

パッシブ水耕の開発に関する研究

小野 誠*・青木和年*・東 隆夫**・北島秀臣***

黒野誠六****・石田豊明*****・森田敏雅*・塚本和彦*****

緒 言

養液栽培には、連作障害の回避、施設利用率の向上、管理作業量の低下、クリーンなイメージ等、多くの利点があるが、必ずしも、それらの利点が生かされていない。

例えば、溶存酸素量を多くした養液栽培システムでは養液中で好気性の病原菌が爆発的に増殖して、一夜にして施設内の作物が全滅することがある。

また、一般の養液栽培では、養液の細やかな管理が必要であるが、そのノウハウの獲得とメンテナンスに多大なコストと労力を要する。そして、ノウハウの不備やメンテナンス上のトラブルによって、作物に重要な障害を与えることが珍しくない。

以上の理由で、管理作業量の低下に結びついていないこともある。

また、養液栽培導入上の最大の欠点は、コストが高いことである。イニシャルコストもさることながらランニングコストが高い場合が多く、土耕栽培との競争に勝てない。

さらに、品質についても、養液栽培の生産物は、土耕栽培のそれに比べて、外観は遜色ないものの、鮮度や味で劣るとの批判がある。これは、全ての作物にあてはまるわけではないが、特に、果菜類では重要なポイントになる。

さて、熊本県農業研究センターと大電株式会社は、これらの問題点をクリアできる養液栽培をめざし、元東京教育大学教授・山崎肯哉博士の毛管水耕の原理を応用したパッシブ水耕(湛液・液面低下・湿気中根栽培)の開発について共同研究を行った。

ところで、毛管水耕は浮根水耕の進化したものと考え

られている(第1表)。この浮根水耕の原理は、水中において育っている根には根毛の発生が認められないが、水位を下げた湿気中に、浮根状態となった根には根毛がよく発生し、根の表皮細胞膜の表面積が大きくなり、O₂の吸収機能が増大し、有用な根圏微生物が多く着生するという事実によるものである¹⁾。

第1表 養液栽培方式の分類(山崎・1986)改

培養液とO ₂ の供給方法	培地の有無	固形培地耕	水 耕
灌排循環 (Deep Flow)		れき耕 (アメリカ) ↓ 液面低下	水耕(各種)(日本) ↓ 液面低下
底流循環 (Shallow Flow)		れき耕 (日本) くんたん耕 (日本)	水耕(各種)(日本) シートカルチャー(日本) NFT(イギリス)
滴下灌排 (Dripping)		サンドカルチャ (日本) ロックウール耕(オランダ) バッグカルチャ (カナダ)	← NFT(フランス) 噴霧耕 (日本)
毛管吸上げ (Capillary up)		くんたん育苗 (日本) ビートモス耕(ポーランド) STF (アメリカ) 灯心法耕 (アメリカ)	(浮根水耕)(日本) ↓ (毛管水耕)(日本)

国名は初めに実用化した国 ()はまだ実用化していない

さて、パッシブ水耕とは、収穫までに必要な養水分吸収量にみあう均衡培養液を栽培開始前に1回だけ液槽に湛液する方式である。

液面は、作物による培養液の吸収によって低下する。液面が低下することによって、根は培養液中から空気中に露出するが、湿度を保った多孔硬質ポリポット内に収納されている根は、湿気中根となる。水中根は、養液表面に浮かび養液表層の溶存酸素を利用する。

*農産園芸研究所 **高原農業研究所 ***果樹園芸課
****経営普及課 *****球磨農業研究所 *****大電株式会社

毛管水耕の特色は、根の生長に必要な酸素量の大部分を空気中から吸収するところにある。したがって、ポンプを用いた強制的な酸素供給は、必要としないか補完的にしか行われることがない。なおパッシブ水耕では、栽培される作物が、一生に必要な培養液を栽培開始のときに1回与えるだけでよいなど、装置とノウハウ・メンテナンスが極めて簡易化されている¹⁾。

本研究は、「パッシブの水耕栽培の装置及び栽培技術確立(1988~1990年)」を中心にまとめたものである。

本水耕の名称は、当初、パッシブ的水耕としたが、言語的にパッシブ水耕の方がよく、一般にもパッシブ水耕という呼び方が定着しつつあることから、的を取ることにした。

なお、主要供試作物は、本県で栽培面積の多いアールスメロンとしたが、トマトについても検討した。

また、培地については、本県八代市にある十條製紙株式会社八代工場産の製紙残渣炭化物を中心に検討した。

栽培装置の開発

パッシブ水耕でのアールスメロン栽培を目的に、栽培装置の開発をおこなった。

1 試験経過

パッシブ水耕の基本的な模式図は、第1図の通りである。なお、改良型の模式図を第2図、第3図で示す。

枠板については、材質について、強度や防虫性・腐食

性・価格について検討した。

防水シートについては、強度や加工性(設置のときの折り曲げやすさ)・作物に対する安全性・価格について検討した。

多孔硬質ポリポットについては、材質や形状・孔の数について検討した。

また、多孔硬質ポリポットの側面をシート(防根シート)で覆うことについて検討した。

育苗ポットについては、形状や底面の孔の数について検討した。

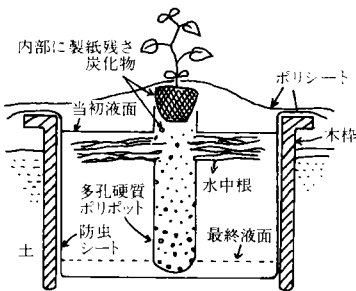
全体として、栽培槽の形状について検討した。

2 結果および考察

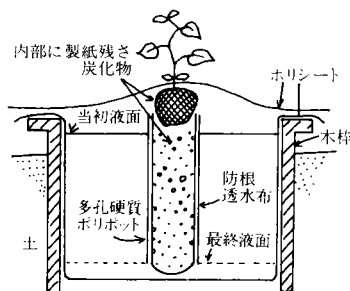
枠板は、油脂含量が多く強靱な松材が適当と認めた。しかし、松材であっても、地中に埋設するため虫害や腐食の恐れがあるので、液剤により防虫・防腐処理をすることが必要である。価格については、カナダ産のものが低廉であった。

防水シートは、園芸用のポリエチレンシートでは、強度の点で劣り、結局、サイロの壁面資材である防虫シートが強度・加工性・安全性・価格等、総合的に判断して適当と認めた。

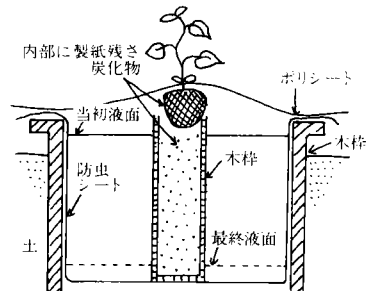
多孔硬質ポリポットは、第1図の形状を適当と認めた。材質は、軽く安いという点で、ポリポットを選定したが、他の資材でもよい。なお、当初は、使用済の多孔硬質ポリポットをゴミとして処理しやすいように配慮して老化促進剤をポリエチレンに添加していたが、多孔硬質ポリ



第1図 パッシブ水耕の模式図



第2図 防根透布を用いたパッシブ水耕の模式図



第3図 多孔硬質ポリポットの代わりに木材を用い、培地の連続使用を行うパッシブ水耕の模式図

ポットの再使用を行うために、老化促進剤の添加を止めた。

防根シートの利用は、湿気中根の量を増やし、生育・収量・品質を向上させることがある。防根シートを用いれば、多孔硬質ポリポットごと苗を運搬することが容易となるので、大苗育苗により、本圃における1作の栽培期間を短縮でき、本圃の回転を早められる可能性があると考えられた。育苗ポットは、9cmの黒ポリポットで、底面に5つの穴を開けたものを適当と認めた。

栽培槽の形状は、アールスメロンを用い、深さと幅について検討した結果、品質等から、幅45cm×深さ60cmが優れた(第3表)が、現状では、工法やイニシャルコストの関係から、幅60cm×深さ45cmを採用している。ただし、深いほど、根圏温度が安定することや、液面低下スピードが早くなることにより、根圏の発達スピードも早まることになり、栽培がスピードアップされ、かつ安定するものと考えられる。

なお、栽培槽を半地下・密閉とすることによって、液温(根圏温度)と地温との熱交換がなされ、根圏温度を適温に保つのに役立つ。

また、パッシブ水耕は、多孔硬質ポリポットを用いているため、育苗期間の延長が可能で、生産ハウスの在圃

期間を短縮でき、施設・装置の高度利用(野菜工場的生産)の可能性はある。

培地の開発

パッシブ水耕における培地について検討した。

1 試験経過

パッシブ水耕は、液面低下方式を採用しているため収穫期には、水位が非常に低下することになる。このため、水位が下がっても、多孔硬質ポリポット内の上部培地が乾燥しにくいことが重要となる。なぜならば、上部培地が乾燥すれば、折角発達した湿気中根がダメージを受けるからである。

また、パッシブ水耕を含む毛管水耕では、有用な根圏微生物が多く着生するので、これをうまくコントロールできる培地を用いれば、根圏病原菌の増殖を防ぐことも可能と考えられる。また、培地自体の静菌作用も期待できる可能性も考えられる。

さらに、パッシブ水耕では、1株当たり約3ℓの培地を必要とするので、仮に、10アール当り1,800株の栽植密度とした場合、約5,400ℓの培地を必要とする。このため、培地のコスト及び再使用について配慮する必要がある。

