

【巻 頭 言】

養液栽培にはいろんなかたちがある

大 石 直 記*



時々ふと、どんな養液栽培を目指したら良いのか・・・と考えることがある。養液栽培の優れた特徴は今更言うまでもないが、景気が良かった時ならまだしも、いざ始めようとするときとそれ相当のお金が必要である。また、実際に栽培する段になると、土耕栽培に比べ収量や品質が飛躍的に向上するという訳ではない。そのうえ、結構一生懸命働いても儲からない・・・これはちょっと極端な言い方であるが、養液栽培が抱える課題として少なからず当てはまるはずである。

これまでの養液栽培は、いわば均質な農産物を大規模で大量に生産するイメージが先行していた。たとえば、ミツバ、トマト、バラ等の数haにも及ぶ大規模経営は見るものを圧倒し、養液栽培がめざす理想の姿と言えるであろう。しかし、よく考えてみると最初に大規模生産ありきではなく、薄利多売式な生産方式では必然的に規模を拡大せざるを得ない事情があるからである。

本研究会の海外視察に参加した時のこと。あれだけ合理的な養液栽培を実践しているオランダのトマト生産でさえ、房取りや高EC培養液管理による品質の向上、生物防除やマルハナバチ使用による安全性など自国商品の優れた点を盛んにアピールしていた。今思えば、他国からの安価なトマトに圧迫されていたためであろう。こう考えると、合理化のための規模拡大はもちろん必要であるが、それと同時に限られた面積の中で少しでも収益向上を図る方策？！が考えられないものであろうか。その一つに、自

分の生産した農産物に何らかの特徴(付加価値)を持たせて有利販売を試みる方法がある。例えば、良食味、高機能性、安全性など、自分にしかできないセールスポイントが決め手となる。また、消費者や市場が望んでいる商品を取捨することも必要で、あくまでも「売れる商品づくり」の視点に立って生産から流通の全体を見直してみる必要がある。

これまで筆者は、高糖度トマトを生産するための養液栽培技術の開発に取り組んできた。一般栽培に比べて給液管理に熟練が必要なためリスクは大きくなるものの、それと引き替えに高価格での販売が可能となる。取り組み始めた生産者にその感想を聞いたところ、「栽培は難しいけど、自分の努力と腕が儲けに直接結びつく。今までは単にトマトを作るだけで良かったが、これからは買ってもらえるトマトを作りたい」という頼もしい答えが返ってきた。この時、養液栽培にも自分の腕次第で目に見える成果が得られ、消費者と生産者が結びついた商品づくり、が求められていると感じた。このような取り組みは、単なる簡易化、量産化を指向する養液栽培の目的から少しはずれるかもしれないが、養液栽培(者)に高品質化、個性化というこれまでにないインパクトを与えてくれるであろう。また、養液栽培だからこそ、付加価値を生むための熟練技術と栽培の合理化が両立できるのではないだろうか。

自分自身が目指す栽培のかたちを自由に創り出すことができる・・・これも養液栽培の重要な特徴である。さて、あなたがめざす養液栽培のかたち、今一度問い直してみてもはどうだろうか。

*元静岡県農業試験場
(現静岡県農林水産部研究調整室、本会運営委員)



内外のニュース

韓国養液栽培視察団旅日誌



和田 光 生*

はじめに

1999年3月14日～18日までの4泊5日で韓国養液栽培視察団として、韓国養液栽培研究会との交流を兼ね、韓国養液栽培の現状を視察・研修した。参加者は30名で、並木会長が団長を務められ、愛知農試の加藤氏と大阪府立大学の和田でコーディネータを担当した。おおよそのことは、加藤さんが韓国側の方と調整していたが、現地での視察スケジュール等は韓国養液栽培研究会の方々が非常に綿密に計画、実施して下さり、私は、ただお供するだけで万事うまくいったようだ。加藤さんをはじめ、韓国養液栽培研究会の方々、特に現地で同行し、案内、通訳、解説等をしていただいた祥明大学の金永植先生と慶尚大学の鄭乘龍先生には感謝に堪えない。また、いろいろなわがままにも応えていただいた添乗員の鄭美恵さんに感謝の意を表する。

