗の約8割の株が

Fig. 2. Effect of planting density of mother plants on cumulative number of harvested shoots on a plant basis (A) and bed area (B).

Table 1. Total yield of shoots per square meter of bed area by two types of mother plants cultivated in different root-anchoring media for three months after transplanting.

Media ^z	Type of mother plants	
	Grafts	Rooted cuttings
BC	513 ± 21 ^y	309 ± 47 ^y
PP	434 ± 95	225 ± 94
AF	472 ± 44	203 ± 25
HP	559 ± 113	253 ± 126

^z BC: mixture of bora soil and coco peat (7:3), PP: peat moss and perlite (2:1), AF: aquaform, resin of phenolic granular foam, HP: hydroponics, nutrient solution.

^y Average ± SE.

Fig. 3. Time course of the survival rate of grafts and rooted-cuttings cultivated in four types of medium. Types of medium are described in Table 1.

栽培終了時まで健全に生育した(第3図)。培地間で比較すると、挿し木苗の場合は、BC, PP, AFの順に生存率が高かった。接ぎ木苗の場合は、いずれの培地でもほぼ同等であった。接ぎ木苗と挿し木苗で比較すると、どの培地でも接ぎ木苗の方が生存率が高かった。また水耕においても、挿し木苗の方が枯死の進行は早かった。

それぞれの培地で接ぎ木苗と挿し木苗を約1年間栽培した時の、栽培装置単位面積当たりの累積採穂本数を第4図に示した。水耕では、接ぎ木苗も挿し木苗も全て枯死したため、接ぎ木苗は6か月間、挿し木苗は4か月間しか採穂できなかった。固形培地耕では、定植約1か月後から栽培終了まで、接ぎ木苗の場合は毎週約90本・ m^{-2} 、挿し木苗の場合は毎週約60本・ m^{-2} 継続的に採穂することができた。

定植後10か月間の単位面積当たりの総採穂数を比較すると、接ぎ木苗でも挿し木苗でも3種の固形培地間ではほとんど差は認められなかった(第2表)。また、接ぎ木苗の方が総採穂数は挿し木苗に比べて有意に多かった。

考 察

栄養繁殖を実用化するためには、苗の生産コストを低くする必要がある。栽植密度の違いによる生産性の比較においては、株当たりと単位面積当たりの生産性に負の

Fig. 4. Effect of the type of mother plant and cultivation medium on the cumulative yield of shoots in a unit bed area. Types of medium are described in Table 1.

Table 2. Total yield of shoots per square meter of bed area by two types of mother plants cultivated in different root-anchoring media for 10 months after transplanting.

Media	Type of mother plants	
	Grafts	Rooted cuttings
BC	3261 $\pm$ 139 ^z	2135 $\pm$ 124 ^z
PP	3479 $\pm$ 141	2260 $\pm$ 136
AF	3558 $\pm$ 136	1862 $\pm$ 28
Average	3433 $\pm$ 89	2086 $\pm$ 89

^zAverage $\pm$ SE.

Types of media are same as Table 1.

相関関係がみられ、生産性、省力性、コストなどの面から検討を加えなければならない。小林(1997)、ロクラ(2002)もサツマイモの苗生産において、母株を疎植にするほど株当たりの採苗数は多くなるが、単位面積当たりの採苗数は少なくなったと報告している。本実験でも同様な傾向が見られた。疎植で栽培すると、生育初期は植物体の生育スペースが十分にあるために成長が旺盛となり、頂芽の数は急速に増加するが、長期間栽培すると次第に隣の株と枝が重なり、成長が抑制される。したがって、どの栽植密度で栽培しても、栽培期間が長くなるに

つれて単位面積当たりの分枝数は限界密度に収斂し、週毎の採穂数の差はなくなると考えられる。本実験で試験した栽植密度の最大値は $180 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ であり、株間は 7.5 cm しかなく、定植時からすでに隣の株と葉が触れ合う株もあり、この密度が密植のほぼ限界であると考えられた。栽植密度については、母株の栽培期間が5か月以上におよぶ場合は $60 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ で栽培を開始し、4か月程度の場合は $90 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、3か月程度の場合は $120 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ 、2か月程度の場合は $180 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ と徐々に密植にすることにより、単位面積あたりの総採穂数を最も多くすることが可能となり、効率よく増殖できると考えられた。

ピーマンを水耕で栽培すると、突然株が萎凋しやがて枯死する現象が見られた。この現象は、外気温が高温になる夏期に植物体がある程度以上に成長している場合に特に顕著であった。萎凋に先立って、根の褐変が観察されたが、病原菌やウイルスは検出されず、病害ではないと考えられた。また、養液の交換も行ったが回復しなかったため、栄養素の過剰症や欠乏症でもないと考えられた。