第2表 栽培槽の形状とアールスメロンの着果習性及び果実特性・1990年

試験区	収穫日	交配日	成熟日数	着果節位	重量	果肉厚		
						果高	果径	果径比*
幅 深さ	月・日	月・日	日	節	g	cm	cm	
60×45cm	10. 25	8. 31	56	13.0	1,284	13.3	13.1	1.02
90×30cm	10. 25	8. 31	56	13.0	1,390	13.8	13.5	1.02
45×60cm	10. 25	9. 1	57	12.0	1,446	14.7	14.3	1.03

第3表 栽培槽の形状とアールスメロンの糖度及び果肉厚・1990年

試験区	糖度(Bx)			果肉厚	
	上部	中央部	下部	最高	最低
幅 深さ	%	%	%	cm	cm
60×45cm	13.4	12.9	13.3	3.6	2.0
90×30cm	14.6	13.9	13.3	3.6	1.6
45×60cm	14.7	14.3	14.0	3.7	2.2

ある。

以上の観点から、培地について検討した。

なお、緒言で述べたように、研究開始当初から、本県八代市の十條製紙株式会社八代工場産の製紙残渣炭化物を中心に検討した。

2 結果及び考察

わが国は、製紙業が盛んで、国民1人当りの紙の使用量は、世界1、2位を争っているが、これに伴い製紙残渣物が大量にでる。これをそのまま廃棄するのは、その量と公害上から問題が多く、炭化物にして処理すること

が望ましい。製紙残渣炭化物を全て炭化物にしたとすると、わが国における年間供給量は54万トンが可能で、その量は莫大である⁴⁾。

しかし、製紙残渣炭化物を作物生産に利用する場合2つの問題点がある。

1つは、重金属を安全基準値を超えて含んだ製紙残渣炭化物があるので、必ず、重金属について分析を行ったのち用いる必要がある。パッシブ水耕に用いている十條製紙八代工場産の製紙残渣炭化物は、安全性が証明されている。(第4表・第5表)

第4表 培地の安全性

(財団法人日本肥糧検定協会・1987年)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
pH	9.2	7.0	6.2	2.5	9.5	8.6	8.5	9.3
カルシウム (%)	2.72	5.94	2.19	725	3.40	2.88	3.34	369
マグネシウム (%)	5.31	10.8	4.54	358	4.81	5.52	5.25	28.9
カリウム (%)	0.13	939	0.047	22.4	0.14	0.068	0.044	109
鉛(mg/kg : ppm)	26.3	0.02	26.9	0.09	30.0	35.8	19.9	0.02
ひ素(mg/kg : ppm)	1.16	0.013	1.31	0.014	1.20	1.40	1.60	N, D
りん (%)	0.13	6.95	0.44	7.91	0.22	0.036	0.040	0.75
シリカ (%)	16.6	N, D	15.2	N, D	14.2	17.7	16.3	N, D

資料名：①製紙残渣炭化物(リン酸第1カリ)炭化物
 ②製紙残渣炭化物(リン酸第1カリ)浸漬液
 ③製紙残渣炭化物(リン酸)炭化物
 ④製紙残渣炭化物(リン酸)浸漬液
 ⑤処理済サンプル1
 ⑥製紙残渣炭化物
 ⑦処理済サンプル2炭化物
 ⑧処理済サンプル2浸漬液

備考 ②、④、⑧の単位については、(mg/L)とする。

試験方法 pH : JIS K 102
 カルシウム、マグネシウム、カリウム、鉛 : 原子吸光度法
 ひ素、りん、シリカ : 吸光度法
 検出限界 ひ素 : 0.002、シリカ : 1
 溶出条件 キルン灰炭化物 : 溶出液 = 100g : 110mL

第5表 作物(アールスメロン)の安全性

(財団法人化学品検査協会・1988年)

	アールスメロン (果実)	つる(茎葉中)	検出限界
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
アルキル水銀化合物	不検出	不検出	0.01
水銀又はその化合物	不検出	不検出	0.01
カドミウム又はその化合物	不検出	不検出	0.05
鉛又はその化合物	不検出	不検出	0.2
有機リン化合物	不検出	不検出	1
六価クロム化合物	不検出	不検出	2
ひ素又はその化合物	不検出	不検出	0.1
シアン化合物	不検出	0.2	0.1
PCB	不検出	不検出	0.01

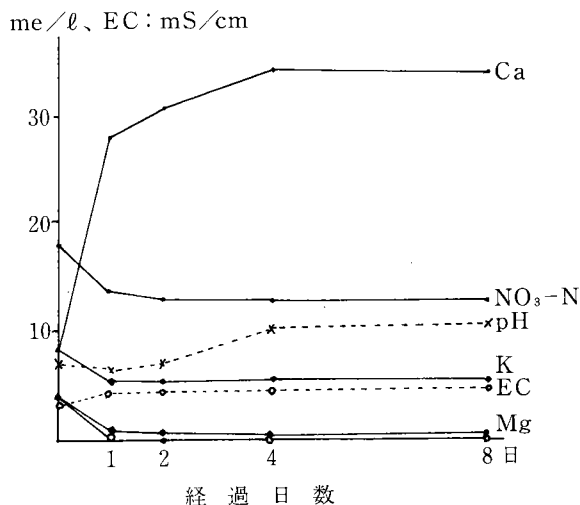
2つめは、化学性の問題である。一般に、製紙残渣炭化物は、残渣回収過程でpH調節に石灰を、沈澱促進に珪酸マグネシウムを使用しているため、pHとリン酸吸収係数が高い。また、各イオンの吸着・溶出特性も特異的である。これを、パッシブ水耕の培地としてそのまま用いると、リン酸・マグネシウム・鉄などの欠乏症が発生し問題となる⁴⁾。

そこで、製紙残渣炭化物の化学性及び各イオンの吸着と溶出について検討した。

その結果、

- (1)製紙残渣炭化物は、pH8.6、リン酸吸収計数2,000mg/100gと高かった(第6表)。
- (2)製紙残渣炭化物を圃試処方培養液で浸漬すると、硝酸態チッソ、リン酸、カリウム、マグネシウム、特に、リン酸とマグネシウムは著しい吸着があり、一方、カルシウムでは著しい溶出が認められた(第4図)¹⁰⁾。
- (3)製紙残渣炭化物をpH7に調整するためのリン酸は、製紙残渣炭化物1ℓ当り3mlを、pH6では、6mlを必要とした(第5図)。

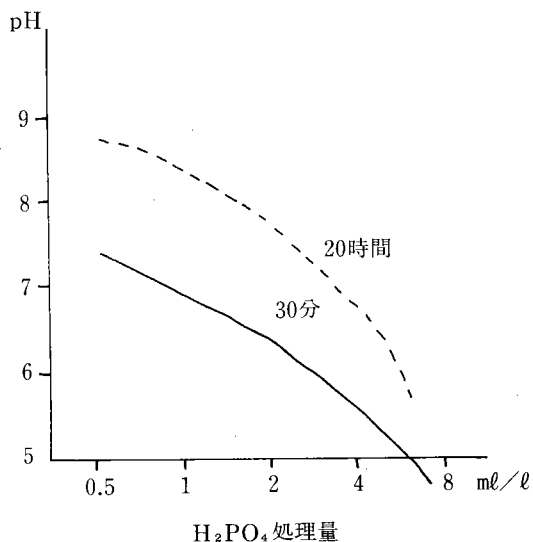
第4図 製紙残渣炭化物の養分吸着と溶出
(熊本県農業試験研究推進推進協議会 1987年)



さて、製紙残渣炭化物は、空隙が多く、通気性、保水性に優れており、排水性もよく、根圏の発達に好ましい環境を与えるものと考えられる。また、パッシブ水耕の培地として用いた場合、水位が下がっても、多孔硬質ポリポット内の上部培地が乾燥することがない優れた培地である。さらに、木炭など他の炭化物同様、有用な微生物増殖の住処になっていると考えられ、雑菌の繁殖を抑えている可能性が高い。炭化物と微生物との関係に関する研究は、未だ初歩的段階であるが、VA菌根菌や放線菌・光合成細菌などの有用菌の繁殖の場として、炭化物が役立つことが知られている。また、もともと産業廃棄物なので、基本的には、たいへん安価な資材と考えられる⁴⁾。

しかし、製紙残渣炭化物は、何処でも手に入る資材とはいえ、ロット毎に化学性・物理性が多少異なるなどの欠点がある。そこで、他の資材についても検討したが、製紙残渣炭化物を超える資材を発見することはできなかった(第7表・第8表)。

第5図 製紙残渣炭化物に対するH₂PO₄処理量とpHの関係
(熊本県農業試験研究推進推進協議会 1987年)



第6表 製紙残渣炭化物の化学性(熊本県農業試験研究推進協議会・1987年)

CEC	pH	全-N	全-P ₂ O ₅	全-K ₂ O	全-CaO	全-MgO	Al ₂ O ₃
me/100g	(H ₂ O)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
20.2	8.6	0.28	0.35	0.21	2.70	5.54	13.57

NO ₃ -N	NH ₂ -N	有効態 P ₄ O ₅	交換性塩基(mg/100g)			陽イオン 飽和度 (%)	りん酸 吸収係数 (mg/100g)
(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	Ca	Mg	K		
0	0	2	67.6	11.0	1.1	394	2,000

第7表 培地の種類とアールスメロンの着果特性及び収量

(1990年)