視察は、釜山を出発点とし、慶尚南道を東から西まで往復横断する旅となり、地図上で走行距離を概算してみると視察の3日間で悠に500kmを越える道のりであった。視察先はバラが5カ所、トマト・ミニトマトが4カ所、パプリカが2カ所、シシトウ、トウガラシが各1カ所、育苗施設2カ所、試験場が2カ所であった。今回は現地釜山空港に集合とし、定刻に全員が集合できるかが心配されたが、無事全員集合して一安心。早速、例のはさみでぶった切ったカルビ焼き肉の夕食で視察団の幕が開かれた。今回の視察団も非常に過密なスケジュールであり、8時にホテルを出発、一日中

バスで走り回り、日がどっぷり暮れてからホテルに到着する3日間、このハードスケジュールをこなせたのは、韓国料理のトウガラシ・ニンニクパワーによるものかもしれない。

韓国の施設

バスの窓からは、水田裏作としての移動式パイプハウス（間口が3～5m、軒高1.5～2mぐらい）や、大型のパイプハウス（肩高2～3m、単棟・連棟）がかなり見られ、これらの被覆素材はEVA（農サクビ）であった。そんな中にひととき大きくそびえ立つハウスが視察地であった。みな1,000坪以上で、中には3,000坪（1ha）を越える温室があり、まず規模の大きさに驚かされた。ガラス温室にはオランダ製のフェンロータイプ（スパン6.4m、その変形9.6m）、韓国製のフェンロータイプ（スパン8m）、農村振興庁設計の標準仕様であるワイドスパンのフェンロータイプ（スパン9m）が見られ、軒高は3.5～4.5mであった。韓国では地震はほとんどなく、また、台風は日本が防いでくれるので来



*大阪府立大学農学部（本会運営委員）

ないとのこと。EVAの巨大鉄骨パイプハウス（スパン7m, 肩高約2.4m, 連棟）も見られた。どの温室も、自動開閉の天窗、自動開閉の2重カーテン、細霧冷房用ノズル、温湯あるいは温風暖房機が標準装備され、他に農薬散布用オートスプレーカーや常温煙霧機、空気攪拌用のファン等も多く見られた。まさに、最新鋭の温室である。しかも、これらの装備を含めた建設費がガラス温室で約4～5万円/坪、EVAの鉄骨パイプハウスで約1万円/坪、養液栽培システムが約7千円/坪というから、日本が高いのか、韓国が安いのか、その価格差に驚く。

韓国養液栽培の歴史と現状

韓国で最初の養液栽培は、1945年に駐留米軍が自家消費のためにレタス等を生産したものであったとか。韓国独自の養液栽培は1961年から始まり、1970年代に日本の農水省と韓国の農村振興庁が農業技術協力会を作り、日本の野菜試験場施設栽培部が韓国の農業技術院に施設栽培技術として養液栽培技術を伝えてから本格的に普及した。その後、1980年代からオランダ・ベルギーへの技術研修と技術者の招へいが行われ、新技術としての一般農家への養液栽培の普及が始まる。1992年に韓国で初めてのフェンロータイプの温室（3,600坪）が建設され、この年より、国の補助により20%の自己資金（国の補助40%, 融資40%らしい）で施設と養液栽培設備が整えられる制度が開始され、爆発的に普及することになる。1998年末統計では、韓国の

養液栽培面積は1,619,007坪（約540ha）であり、1992年以前の実に30倍以上である。この補助は、1998年で打ち切れ、今後は融資と自己資本のみとなるため、巨大施設の建設や養液栽培面積の増加は落ち着きを見せるものと思われる。

現在、方式では固形培地耕が96%を占める。中でも、パーライトが全体の49%, ロックウール耕が30%となり、パーライト耕が特異的に発達しているのがわかる。ロックウールの廃棄方法の問題から培地の研究が進められ、良質のものが比較的安価（80～90リットルで800～1,000円）で入手でき培養液管理が容易なパーライトを培地とする栽培が広まったらしい。作物により大小の粒径の混合比を変え、培地の保水性、排水性を調節しているようであった。培養液では、日本の園試処方、愛知園研バラ処方の他、オランダのPTG処方や栽培者独自の処方等が使われていた。また、廃液の廃棄に関する規制はなく、循環式は見られなかった。作物の生育状況は、一部でトマトの青枯れ病、シシトウの生育不良が見られた（これらには視察団のメンバーから様々な対応策が提案された）が、いずれの作物も見事な生育と出来栄で、栽培技術の高さにも感心させられた。シシトウは韓国では食べないとのこと、つまり100%日本への輸出品である。このほか、バラ、トマト、パプリカでも日本語の出荷箱が積まれており、日本への輸出攻勢がうかがえた。ある農家の話では、出荷単価はスプレーバラで約25円/本、トマト