トマト(林ら, 1993; 景山・益田, 1979; 大河内ら, 1978), ホウレンソウ(Morimoto ら, 1989), レタス(Chun and Takakura, 1994), キュウリ(吉田ら, 1996 a, b), その他多くの植物(位田, 1952)で湛液水耕栽培した場合、培養液の溶存酸素濃度が低下した場合には、根の呼吸速度の減少、伸長の抑制、それらに伴う地上部の生育の抑制や乾物重の減少などが起こることが報告されている。

固形培地との比較試験において、本実験で使用した湛液式水耕装置では栽培初期の溶存酸素濃度は 6.8 ppm, 液温は 23°C であったが、萎凋が始まった時点では溶存酸素濃度は 5.5 ppm に低下し、液温は 29°C に上昇していた。液温が上昇すると飽和溶存酸素濃度は低くなる。一方位田(1952)は、トウガラシにおいて、根の酸素吸収量は、 15°C における吸収量を 100 とすると、 25°C では 197, 30°C では 317 と、温度が上がるに従い著しく増加することを報告しており、トウガラシと同種のピーマンでも、液温の上昇とともに根の酸素必要量が著しく増大すると考えられた。

このようなことから、本実験で使用した湛液式水耕装置で栽培したピーマンにおいても、養液温度の上昇に伴って養液中の溶存酸素が不足し、根の機能が損なわれたことより萎凋枯死に至ったのではないかと考えられた。また、本装置では植物体の成長がある程度以上進んだ段階で養液槽全体に根が充満した状態になっており、養液の循環が不十分になり局部的に溶存酸素濃度が測定値よりも低下していた可能性も考えられた。

固形培地では根圏に気相があり、給液毎に新たな酸素が供給されたため、萎凋枯死する株が少なかったと考えられる。固形培地の種類による差異は見られず、どの固

形培地を使用した場合でも、水耕に比べて明らかに優っていた。

栽植密度試験では、水耕で約6か月に渡って母株を維持することが可能であった。これは、‘京波’の実生苗を使用していたこと、また栽培期間が12月から6月までであったので、液温の極端な上昇がなかったためではないかと考えられた。

ピーマンの営利栽培では従来自根苗が用いられてきたが、近年青枯れ病抵抗性や疫病抵抗性を有する品種を台木とする接ぎ木苗も増加する傾向にある(深澤ら, 1996 a, b; 元木, 2000; 沢畑ら, 1982, 1983; 重藤, 2002; 神藤ら, 1995; 山口, 1998; 矢澤ら, 1980)。栄養系苗生産の場合、母株は長期にわたって栽培するため、種々の病原菌に感染する確率も高くなる。そこで母株についても挿し木苗と接ぎ木苗を検討した。挿し木苗の方が接ぎ木苗よりも枯死が早期に起こり、枯死株率も高かった。接ぎ木苗の根は台木の実生の根で直根であり、挿し木苗の根は、不定根のみである。この根の差が枯死率に影響した可能性が考えられた。また、挿し木苗の根は‘VP4’の根であるが、接ぎ木苗の根は台木として用いた‘京波’の根であり、品種による違いが枯死率に影響を及ぼした可能性も考えられた。

以上の結果から次のようなことが示唆された。母株の栽培期間に応じて栽植密度を変えることにより効率良く穂を生産することが可能になる。栽培期間が夏期に渡る場合は、湛液水耕よりも固形培地耕が、母株は挿し木苗よりも接ぎ木苗の方が望ましい。このようにして、ピーマンの栄養繁殖による苗の大量生産システムの可能性を示すことができ、本技術によりピーマンの栄養繁殖性品種の実用化が可能であることを明らかにした。

摘 要

ピーマン(*Capsicum annuum* L.)の栄養繁殖のための母株の栽培方法を検討した。最初に、母株を水耕で栽培した時の栽植密度が採穂効率に及ぼす影響について調査した。 $30 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ から $180 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ の範囲では、株当たりの採穂数は疎植にするほど多くなったが、単位面積当たりの採穂数は密植にするほど多くなった。また、水耕栽培では散発的に突然萎凋し枯死する株が現れたため、使用した装置の養液の溶存酸素不足が原因であると考え、次に3種の固形培地耕の利用を検討した。また、定植する母株について挿し木苗と接ぎ木苗を比較した。接ぎ木苗を母株とした場合は、供試した3種類の培地のいずれにおいても、定植10か月後で80%以上の株が健全であったのに対し、水耕では8か月目には全株が枯死した。総採穂数は、接ぎ木苗の母株では、固形培地間ではほぼ同等であった。接ぎ木苗の母株の場合、挿し木苗の母株よりも10か月間の栽培で総採穂数が約2倍と有意に多かった。接ぎ木苗を $60 \text{株} \cdot \text{m}^{-2}$ の栽植密度で培地耕で栽培すること