	収穫日	交配日	成熟 日数	商品果の個数			商品果の重点		
				秀	優	計	秀	優	計
				個	個	個	g	g	g
製紙残さ炭化物(対照)	12.25	10.21	65	17	3	20	24,740	3,964	28,704
ロックウール粒状綿	12.20	10.16	65	15	2	17	21,600	2,572	24,172
ポリエステル	12.21	10.17	65	9	3	12	12,881	2,926	15,807

第8表 培地の種類とアールスメロンの品質

(1990年)

	平均 1果重	果径		果径比 たて +よこ	ネット		糖度(Bx)			果肉厚		果肉色 ***
		たて	よこ		精密※	強弱※	上	中	下	最高	最低	
		g	cm		cm			%	%	%	cm	
製紙残さ炭化物(対照)	1,435.2	14.0	13.8	1.01	3.7	4.1	12.1	13.2	12.5	3.7	2.1	1.1
ロックウール粒状綿	1,421.9	14.2	13.9	1.02	4.3	4.1	12.4	12.3	11.9	4.1	2.4	1.5
ポリエステル	1,317.3	13.3	13.1	1.01	3.9	4.0	13.0	12.9	12.6	3.9	2.5	1.3

*粗1~密5 **弱1~強5 ***緑が薄い1~濃い3

培養液処方の開発

パッシブ水耕でのアールスメロン栽培を目的に培養処方の開発をおこなった。

1 試験経過

養液栽培の処方としては、園試処方や山崎処方がよく知られている。そこで、これらの処方をベースに検討を行った。

2 結果及び考察

園試処方や山崎処方（メロン）をベースに濃度をかえて、アールスメロンの栽培試験を数回実施したが、不満足な結果であった。特に主枝摘芯適期頃の生育ステージで、葉にマグネシウム欠乏と思われる生理障害が発生した。また、アールセイヌ夏Ⅱを用いた高温時の栽培では、黄化葉症が多発した。

そこで、処方の改善を行った結果、第9表の処方（パッシブ処方：NO₃ 16、P 4、K 8、Ca 8、Mg 4 me/l）で栽培が安定した。

第9表 パッシブ処方 (1,000 l 当たり・1988年)

Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	硝酸石灰	799g
KNO ₃	硝酸カリ	632g
MgSO ₄	硫酸マグネシウム	388g
NH ₄ H ₂ PO ₄	リン酸第一アンモン	141g
EDTA-Fe	キレート鉄	Fe 3.0ppm
H ₃ BO ₃	ホウ酸	B 0.5ppm
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	塩化マンガン	Mn 0.5ppm
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	硫酸亜鉛	Zn 0.5ppm

第10表 大塚ハウス肥料を用いたパッシブ処方の例 (1990年)

Ca(NO ₃) ₂ · 4 H ₂ O	硝酸カルシウム	大塚ハウス2号	799g
KNO ₃	硝酸カリウム	大塚ハウス3号	632g
MgSO ₄	硫酸マグネシウム	大塚ハウス6号	388g
NH ₄ H ₂ PO ₄	リン酸第一アンモニウム	大塚ハウス7号	141g
EDTA-Fe	キレート鉄		
H ₃ BO ₃	ホウ酸		
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	塩化マンガン	大塚ハウス5号	50g
ZnSO ₄ · 7 H ₂ O	硫酸亜鉛		

第11表 培養液の濃度がメロンの生育、果実の大きさ、糖含量ならびに吸水量におよぼす影響 (池田ら・1991年)

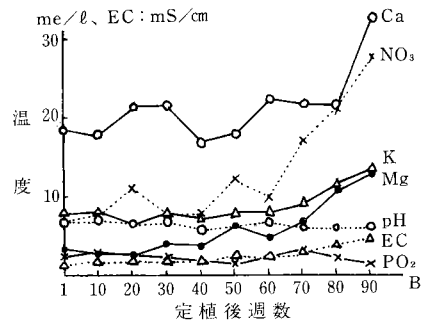
培養液濃度	春 作			秋 作		
	1/3	1	3	1/3	1	3
乾 葉	71.3±2.5	142.9±11.4	82.0±4.9	40.5±0.5	87.5±5.7	61.2±5.2
物 茎	31.4±3.9	38.5±3.5	29.3±3.0	19.6±0.6	29.5±1.0	21.9±0.8
重 根	37.5±3.4	53.6±5.4	33.8±2.2	21.0±0.7	36.3±2.9	36.1±1.8
(g) 全植物体	140.2±4.9	235.0±17.7	145.1±7.4	81.1±0.9	153.3±9.3	119.2±7.0
果 縦径(cm)	12.4±0.1	11.7±0.4	12.5±0.4	14.1±0.2	14.1±0.4	13.0±0.4
横径(cm)	12.8±0.2	11.6±0.6	13.4±0.3	13.8±0.2	14.7±0.1	13.7±0.4
実 重量(g)	1062±16	828±109	1154±89	1387±57	1539±55	1249±84
糖度	10.5±0.9	11.6±1.0	15.5±0.2	15.6±0.7	15.4±0.6	16.1±0.2
吸水量(l)	70.8	91.7	66.2	67.1	83.9	64.1

第6図に、パッシブ処方でアールスメロンを栽培した場合の培養液濃度の変化を示した。

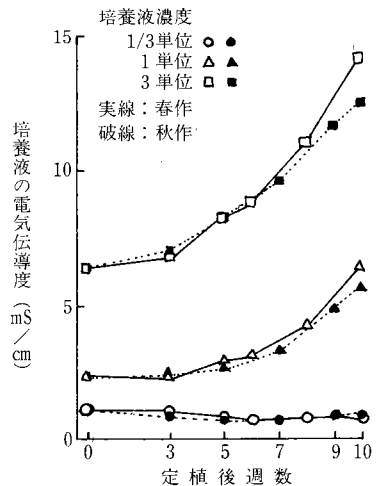
パッシブ水耕において、現状では、作型を問わず、同一の処方をを用いているが、吸水量や蒸散量から考えても、作型に応じて処方・濃度を変える必要があるかもしれない。

池田らも、パッシブ水耕でアールスメロンを栽培し、培養液濃度を1単位 (NO₃ 16.4、P 4、K 8、Ca 7.8、Mg 4.0me/l) のほかに1/3単位と3単位の試験区を設けたところ、春作 (4月16日定植) では培養液濃度が高いほうが糖度の高い果実を収穫でき、秋作 (9月11日定植) ではいずれの濃度でも十分に商品価値のある果実が収穫できたところから、本栽培法の実用化は十分に可能であるが、その際には栽培時期によって培養液の濃度を考慮する必要があると考えられるとしている (第7図、第11表)。

第6図 パッシブ処方でアールスメロンを栽培した場合の培養液濃度の変化(1988年)



第7図 栽培中の培養液の濃度(池田ら、1991年)



池田らの試験は、培地のモミガラを用い、培養液の処方もパッシブ処方ではないので、春作においては、試験区間で特に大きな差が生じたが、培地に製紙残渣炭化物を用い、パッシブ処方で栽培した場合は、作型によってそれほど差は生じないものの、多少とも、作型に応じて処方・濃度を変えることがベターであろう。

なお、培地に製紙残渣炭化物を用いると、培地が培養液のバッファーになっていることは十分考えられ、各イオンの濃度推移がゆるやかなことから実証された。

アールスメロンの栽培法開発

パッシブ水耕におけるアールスメロンの栽培方法について検討した。

1 試験経過

パッシブ水耕は、定植前に1回だけ、定植から収穫までに必要な培養液の全てを栽培槽に湛液するので、栽培槽の容積と作物の吸水量及び栽植密度によって、作物の種類・栽培期間が規定される。

そこで、栽培期間が比較的短く、かつ経済性の高いアールスメロンをパッシブ水耕の適作物と考え、その栽培方法について検討した。

2 結果及び考察

パッシブ水耕におけるアールスメロンは、実用段階の技術レベルに達したと考えられた。参考までに、熊本県鹿本郡植木町における現地試験の成績(第12表・第13表)及び静岡県農業試験場の成績を示す(第14表・第15表)。

第12表 現地試験(アールスメロン半促成栽培)の品質

(1990年)

1果重	果径		果径比 たて よこ	肉厚(cm)		糖度(BX、%)			ネット*	
	たて	よこ		最高	最小	上	中	下	粗密	強弱
g	cm	cm								
1,540	13.3	13.4	0.99	3.5	2.1	14.1	15.0	14.0	4.0	3.5

* 密5~粗1、強5~弱1

第13表 現地試験(アールスメロン抑制裁培)の品質

(1990年)

1果重	果径		果径比 たて よこ	肉厚(cm)		糖度(BX、%)			ネット*	
	たて	よこ		最高	最小	上	中	下	粗密	強弱
g	cm	cm								
1,580	13.4	13.8	0.97	3.6	2.0	14.3	15.3	14.3	4.3	3.5

第14表 収穫時の生育状況(静岡農試・1990年)

処理区	葉の大きさ				15~16 節莖径	15~20節 平均節間長	21~23節 の葉の乾物率
	15節		20節				
	タテ (cm)	ヨコ (cm)	タテ (cm)	ヨコ (cm)	(cm)	(cm)	(%)
A	18.6	26.4	23.6	34.4	0.97	7.1	28.2
B	16.6	24.2	18.3	24.3	0.97	6.6	29.5
C	18.6	25.9	24.1	34.3	0.98	7.0	26.4
D	23.4	30.8	28.2	38.2	1.10	6.3	22.9

第15表 果実

(静岡農試・1990年)