は現在国内での消費が急増したために非常に高値で、約150～200円/kgとのこと。

日韓交流

視察2日目、慶南農業技術院で、韓日養液栽培技術交流会が催され、現地の栽培者の方が多数参加された。互いに、問題点や疑問点を質問し、活発な討論が行われた。この技術院の英名は“Research



Center for Exportable Agricultural Crops”であり、最新のフェンロータイプの実験温室はコンピュータ管理による栽培環境モニタリング&コントロール設備が整備され、韓国が農作物の輸出に力を入れているのがわかる。また、「農者天下之大本」という石碑があり、これにはみんな喜んだ。その日の夜には、ホテルで韓国養液栽培研究会の朴会長（自然資源大学教授）はじめ、役員の方々と日本の養液栽培研究会の運営委員との間で交流会が開かれた。韓国養液栽培研究会では、年に2回の総会、2～3回の作物別農家教育、2回の雑誌発行、時々のニュースレター、原水・養液の分析（1サンプル処方箋付きで5,000～8,000円）、普及員の指導等を行っているとのこと。積極的な活動がうかがえた。日本からは、10周年記念出版である養液栽培技術マニュアルが記念品として送られ、韓国養液栽培の規模の大きさ、技術の高さ、栽培者の意欲等に非常に感心させられたことや、栽培技術の平準化、施設外環境の整備の必要性など様々な意見交換がなされた。

おわり

今回の視察で一番感じたことは、韓国のパワーである。ごちゃごちゃ悩まずにドカンとやってしまう、そういった勢いを感じた。養液栽培技術はすでに高いレベルに到達しつつあり、今後は、ますます日本への農産物の輸出は増えるであろう。日韓養液栽培の交流も活発になるようである。よき友としてライバルとして(?)互いに技術向上してますます発展して行くことを願う次第である。最後に、このツアーの終わりについて付け加えたい。最終日、最後の視察が終了し、沈む夕日を見つめ、カルビ焼き肉で打ち上げの夕食を楽しんだ。もちろんたっぷり食べた。そして、たっぷり飲んでしまった。釜山までの帰路は遠く、しかも大渋滞、バスは進まず、でも生理現象は止まってくれず……、トイレを貸して下さった高速道路釜山出口前のガソリンスタンドEnergy Plazaの店員さんと、「今度絶対にここでガソリン入れますから」と言って交渉して下さった添乗員の鄭美恵さんにこの場を借りて心よりお礼申し上げる。



日本の花き養液栽培の現状と課題

～養液栽培研究会アンケート調査結果より～



堀内 正美*

1. はじめに

日本の花き養液栽培の現状については、静岡県農試の水戸氏らが、養液栽培研究会静岡大会(1992年)を契機に、以降2年ごとに調査を行ってきた。今回は養液栽培研究会として各都道府県花き担当部局に依頼して調査を実施した。

2. 切花類の養液栽培の現状

栽培が確認された切花は15品目である。これらのうち、バラ、ガーベラおよびカーネーションは10ha以上の栽培面積があり、実用的な生産

が行われている。

2年前の水戸氏らの調査との比較では、切花全体の面積は2,472,845m²から2,958,812m²と18%増になっている。このうちバラは2,258,808m²から2,668,134m²と18%増、ガーベラは82,339m²から143,696m²と75%増、カーネーションは102,658m²から116,897m²と14%増になっている。バラとカーネーションは増加傾向が頭打ちになってきたが、ガーベラでは、生産団地ができるなど増加が目立っている。

表1 切花類の養液栽培面積(1998年6月)

	バラ	ガーベラ	カーネーション	キク	その他 ²⁾	合計
養液面積(m ²)	2,668,134	143,696	116,897	3,795	26,290	2,958,812
生産者数(戸)	1,109	76	63	6	11	1,265
導入県数	47	24	18	6	9	—
栽培面積(ha) ¹⁾	617	94	529	6,190	—	—
養液面積比率(%)	43	15	2	—	—	—