により、栽培面積 1 m^2 当たり、毎週約 90 本以上の穂を約 1 年以上継続して収穫した。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり、日本たばこ産業(株)元植物開発センターの吉田亮博士、片平君子博士、加藤紀夫博士、高橋久幸氏、市村尚氏には貴重なご助言を賜った。また、山崎久志氏、萬沢勝之氏、篠崎徹氏、水越由紀子氏、小林幸子氏、山根好美氏には多大なるご尽力を賜った。記して感謝の意を表する。

引用文献

- Chun, C. and T. Takakura. 1994. Rate of root respiration of Lettuce under various dissolved oxygen concentrations in hydroponics. *Environ. Control in Biol.* 32: 125–135.
- 位田藤久太郎. 1952. 蔬菜の根の生理に関する研究(第1報). 蔬菜の根の酸素要求に就いて. 園学雑. 21: 10–16.
- 深澤明子・赤坂安盛・阿部 隆. 1996a. ピーマンの幼苗接ぎ木法. 第2報, 台木品種の生育特性と耐病性. 東北農業研究. 49: 177–178.
- 深澤明子・赤坂安盛・阿部 隆. 1996b. ピーマンの疫病抵抗性台木の生育特性と接ぎ木技術. 東北農業研究成果情報. 1995: 181–182.
- 景山詳弘・益田忠雄. 1979. 水耕トマトの生育段階および栽培方式による栽培ベッド内の溶存酸素濃度と培養液の流れの変化. 生環調. 17: 11–16.
- 小林秀臣. 1997. サツマイモを基軸とした高品質野菜生産と軽作業化技術開発試験. (4)効率的な優良苗増殖・育苗システムの開発. ①増殖効率及び苗質の向上. 京都府丹後農業研究所試験研究成績書 1996. 69–70.
- 元木 悟. 2000. 果菜類の新しい接ぎ木技術. 後編, ピーマンの耐病性を考慮した接ぎ木栽培. 農耕と園芸. 55 (1): 138–142.
- 林 圭脛・房 薇・岩尾俊男・藤浦建史・竹山光一. 1993. 養液栽培システムの改善に関する研究. (Ⅱ)トマトの生長量と溶存酸素量及び蒸散流量との関係. 島根大農研報. 27: 33–37.
- ロク イイ ヒン・大山克己・久保田智恵利・古在豊樹. 2002. 閉鎖型苗生産システムにおけるサツマイモ増殖体生産速度と消費電力量に及ぼす栽植密度の影響. 植物工場学会誌. 14: 10–17.
- Morimoto, T., T. Masuda, H. Nonami. 1989. Oxygen enrichment in deep hydroponic culture improves growth of spinach. *Environ. Control in Biol.* 27: 97–102.
- 大河内信夫・耕田正治・浅平 端. 1978. トマトの水耕密植低段栽培の育苗時における培養液温と培養液に対する酸素供給が苗の生育と果実生産に及ぼす影響. 生環調. 16: 119–128.
- 沢畑健次・小沼 寛・猿田忠悦・米山伸吾・丸川慎三. 1982. ピーマンの疫病抵抗性台木の選択とその利用(第1報). 抵抗性品種の選択とつぎ木親和性. 茨城園試研報. 10: 1–10.
- 沢畑健次・米山伸吾・小沼 寛. 1983. ピーマンの疫病抵抗性台木の選択とその利用. (第2報)抵抗性台木の利用による定植後の地温及び一代雑種の台木利用が生育, 収量に及ぼす影響. 茨城園試研報. 11: 1–9.
- 重藤祐司. 2002. カラーピーマンの接ぎ木栽培技術. 施設園芸 44(2): 66–70.
- 神藤 宏・岩尾和哉・西森裕夫・上島良純. 1995. ピーマンの青枯病抵抗性品種を台木としたシシトウガラシの接ぎ木について. 園学雑. 64(別2): 244–245.
- 白井建史・萩森 学. 2004. ピーマン(*Capsicum annuum* L.)の大量増殖法. 園学雑. 73: 259–265.
- 山口秀和. ピーマンの幼苗接ぎ木による疫病対策技術. 1998. 農耕と園芸 53 (2): 160–161.
- 矢澤 進・花見敏史・植村則大・足立和義・高嶋四郎. 1980. トウガラシの種間雑種の台木としての利用について. 京都府大学報. 32: 25–29.
- 吉田 敏・北野雅治・江口弘美. 1996a. 水耕における溶存 O_2 濃度制御下のキュウリ植物の吸水. 生環調. 34: 53–58.
- 吉田 敏・北野雅治・江口弘美. 1996b. 水耕における溶存 O_2 濃度制御下のキュウリ植物の生育. 生環調. 34: 223–229.