処理区	果重 (g)	果高 (cm)	果径 (cm)	果肉厚 (cm)	糖度	10cm間のネット		ネット2 の太さ の盛り	交配から収穫 までの日数	発酵果 発生率 (%)
						ネット1 の数(本)	ネット2 の数(本)			
A	1,349	13.7	13.5	4.0	12.5	20.7	4.2	4.6	50	0
B	1,334	13.7	13.4	4.0	13.9	22.5	4.1	4.3	51	20
C	1,279	13.2	13.4	4.0	13.1	19.1	4.1	4.2	50	10
D	1,697	15.8	14.2	4.3	14.3	19.4	5.0	5.0	53	0

栽培装置 培養液管理(定植~交配) 培養液管理(交配~収穫)

A	静岡型養液栽培装置	山崎メロン処方	静大メロン処方標準濃度
B	"	"	" NO ₃ -N 1/2濃度
C	"	"	山崎メロン処方
D	パッシブ的水耕装置	パッシブ処方	パッシブ処方

栽培装置 培養液管理(定植~交配) 培養液管理(交配~収穫)

A	静岡型養液栽培装置	山崎メロン処方	静大メロン処方標準濃度
B	"	"	" NO ₃ -N 1/2濃度
C	"	"	山崎メロン処方
D	パッシブ的水耕装置	パッシブ処方	パッシブ処方

食味は、黒砂糖的でなく、白砂糖的な上品な甘さがえられる。糖度は、作型・品種によって変化するが、5月下旬収穫のアールスクレスト春系で、16~17%の範囲内にあり高い。

以下、パッシブ水耕におけるアールスメロンの栽培方法について述べる。

(1)品種

作型で、品種を使い分けるが、それぞれの作型での適品種は土耕栽培とほぼ同じと考えられる。品種間の栽培難易度も土耕栽培とほぼ同じである。

(2)育苗

ア pHなどを化学的に処理した専用の炭化物に播種する。覆土は、やや厚めに行う。発芽始めまでは、30℃を目標に管理する。発芽開始後は、通風良好、採光十分の場所に移し少量の灌水をする。発芽後は、徒長しないように管理する。

イ 鉢上げ

子葉八分展開時に、専用の炭化物を用いて、底に排水孔を5つ開けた専用の9cm黒ポリポットに浅植えする。

ウ 育苗管理

育苗床は、通気採光の最もよい場所を選ぶ。温・湿度に注意し、高温多湿や冷え込みに注意する。

第16表の液肥などをほぼ2日置きに与える。培地の水分状態等を見て、液肥の量を加減する。また、特に、乾くときは灌水を行う。液肥や水の湿度にも注意する。アブラムシによるウイルス病の危険がある時期は、白寒冷紗などで対策する。

第16表 育苗時の処方 (100ℓ当り・1991年)

大塚ハウス2号	27g
大塚ハウス3号	21g
大塚ハウス5号	5g
大塚ハウス6号	13g
大塚ハウス7号	5g

育苗時期における病害虫の発生は、栽培自体に致命的な被害をもたらすことがあるので、防除の基本技術病徴の早期発見、早期防除に心がけ、伝染源の除去を行う。また、薬剤散布は、苗の組織も軟弱なことから葉害を生じやすいので、若苗や未活着苗ではさける。特に、30℃以上の高温と、日射しの強い日中の散布は行わない。

培地(炭化物)環境をナスハモグリバエが好むので、バイデート粒剤を1ポット当り1g用いるとよい。

(3)定植

ア 定植準備

養液温を19℃以上に確保することが第一である。寒い時期は、湛液を早めに行い、液槽をポリエチレンシート(シルバー)及びラプシートで被覆し養液温を高める。それでも、18℃を確保できないときは、定植の数日前から、加温し養液温を上げる。

なお、暑いときに湛液した場合は、すぐに、液槽をポリエチレンシート(シルバー)及びラプシートで被覆しないと、養液温が高くなりすぎるので注意する。

また、湛液したら、間を置かず、専用の炭化物の入った多孔硬質ポリポットを液槽に設置することが望ましい。特に、暑い時期は、緑藻類等発生危険性があるので厳守する。

原水は、他の養液栽培ほどの厳密性は要求されないものの、地下水を原則とし、一応の分析を行い、農業改良普及所、農協等と相談することが望ましい。

養液は、パッシブ処方とする。

イ 栽植様式

親蔓利用立体栽培とする。

株間は、通常40cm(1,880株/10a)とする。ただし、高温期は45cm(1,670株/10a)とする。

(蒸散量が多い期間は、養液の吸収量も多くなるので、1株当りの養液量を確保するため：株間40cm=108ℓ、45cm=122ℓ)

ウ 白寒冷紗

アブラムシの飛来や台風の危険性がある時期は、白寒冷紗を張る。

エ 定植

本葉2~2.5枚で定植する。

定植の数時間前に、第16表の液肥などをたっぷり与える。苗の移動は、根が痛まないように、丁寧に行う。

定植時の灌水は、原則として、必要ではない。ただし、高温・乾燥で、蒸散・蒸発が激しいときは、

活着するまで第16表の液肥などを与える。

(4)栽培管理

ア 空中湿度の確保

パッシブ水耕は、灌水管理ができず、また、空中湿度が低くなりやすいので、通路に灌水チューブを配管して、生育ステージに応じて空中湿度を管理するとよい。

特に、ネット発生初期には、ハウス内湿度を高めるため、午前中はやや蒸し込み気味に管理するが、午後は換気を強め草勢低下を防ぐ。なお、強い蒸し込みや長期間の蒸し込みは避ける。

また、急に湿度や室温が下がるような管理は、株の傷みや玉あざの原因となるので注意する。

イ 温度管理

培養液温を定植から収穫2週間頃までは、19℃以上に保つよう施設の温度管理を行う。その後の培養液温は少しずつ下がってもよいが、16℃以下にならないようにする。

その結果、夜間気温は、交配まで20℃、交配から2次ネット最盛期まで22℃、2次ネット最盛期から収穫2週間頃まで20℃、それ以降、少しずつ下げ16℃とするのが基本となると思われる。

昼間気温は、交配までは、午前中の最高気温は30℃とし28℃を維持する。午後はこれより3℃程度下げ25℃を維持する。

交配期からネット発生前にかけては、午前中の最高気温は33℃、午前中は30℃を維持し、午後は28℃を維持する。

ネット発生期には、午前中の温度管理については30℃を維持するが、午後は、25℃程度まで下げる。

ネット完成後は、午前中の最高気温30℃とし、午前中は28℃、午後は24℃程度まで下げる。

ウ 整枝と誘引

整枝、誘引等の作業は常に先手の作業を行う。誘引時に、高さを揃えることが大切である。

本葉4～5枚時に、子葉と本葉1枚を除き、7～8枚時に本葉2枚を除く。

主枝から出る側枝は、1～10節までは、早めにすべて除去する。

草勢及び雌花の着生、質を確認し、原則として、11～15節の側枝の内3本を残し、結果枝とする。結果枝より上位の側枝は、早めに除去する。

主枝の摘芯は、交配の1～3日前に、結果枝の上8枚内外で行う。

エ 交配

ミツバチは、交配2日前までに搬入する。ミツバ

チは、農薬に弱いので、搬入前からの農薬の使用に注意する。

結果枝の摘芯は、交配前日か当日に、結果枝の2節～3節の節間が5cm以上伸びたら行う。

交配日付けを豆ラベル等で結果枝ごとに明記し、適期収穫の目安とする。

オ 摘果

果実が、鶏卵大よりやや小さめのころ、やや縦伸びしたものを1果残す。摘果作業は、雨天日を避け、晴天日に行う。

カ 玉つり

水平よりやや高めにつる。

キ 袋かけ

1次ネットの発生前から1次ネットの発生期に行うが、作型や気象によって時期を調整する。

ク 摘葉

病害予防をかねて、草丈30cm程度の頃に子葉と本葉1枚を除去し、次に摘芯前までに地ぎわより20cmまでの本葉を除去する。

ケ 雄花除去

雄花は摘果と同時に完全に除去し、茎や葉、果実などに付着しないようにする。枯死した花びらは灰色かび病などの発生源になりやすい。作業は、乾燥した晴天日に行い、作業後には、農薬の予防散布も考える。

コ 培養液の追加

パッシブ水耕では、培養液（水だけでも）の追加は危険である。少量の追加でも、根にストレスを与え、水深にして2cm以上の追加は、根腐れを起こし、最悪の場合は枯死する危険性がある。

どうしても、培養液を追加しなくてはならない場合は、早い段階から始め、1日の追加量を水深1cm以内にとどめ、なか2日以上、追加間隔をあける。

サ 収穫

糖度検査を行い、適期に収穫する。

シ 病害虫

主として、つる枯れ病（キャンカー）、うどんこ病、べと病、斑点細菌病、ハダニ類、アブラムシ類、ミナミキイロアザミウマ（スリップス）、オンシツコナジラミ、タバココナジラミ、ナスハモグリバエなどがある。無病苗の植え付けと予防（農薬および耕種的予防）に努める。