1) 「平成9年産花き生産出荷統計」農林水産省統計情報部

2) トルコギキョウ、ヒマワリ、デルフィニウム、ブルースター、宿根スターチス、アルストロメリア、ユリ、グロリオサ、チューリップ、シンビジウム、ファレノプシス

3. バラの養液栽培の現状

全国すべての都道府県で導入が確認され、栽培面積267ha、栽培者1,109戸、バラ全栽培面積に占める比率は43%になっている。

培地別にみると、ロックウールが240haと最も多く、他はココファイバーが14haで、それ以外はわずかである。都道府県別では、栽培面積10ha以上が10県あり、1位は愛知県(栽培

面積40ha、養液面積比率71%)次いで、静岡県(栽培面積31ha、養液面積比率44%)、大分県(栽培面積17ha、養液面積比率70%)、和歌山県(栽培面積15ha、養液面積比率47%)、栃木県(栽培面積13ha、養液面積比率85%)、福岡県(栽培面積11ha、養液面積比率31%)、愛媛県(栽培面積11ha、養液面積比率92%)の順になっている。

表2 バラ養液栽培の培地別栽培面積

	ロックウール	ココファイバー	泥炭	砂耕	れき耕	水耕	その他 ¹⁾
栽培面積(m ²)	2,397,384	138,140	14,495	35,290	10,012	34,780	13,101
生産者数(戸)	1,028	15	7	29	4	8	10

1) ビートモス、パーライト、エクスパンデッドクレイ、杉皮などの固形培地耕

*静岡県農業試験場

表3 バラ養液栽培面積の推移¹⁾

調査年月 (年・月)	ロックウール栽培		水 耕		その他培地耕 ¹⁾		合 計		養液面 積比率 ⁵⁾	導入県
	面 積	戸数	面 積	戸数	面 積	戸数	面 積	戸数		
1988.7 ²⁾	86,153	70					86,153	70	2	23
1990.2 ³⁾	323,053	215					323,053	215	7	42
1992.5	823,386	518					823,386	518	15	42
1994.9	1,587,367	792	4,221	2	6,000	4	1,597,588	798	26	46
1996.9	2,141,607	996	43,847	8	73,354	23	2,258,808	1,015	37 ⁶⁾	47
1998.6	2,397,384	1,028	34,780	8	235,790	73	2,668,134	1,109	43 ⁷⁾	47

1) 乾、水戸(1998)の表に追加して作成 単位は面積；m²、戸数；戸

2) 第19回日ばら研究大会誌による(栃木農試調べ)

3) 大洋興業調査による

4) ココファイバー耕、砂耕、れき耕、泥炭耕など

5) 農林水産省「花き類の生産状況等調査」、「花き生産出荷統計」のバラの全栽培面積から算出、単位%

6) バラ全栽培面積は平成7年(1995)を利用した

7) バラ全栽培面積は平成9年(1997)を利用した

8) 1988～1994の調査では、ロックウールとその他の養液栽培の区分が明確でない

4. バラ養液栽培面積の推移

日本にロックウール栽培が導入された1985年頃までは営利栽培として成り立ったのは、わずかの事例しかなかった。表3には1988年以降のバラ養液栽培の推移を示した。

ここ2年間で面積増加が多かった県は、愛知県(5ha)、栃木県(3.8ha)、山形県(3.6ha)、静岡県(3.5ha)、福岡県(3ha)、佐賀県(2.8ha)、宮崎県(2.7ha)、山口県(2.5ha)、大分県(2.2ha)などである。

5. バラ養液栽培の問題点

今回の調査で、養液栽培の問題点として186の回答(複数回答)があり、項目別に分類すると養液管理が45、経営が44、環境19、栽培18などであった。

養液管理では①品種、時期別、ステージ別の管理法が未確立、②品種の変遷が早く、数も多く品種毎の管理ができない、③良質の原水の確保が困難、④単肥配合への関心が高いが、技術が伴わない、⑤循環式が一部導入されているが、養液管理が難しいなどがあげられていた。

経営では、切り花単価が低迷し経営が厳しい

という回答が13県からあった。現在の生産性では、設備投資、ランニングコストに見合う収益が難しいという回答も多かった。

環境問題に対する関心は高く、廃液の処理や廃棄ロックウールの処分法を心配する回答が多かった。

栽培では、冬季の採花本数低下を問題にする回答が多く、採花本数の多くなる仕立て法の検討を望む意見もあった。

6. まとめ

バラの単価は1991年をピークに低下し、設備投資やランニングコストの経費を吸収するのが困難な例もでてきた。今回の調査でも、経営が厳しい、採花本数が少ないなどの回答が多かった。