いわゆる土壌病害虫が発生する可能性は、非常に小さい。

なお、摘葉、整枝、摘果などの作業には、つる枯れ病などの発生を助長するので、ハサミを用いない。

ス 栽培終了後の液槽の掃除
 残液を流し、防虫シートに穴が開かないように気
 をつけながら、液槽を掃除する。
 液槽の薬剤等による消毒は、特に必要としない。

におけるトマト栽培について検討した。

2 結果及び考察

第17表の試験設計で試験を実施した。播種期は、1990
 年3月1日、定植期は、同年3月22日である。

トマト栽培法の検討

パッシブ水耕におけるトマトの栽培について検討した。

1 試験経過

パッシブ水耕において、低段あるいは密植栽培及びそ
 れを組み合わせることは、在圃期間を短くし施設の回転
 を早めることに寄与するものと考えられる。

また、トマトは経済性の高い作物である。

そこで、施設の効率的利用をめざして、パッシブ水耕

第17表 試験設計

要因	水準	
収穫段位	2 段	4 段
栽植密度	粗	密
供試品種	桃太郎	ハウス桃太郎

第18表 生育

(収穫終了時・1990年)

要因	水準	草丈 cm	葉長 cm	葉幅 cm	花房下茎径				茎葉重 g	根重	
					1花	2花	3花	4花		パイプ内	外
					cm	cm	cm	cm		g	g
収穫段位	2段	72	53	63	1.76	1.85	—	—	1,130	145	155
	4段	114	46	59	1.85	1.87	1.78	1.21	1,20	216	31
栽植密度	粗	94	48	60	1.85	1.91	1.83	1.15	1,295	210	105
	密	91	51	61	1.76	1.82	1.72	1.27	1,044	152	81
品 種	桃太郎	90	49	60	1.81	1.94	1.80	1.22	1,122	196	122
	ハウス桃太郎	96	50	62	1.80	1,79	1.76	1.20	1,217	165	65

第19表 収量

(1区10株当り・1990年)

要因	水準	上物		下物		合計		果実	障害		果数	糖度 %	酸度 %
		個数	重量	個数	重量	個数	重量	平均重	小果	裂果	チャック		
		個	g	個	g	個	g	g	個	個	個		
収穫段位	2段	44.5	6,857	32.5	3,543	77.0	10,399	136	15.8	4.8	10.5	6.6	0.75
	4段	84.3	13,636	36.0	4,663	120.3	18,278	153	15.5	13.8	10.3	6.0	0.53
栽植密度	粗	60.3	9,875	36.3	4,392	96.5	14,267	147	17.8	6.0	10.3	6.5	0.64
	密	68.5	10,618	32.3	3,793	100.8	14,410	141	13.5	12.5	10.5	6.1	0.65
品 種	桃太郎	62.5	10,345	32.3	4,273	94.8	14,617	153	12.8	7.8	10.0	6.2	0.63
	ハウス桃太郎	66.3	10,148	36.3	3,912	102.5	14,060	135	18.5	10.8	10.8	6.4	0.66

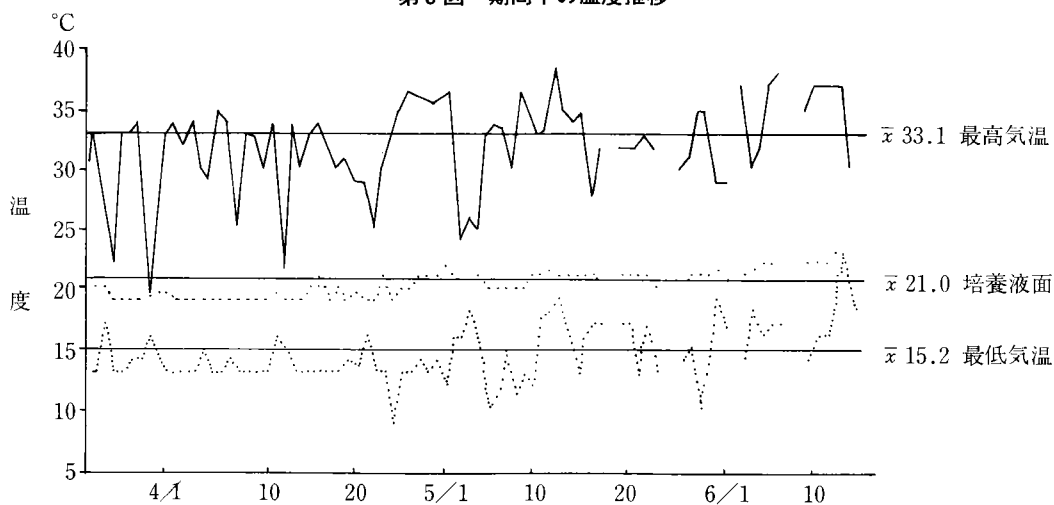
培養液は山崎処方トマト用の1.5単位を用い、水深を10cmに保ち補給した。

その結果、栽培期間中の気温は最高気温平均33.1℃、最低気温平均15.2℃で推移した。

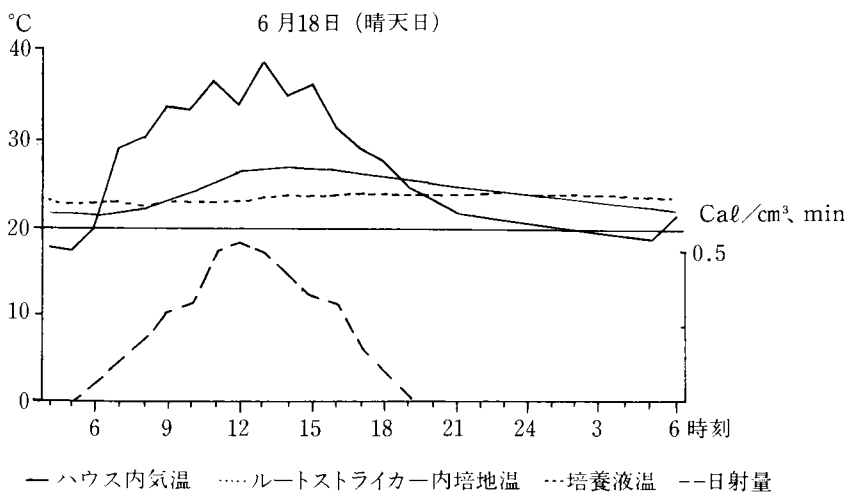
培養液の温度推移は20~23℃、平均21.0℃で安定していた。日変化も0.5℃程度であった。多孔硬質ポリポット内の培地温度は培養液温より変化が大きく、2℃程度の日変化があった。(第8図、第9図)

また、生育・収量・品質等から、パッシブ水耕によるトマト栽培は可能であることが判明した(第18表・第19表)。栽培法としては、4段どりが収穫期間の延長の割に増収効果が高く、462株/aの密植と308株/aで、株当りの収量差もないことから、密植の有利性が明らかとなった。また、462株/a程度の密植までは品質低下も認められなかった。品種は、'桃太郎'が1果重が大きく有望であった。

第8図 期間中の温度推移



第9図 気温・養液温・培地温及び日射量の日変化



糖度は、処理による大きな差はなかったが、2段が4段より、粗植が密植よりやや高かった。酸素は、2段が4段より高かった。

培養液のpHは、6.7~7.7で推移した。ECは、補給までは、当初の2.38~4.60まで次第に上昇し、補給後は下がった。硝酸態窒素、石炭、苦土もECと同様に補給までは、次第に上昇した。しかし、磷酸は、次第に減少し、加里も初期には上昇し、のち減少した(第20表)。この様に、培養液成分の変化が著しいこと、収穫収量時に実

施した培地の分析結果によると塩類集積が認められた(第21表)ことから、培養液処方について検討が必要と考えられた。

なお、O₂アップテスターを利用して、根の呼吸量を測定した結果、多孔硬質ポリポット内部の根では、4段どりが2段どりより、粗植が密植より、'ハウス桃太郎'が'桃太郎'よりそれぞれ高かった。外部の根では、2段が4段より、密植が粗植より、'ハウス桃太郎'が'桃太郎'よりそれぞれ高かった。乾物当りでは、多孔

第20表 培養液無機成分推移

(1990年)

分析日	pH	EC	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
		mS/cm	me/l	me/l	me/l	me/l	me/l
3月23日	6.9	2.38	20.8	4.2	6.8	7.3	5.9
4月5日	7.1	2.85	20.9	3.2	6.3	9.3	5.9
15	7.3	3.08	22.5	1.7	5.5	13.9	6.2
25	7.6	3.40	22.5	0.2	7.5	19.4	6.0
5月5日	7.7	4.00	21.9	0.2	7.5	25.6	6.3
15	7.1	4.33	24.9	0.2	4.8	34.7	5.9
25	6.7	4.60	25.7	0.9	3.1	31.8	7.9
6月6日	7.2	2.75	18.8	2.2	1.9	18.5	4.9
17	7.2	2.65	17.5	1.2	2.5	18.6	5.8
期間平均	7.2	3.34	21.7	1.6	5.1	19.9	6.1

第21表 収穫後の培地のEC

(25°C 1:5)(1990年)

位置	EC
鉢本	9.27mS/cm
上位部	9.90
中位部	8.06
下位部	4.00

硬質ポリポット（ルートストライカー）の内部根より外部根の呼吸量が多かった（第22表）

次に、ミニトマト（ミニキャロル）の1段階摘芯栽培～6段階摘芯栽培について検討した。

播種期は、1990年1月10日、定植期は、同年2月15日である。

培養液は山崎処方トマト用の1.5単位を用い、水深を1

0cmに保ち補給した。

その結果、栽培期間中の気温は最高気温平均32.0℃、最低気温平均14.2℃で推移した。培養気温は、平均19.9℃で安定していた（第10図）。

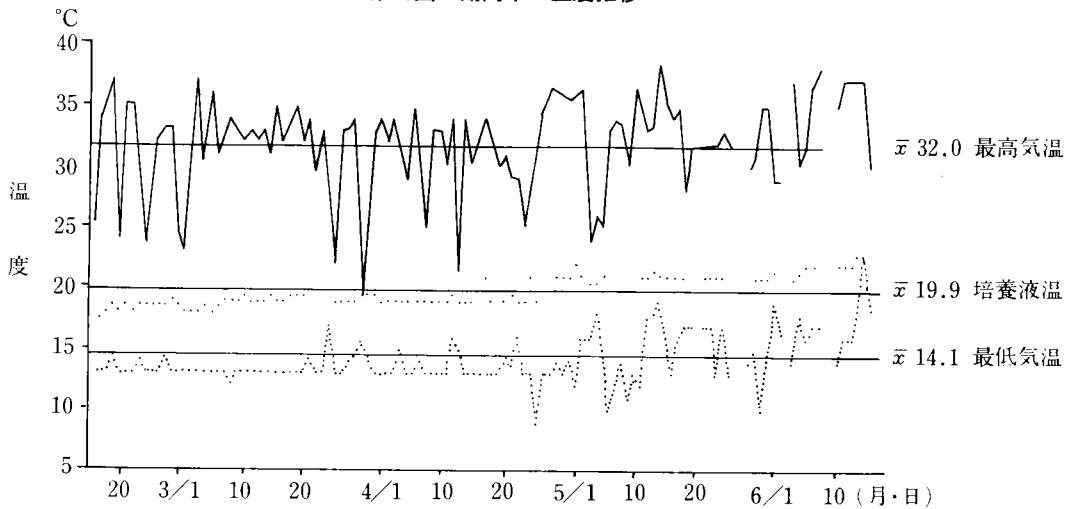
収穫終了時の茎径は、摘芯段位が高いほど下位の茎が大きくなり、上位の茎は細くなった。着花数は、1段階摘芯が最も少なく、2段がそれに次ぎ、3段以上はほぼ同じで

第22表 根の呼吸 (1990年6月28日)

要因	水準	ルートストライカー	
		内根	外根
		mg/H・乾物g	mg/H・乾物g
収穫段位	2 段	2.39	6.85
	4 段	2.85	4.98
栽植密度	粗	2.96	5.57
	密	2.28	6.26
品 種	桃太郎	2.35	5.64
	ハウス桃太郎	2.89	6.19

* 大洋科学工業社 O₂アップテスター 25℃

第10図 期間中の温度推移



あった(第11図、第23表、第24表)。

収量は、摘芯段が増えるにつれて増加したが、増加率は多段位になる程低下する傾向を示した(第25表)。

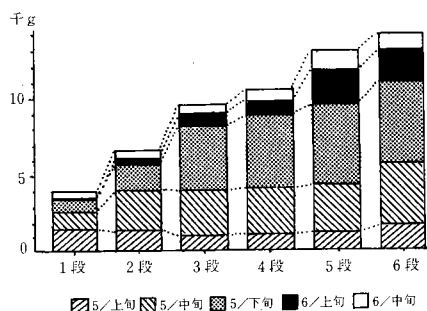
時期別収量は、1段摘芯は5月上旬に、2段摘芯は5月中旬に、3、4、5、6段摘芯は5月下旬に収量のピークが認められた(第26表)。

糖度は、収穫中期には処理間に差がなく、後期には1段摘芯が低く5段摘芯が高かった。1果重は、収穫段位

が低いものほど大きかった。また、収穫段位が高いものほど1果重の減少が早かった(第27表)。

培養液のpHは、水補給前までは、6.6~7.5で推移したが、その後は8.2~8.4に上昇した。ECは、補給までは、当初の2.03~5.23まで上昇し、補給後は下がった。硝酸態窒素、石灰、苦土もECと同様に、補給までは次第に上昇した。しかし、リン酸は次第に減少し、加里も若干減少した(第28表)。

第11図



第23表 生育(莖径)

(1990年6月21日)

試験区	第1花房下	第2花房下	第3花房下	第4花房下	第5花房下	第6花房下
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1段どり	15.5					
2段どり	17.7	15.3				
3段どり	17.7	16.7	13.7			
4段どり	15.7	17.7	16.0	15.5		
5段どり	17.7	17.8	17.0	15.3	13.7	
6段どり	17.5	17.8	16.7	15.2	13.5	12.2

第24表 着花及び開花

(1株当たり・1990年)

試験区	第1花	第2花	第3花	第4花	第5花	第6花	1段開花数	
							3月12日	3月14日
							個	個
1段どり	24						0.3	9.0
2段どり	26	39					0	9.8
3段どり	17	42	53				0.2	10.2
4段どり	17	22	29	24			0.3	10.2
5段どり	16	24	93	39	56		0.1	9.6
6段どり	31	35	54	68	46	64	0.2	10.0

第25表 収量

(10株 6.5㎡当り・1990年)

試験区	上物		下物		合計		裂果数	小果数
	個数	重量	個数	重量	個数	重量		
	個	g	個	g	個	g	個	個
1段どり	216	3,643	20	120	236	3,763	5	15
2段どり	420	6,280	31	258	451	6,538	11	20
3段どり	722	9,262	33	196	755	9,458	9	24
4段どり	868	10,014	79	356	947	10,370	3	76
5段どり	1,168	12,450	86	358	1,254	12,808	9	77
6段どり	1,179	13,428	97	398	1,276	13,826	12	85

第26表 時期別収量

(10株 6.5㎡当り・1990年)

試験区	5月						6月			
	上旬		中旬		下旬		上旬		中旬	
	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量
	個	g	個	g	個	g	個	g	個	g
1段どり	73	1,365	56	1,115	43	730	15	165	50	388
2段どり	71	1,284	152	2,608	114	1,652	44	436	70	558
3段どり	60	978	178	2,836	340	4,206	98	852	79	586
4段どり	69	1,052	223	2,922	434	4,690	114	962	107	744
5段どり	73	1,136	221	3,020	484	5,200	254	2,192	222	1,260
6段どり	101	1,626	287	3,948	457	5,230	241	1,972	190	1,050

第27表 糖度及び時期別平均果重

(1990年)

試験区	糖度(Brix)		5月			6月		平均果重
	5月25日	6月15日	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	
	%	%	g	g	g	g	g	
1段どり	7.5	8.6	18.8	19.8	17.2	11.0	7.8	15.9
2段どり	7.2	9.3	18.2	17.2	14.5	9.9	8.0	14.5
3段どり	7.5	9.3	16.3	15.9	12.4	8.7	7.4	12.5
4段どり	7.3	9.3	15.2	13.1	10.8	8.4	7.0	11.0
5段どり	7.7	10.1	15.6	13.7	10.7	8.6	5.7	10.2
6段どり	7.9	9.5	16.1	13.8	11.4	8.2	5.5	10.8

第28表 養液成分推移

(1990年)

分析日	pH	EC	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
		mS/cm	me/ℓ	me/ℓ	me/ℓ	me/ℓ	me/ℓ
2月14日	6.6	2.03	12.2	3.1	7.1	2.3	6.4
26	7.2	3.16	11.7	2.2	7.2	15.0	7.6
3 8	7.5	4.95	12.5	0.8	6.7	37.7	9.7
19	7.0	4.52	11.6	0.9	6.8	37.3	8.1
31	7.1	4.73	18.3	0.6	6.4	42.4	12.6
4 11	6.9	4.94	19.7	0.7	6.3	45.5	12.6
21	7.2	5.23	19.3	0.8	5.6	49.6	12.6
5 11	8.4	3.14	2.2	0.2	1.4	32.9	7.9
22	8.2	3.66	0.8	2.3	1.2	40.5	10.1
6 1	8.2	1.55	0.3	0.5	0.3	17.5	2.5
期間平均	7.4	3.79	10.9	1.2	4.9	32.1	9.0

さらに、ミニトマト（ミニキャロル）の栽植密度・様式について試験を行った。試験区は、株間50cm 1条植え（154株/a）、株間50cm 2条植え（308株/a）、株間25cm 1条植え（308株/a）、株間25cm 2条植え（615株/a）の4区で行った。

播種期は、1990年1月10日、定植期は、同年2月15日である。

培養液は山崎処方トマト用の1.5単位を用い、水深を10cmに保ち補給した。

仕立て法は、主枝1本仕立て6段どりとした。

その結果、栽培期間中の気温は最高気温平均32.0℃、最低気温平均14.2℃で推移した。培養液温は、平均19.9℃で安定していた（第12図）。

茎径は、1条植えが2条植えより、株間50cmが株間25cm

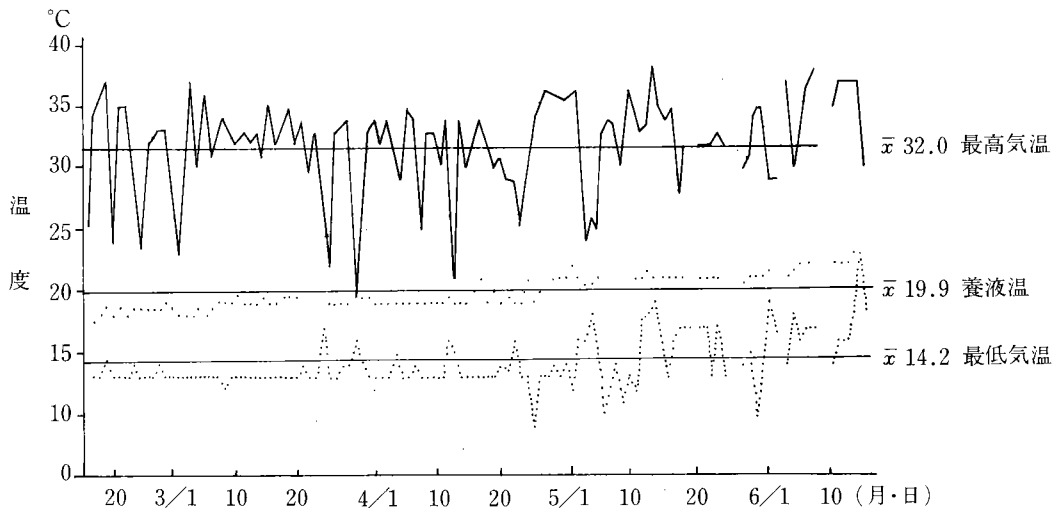
よりそれぞれ大きかった。（第29表）。

上物収量、合計収量とも株間25cmが株間50cmより多く、株間25cmでは2条植えが高い値を示した（第30表）。

糖度は、株間25cmが株間50cmより高く、平均果重は、株間50cmが株間25cmより、2条植えが1条植えより大きかった（第31表）。

培養液のpHは、6.6~8.2で推移した。ECは、当初の1.98~4.65までの間で推移した。硝酸態窒素は、最後には非常に高くなったが、概ね9~20me/lまでの間で推移した。加里も最後は高かったが、3.5~7.7me/lまでの間で推移した。石灰は、初期では低かったが、その後は、10~40me/lで推移した。磷酸は、次第に減少傾向を示した。（第32表）。

第12図 期間中の温度推移



第29表 生育(茎径)

(1990年6月21日)

試験区	第1花房下	第2花房下	第3花房下	第4花房下	第5花房下	第6花房下
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
50cm 1条	19.7	21.0	21.0	20.2	16.8	15.8
50cm 2条	17.8	17.3	17.7	17.5	17.0	15.3
25cm 1条	17.8	18.3	17.3	15.8	15.7	15.0
25cm 2条	17.5	17.8	16.7	15.2	13.5	12.2

以上の結果から、パッシブ水耕によるミニトマト栽培では、6段程度の低段栽培の場合、株間25cmの2条植え、615株/a程度の密植が適当と考えられた。

ト栽培の実用性は確認されたが、培養液の処方、収穫段数・栽植密度と1株当りの培養液必要量等残された問題は多い。

この3つの試験の結果から、パッシブ水耕によるトマ

第30表 収量

(10m²当り・1990年)

試験区	上 物		下 物		合 計		裂果数	小果数
	個数	重量	個数	重量	個数	重量		
	個	g	個	g	個	g	個	個
50cm 1条	4,246	44,817	586	2,003	4,832	46,820	37	549
50cm 2条	4,068	41,231	591	2,215	4,658	43,446	117	474
25cm 1条	5,575	65,649	342	1,538	5,917	67,188	65	277
25cm 2条	7,255	82,634	597	2,449	7,852	85,083	74	523

第31表 糖度及び時期別平均果重

(1990年)

試験区	糖度(Brix)		5 月			6 月		平均果重
	5月25日	6月15日	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	
	%	%	g	g	g	g	g	
50cm 1条	7.4	8.0	19.0	14.8	11.7	10.2	6.3	9.7
50cm 2条	8.3	9.6	16.7	15.5	11.0	7.4	5.4	9.3
25cm 1条	7.2	8.2	17.1	15.8	12.5	10.5	7.5	11.4
25cm 2条	7.9	9.5	16.1	13.8	11.4	8.2	5.5	10.8

第32表 養液成分推移

(1990年)

分析日	pH	EC	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
		mS/cm	me/l	me/l	me/l	me/l	me/l
2月14日	6.6	1.98	11.6	2.9	6.8	2.1	6.9
26	7.1	2.68	9.2	2.8	7.2	10.9	5.9
3 8	7.2	3.80	12.7	2.4	7.7	23.8	7.1
19	6.8	3.85	11.9	1.9	7.1	26.8	7.3
31	6.9	4.08	16.5	1.7	7.2	32.7	9.8
4 11	6.8	4.15	21.2	1.7	7.1	33.9	9.3
21	6.9	4.41	21.9	1.7	6.7	33.3	9.5
5 1	7.4	2.20	21.1	0.6	3.5	15.3	5.8
11	8.2	3.94	15.9	0.6	5.1	34.3	9.3
22	7.8	4.63	16.8	2.7	7.4	43.5	10.9
6 1	7.7	2.68	14.4	1.8	7.3	19.0	5.2
12	7.3	4.65	43.6	0.7	12.6	23.2	6.1
期間平均	7.2	3.59	18.1	1.8	7.1	25.3	7.8

有機的培養液

パッシブ水耕における有機的培養液の実用性を検討した。

1 試験経過

普通、有機的培養液100%では、微生物等の蔓延により根が侵され、とても果実収穫には至らないと考えられるが、パッシブ水耕では、湛液であるため培養液中の溶存酸素量が少なく、好気性微生物の増殖が抑えられることや、培地に製紙残渣炭化物を使用しているため静菌作用があることなどから栽培が成立する可能性がある。

また、最近、作物の安全性と品質向上をめざして、有機農業がクローズアップされているが、養液栽培で、有機農業を実現させることは意義があると考えられる。

さらに、用いる有機物の種類によっては、コストの低減をはかることができる。

2 結果及び考察

試験区の構成は、第33表の通りである。

供試作物はアールスメロン（アールスクレスト秋冬系）で、播種期は1990年1月6日、定植期は同年1月31日である。

牛ふん尿処理液の組成をみると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度のみがパッシブ処方より高いのを除き、いずれも低い値を示した（第34表）。

培養液の推移は、対照区は、パッシブ水耕のほぼ標準的なパターンを示した。「有機的培養液50%」区は、対照区に比し、各調査項目とも低い値を示した。ただし、pHは、初めは対照区に比し高い値を示したが、5月1日採取の分析結果では、4.5と低い値を示した。また、ECも5月採取の分析結果では高い値を示した。「有機的培養液100%」区は、「有機的培養液50%」区より、更に、各調査項目とも低い値を示した。ただし、「有機的培養液50%」区と同様、pHが、5月1日の分析結果で、4.4と低い値を示し、4月3日の分析結果でも、5.1と比較的低かった（第35表）。

第33表 試験区の構成

区	処 理 内 容
パッシブ処方 (対照)	水1000ℓ当り大塚ハウス2号799g、同3号632g、同5号50g、 同6号388g、同7号141g。
有機的培養液 50%	パッシブ処方液50%+牛ふん尿処理液50% パッシブ処方培養液100ℓにふん尿を活性汚泥法で浄化した 液100ℓを混ぜる
有機的培養液 100%	牛ふん尿処理液100%

第34表 牛ふん尿処理液の組成(1月17日採取、ECはms/cm、他はme/ℓ)

(1990年)

pH	EC	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	Ca	Mg	K	P
8.1	1.29	0.03	6.37	1.09	0.39	3.15	2.03

生育量は、栽培期間を通じて常に、対照区>「有機的培養液50%区」>「有機的培養液100%区」の順で多かった(第36表)。

収穫果の交配日は、対照区>「有機的培養液50%区」>「有機的培養液100%区」の順で早く、特に、「有機的培養液100%」区は、かなり遅かった。成熟日数は、「有

機的培養液100%」区が最も短かったが、これは、交配日が遅れたため、着果後の気温が高く推移したため(積算温度)と考えられた(第37表)。

平均1果重及び果径は、対照区>「有機的培養液50%」区>「有機的培養液100%」区の順で高い値を示した。果径比は、1.01~1.02で良好であった。ネットは、「有

第35表 培養液の推移

(ECはms/cm、他はme/l)(1990年)

	月・日	pH	EC	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Ca	Mg	K	P
パッシブ処方 (対照)	2.9	7.0	2.20	10.71	1.48	11.07	2.03	5.1	3.17
	3.2	7.1	2.38	13.07	0.94	14.01	1.93	4.3	2.10
	4.3	6.6	3.83	19.16	0.04	27.95	6.67	8.0	0.03
	5.1	7.5	4.10	7.58	0.84	23.23	11.90	7.5	0.10
有機培養液 50%	2.9	7.3	1.58	4.46	1.56	10.66	1.02	1.0	0.37
	3.2	7.3	1.51	4.70	0.76	11.47	1.02	0.7	0.27
	4.3	7.4	1.96	0.28	0.20	22.82	1.95	tr	0.01
	5.1	4.5	3.30	0.01	0.04	41.28	2.82	0.1	0.07
有機培養液 100%	2.9	7.7	1.23	tr	3.65	3.35	1.02	1.9	0.81
	3.2	7.6	1.56	0.14	3.15	8.02	1.62	1.8	0.67
	4.3	5.1	1.27	tr	0.04	10.87	1.85	tr	0.02
	5.1	4.4	2.23	0.05	0.04	21.79	3.08	tr	0.35

第36表 生育

(1990年)

	草丈 cm	節数 節	葉長 葉幅 葉柄長 (第100節数)			* 葉色	茎径	葉長	葉幅	葉柄長	* 葉色	茎径
			第10節 直下	cm	cm		cm					第20節葉
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
パッシブ処方 (対照)	161.5	24.0	22.8	28.3	13.5	51	12.2	26.9	37.2	16.3	56	12.8
有機的培養液 50%	143.0	24.0	19.9	25.4	12.0	27	11.5	23.2	33.1	10.5	39	9.9
有機的培養液 100%	135.0	25.0	18.8	21.7	10.9	18	10.0	21.9	29.3	9.1	22	9.6

* SPAD値

第37表 収穫日・交配日・成熟日数 (1990年)

	収穫日 月・日	交配日 月・日	成熟日数 日
パッシブ処方 (対照)	5.1	3.4	58
有機的培養液 50%	5.5	3.7	59
有機的培養液 100%	5.16	3.23	54

摘 要

有機的培養液100%」区がやや劣った。糖度は、対照区>「有機的培養液50%区>「有機的培養液100%」区の順で高かった。果肉厚も糖度と同様な傾向であった(第38表)。

収穫した果実成分の果汁当り濃度(ppm)をみるとCl⁻は、牛ふん尿処理液の培養液への混入量が多くなる程高い値を示し、食味テスト結果では、「有機的培養液100%」区は、やや塩辛く感じられた。NO₃-Nは、対照区のみで数値が得られ、他の試験区の果実には、測定限界値以上のNO₃-Nは含まれていなかった。PO₄³⁻及びSO₄²⁻は、対照区が最も高い数値を示し、「有機的培養液100%」区が最も低い数値を示した(第39表)

以上の結果から、養液栽培では、主に根を侵す病害の危険性が高いため、培養液に有機物を混入することが、強く避けられてきたが、パッシブ水耕では、有機物を用いる可能性が示唆された。

1 熊本県農業研究センターと大電株式会社は、給水タンクや循環ポンプ、制御装置等を必要とせず、また、ハウス内の暖房(空中温度)以外には石油や石炭などの化石エネルギーを使用することなく、太陽などの自然エネルギーを最大限に利用する養液栽培をめざして、元東京教育大学教授・山崎肯哉博士の毛管水耕の原理を応用したパッシブ水耕(湛液・液面低下・湿気中根栽培)の開発について共同研究を行った。

2. パッシブ水耕は、収穫までに必要な養分吸水量にみあう均衡培養液を栽培開始前に1回だけ液槽に湛液する。作物による培養液の吸収によって液面は低下する。液面が低下することによって、根は培養液中から空気中に露出するが、湿度を保った多孔硬質ポリポット内に収納されている根は、湿気中根となる。水中根は、養液表面に浮かび養液表層の溶存酸素を利用する。

3 パッシブ水耕では、栽培される作物が、一生に必要な培養液を栽培開始のときに1回与えるだけでよいなど、装置とノウハウ・メンテナンスが極めて簡易化されている。

第38表 品質

(1990年)

	平均 1果重	果 径		果径比 たて +よこ	ネット		糖度(Bx)			果肉厚	
		たて	よこ		粗密*	強弱*	上	中	下	最高	最低
	g	cm	cm				%	%	%	cm	cm
パッシブ処方 (対照)	1,651	14.5	14.3	1.01	4.0	3.8	14.7	15.2	14.0	4.0	2.4
有機的培養液 50%	1,560	14.0	13.8	1.01	4.0	3.5	14.2	14.6	14.0	3.9	2.3
有機的培養液 100%	1,267	13.2	13.0	1.02	3.5	3.3	12.6	13.0	12.3	3.4	2.2

第39表 収穫した果実成分の果汁当りppm

(1990年)

	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
パッシブ処方 (対照)	281.63	97.21	887.94	443.19
有機的培養液 50%	334.70	—	419.77	415.72
有機的培養液 100%	368.64	—	575.43	357.27

4 栽培槽の枠板は、油脂含量が多く強靱な松材を適当と認めた。しかし、松材であっても、地中に埋設するため虫害や腐食の恐れがあるので、液剤により防虫・防腐処理をすることが必要である。

5 栽培槽の防水シートは、サイロの壁面資材である防虫シートが、強度・加工性・安全性・価格等、総合的に判断して適当と認めた。

6 多孔硬質ポリポットの材質は、軽く安いという点で、ポリポットを選定したが、他の資材でもよい。

7 多孔硬質ポリポットへの防根シートの利用は、湿気中根の量を増やし、生育・収量・品質を向上させることがある。防根シートを用いれば、多孔硬質ポリポットごと苗を運搬することが容易となるので、大苗育苗により、本圃における1作の栽培期間を短縮でき、本圃の回転を早められる可能性があると考えられた。

8 育苗ポットは、9cmの黒ポリポットで、底面に5つの穴を開けたものを適当と認めた。

9 栽培槽の形状は、幅45cm×深さ60cmが優れたが、現状では、工法やイニシャルコストの関係から、幅60cm×深さ45cmを採用している。ただし、深いほど、根圏温度が安定することや、液面低下スピードが早くなることにより、根圏の発達スピードも早まることになり、栽培がスピードアップされ、かつ安定するものと考えられる。

10 栽培槽を半地下・密閉とすることによって、液温(根圏温度)と地温との熱交換がなされ、根圏温度を適温に保つのに役立つ。

11 パッシブ水耕の培地として、製紙残渣炭化物を適当と認めた。ただし、安全性の確認を行い、pHとリン酸吸収係数を矯正する必要がある。

12 アールスメロン用の培養液処方として、パッシブ処方(No. 16、P 4、K 8、Ca 8、Mg 4me/l)を開発した。

13 パッシブ水耕におけるアールスメロンは、実用段階の技術レベルに達したと考えられた。

食味は、上品な甘さで、糖度は、作型・品種によって変化するが、5月下旬収穫のアールスクレスト春系で、16~17%の範囲内にあり高い。

14 パッシブ水耕によるトマト栽培の実用性は確認されたが、培養液の処方、収穫段数・栽植密度と1株当りの培養液必要量等残された問題は多い。

15 パッシブ水耕における有機的培養液の実用性を検討した結果、養液栽培では、主に根を侵す病害の危険性が高いため、培養液に有機物を混入することが、強く避けられてきたが、パッシブ水耕では、有機物を用いる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、最初から最後まで、適切な御助言を親切に与えてくださった、山崎肯哉博士に深く感謝します。

引用文献

- 1) 池田英男ら
培養液静置法による蔬菜の水耕(第1報)培養液の濃度がメロンの果実収量、品質ならびに養水分吸収に及ぼす影響 農業施設学会平成3年度農業施設学会大会講演要旨 11-12 (1991)
- 2) 小野誠ら
パッシブ的水耕の実用化に関する研究(第1報)湛液・液面低下・湿気中根栽培 園芸学会昭和62年度秋季大会研究発表要旨 354-35 5 (1987)
- 3) 小野誠ら
パッシブ的水耕の実用化に関する研究(第2報)メロン栽培における液面の低下速度と培養液濃度 園芸学会昭和63年度秋季大会研究発表要旨 296-297 (1988)
- 4) 小野誠
炭化物の野菜に対する利用 熊本の野菜第66号(熊本県野菜振興協会) 26-31 (1988)
- 5) 小野誠
毛管水耕とは—パッシブ水耕の開発—施設と園芸No. 62 1988年9月号(日本施設園芸協会) 49-54 (1988)
- 6) 小野誠
野菜づくりへの製紙残さ炭化物の利用 園芸新知識野菜号1990年9月号(タキイ種苗株式会社) 41-46 (1990)
- 7) 小野誠
パッシブ的水耕栽培 農業技術体系野菜編第12巻(農村漁村文化協会) 養液栽培34の12-17 (1991)
- 8) 小野誠
パッシブ水耕によるアールスメロンの栽培技術 農耕と園芸1991年10月号(誠文堂新光社) 86-89 (1991)
- 9) 小野誠
パッシブ水耕によるアールスメロンの栽培技術 野菜園芸技術1992年1月号(全国農業改良普及協会) 39-41 (1992)
- 10) 熊本県農業研究推進協議会

- ブラックワンの養分吸着と溶出に関する試験 昭和62年度春夏作肥料展示は成績書 (熊本県経営普及課ほか) 92-93 (1988)
- 11) 熊本県農業研究推進協議会
IV. ブラックワンのりん酸 (H_2PO_4) 処理と混合割合 昭和62年度春夏作肥料展示は成績書 (熊本県経営普及課ほか) 104-107 (1988)
- 12) 熊本県野菜振興協会
ネットメロン抑制栽培 熊本県野菜耕種基準 75-79 (1986)
- 13) 黒野誠六ら
パッシブ的水耕栽培の装置及び栽培技術確立 (予備試験) 熊本農試昭和63年度園芸試験成績書 59-62 (1989)
- 14) 黒野誠六ら
パッシブ的水耕栽培の装置及び栽培技術確立 熊本農研センター平成元年度野菜試験成績書 108-121 (1990)
- 15) 黒野誠六ら
パッシブ的水耕栽培の装置及び栽培技術確立 熊本農研センター平成2年度野菜試験成績書 113-143 (1991)
- 16) 日本施設園芸協会
各種養液栽培の特性 平成元年度食料品等流通対策推進事業実績報告書施設園芸新技術実用化促進事業・第二分冊 (養液栽培分科会報告書) 12-13 (1989)
- 17) 日本施設園芸協会
施設園芸における養液栽培の手引17-18 (1991)
- 18) 農耕と園芸編集部編
ハウスメロンの抑制晩秋栽培果菜栽培技術マニュアル (誠文堂新光社) 88-89 (1990)
- 19) 東隆夫ら
製紙残渣の炭化物利用に関する研究 (第1報) 養分の吸着・溶出と野菜の育苗 園芸学会昭和62年度秋季大会研究発表要旨 414-415 (1987)
- 20) 山崎肯哉
根群生態からみた養液栽培と毛管水耕について 園芸学会昭和62年度秋季大会研究発表要旨 360-361 (1987)