また、農業による環境汚染が顕在化した現状のなかで、廃棄物や廃液処理についての不安が大きくなり、代替培地や循環式栽培の検討も行われているが、改善策の確立には至っていない。

これらの背景から、今回のアンケート調査の意見を集約すると、環境に負荷を与えないで、安い単価にも耐えられる木目細かい養液栽培技術の確立が求められているといえる。

オランダにおける環境に配慮した施設園芸

～普及の現場をみる～

西 義 孝*

はじめに

EU では本年 1 月 1 日から共通通貨「ユーロ」がスタートしたが、その激動の欧州にあって園芸先進国であるオランダに赴き施設園芸の実態を学ぶ機会を得たので、その特徴と環境に配慮した栽培システムを紹介する。

1. 共通農業政策 (CAP) で動く EU

EU は、農産物の圏内自給と輸入撤廃を進め、加盟国に有利な政策が展開されている。すなわち税関等の手続きのムダを省き、経済、物流をオープンにして事実上国境がない。従って資金や技術面の提携も容易で互いに向上でき、収益性の高い農業者の育成につながっている。

2. 園芸技術立国であるオランダ

九州ほどの 408 万 ha の国土は 1/4 が海拔 0m 以下で、水路や耕地の整備が行き届き、夏は自然のクーラーと呼ばれる気象条件にある。

農業は、隣国のドイツ、イギリスが消費地であることから輸出産業として成り立っている。農業分野の純輸出額は米国に次ぎ世界第 2 位であり、トマト生産量の 70% は輸出に回る。

集約的な施設栽培が盛んであり、豊富で安価な天然ガスを燃料として環境制御を徹底させた栽培技術が確立しており、園芸の技術水準は欧米でもトップクラスである。しかし近年、南欧やアフリカ諸国の進出に伴い、一層の集約化、省力化がせまられている。

国民性として経営観念に優れ、温室経営面積は 1ha 規模から 4ha 以上へと拡大指向で、新産地を形成する農業者が現れている。また生産面は労働単価の安い国に譲り、高度な種苗技術を活かした多様で高品質な苗供給や育種等のソフト部門を経営の中心に据える農業者の増加は、今後の先進国の方向性を示唆している。

3. 急速な民営化が進む国の機関

高い生産力を支えているのが国の試験研究機関 (DLO)、普及センター (DLV) である。'90 年に普及センターは財団法人化され、試験研究機関も '98 年に完全民営化された。これらは成長発展中のベンチャー企業さながらである。農業者等、顧客はアドバイスを有料で受ける。

4. 環境保全型農業への取り組み

ラインの河口に位置するが、飲料は地下水に依存するため、その汚染を考慮して水路に排出される $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度が規制されている。

(1) 排液のリサイクルを実施

施設園芸における養液栽培の導入割合は高く、殆どがロックウール栽培である。大部分はナールドワイクを中心とするウェストランド地方に集中し、EU 中で最も排液の規制が進んでいる。排液は再処理して循環させる閉鎖系の導入が進められ、2000 年までに完全実施するよう法律で定められている。

(2) 減農薬生物防除への取り組み

'80 年代、輸出相手国ドイツから農産物の農薬汚染を指摘され、以降、天敵生物等による総合防除を確立するに至った。この技術は野菜はもとより、'97 年 3 月から「SIGNatuur Project」として花卉分野でも取り組まれている。

5. 養液栽培とクローズド・システム

達成すべき環境政策は①安全で持続的かつ競争力のある栽培にするためにクローズドシステム (図 1) とする、②表面水や地下水への $\text{NO}_3\text{-N}$ と P_2O_5 の排出を大幅削減する、③ CO_2 発散量を削減する等である。施設栽培なら土耕でもリサイクル方式に転換せねばならない。

この転換によって養分流出は一般土耕よりかなり減少できる。水や肥料の使用量においても、例えばキュウリ栽培の場合、水で 21%、肥料で

*三重県野菜専門技術員

80%の節約が可能としている(DLO)。天敵利用が進んでいるオランダでは養液栽培が最も環境負荷の少ない手法とされている。

(1) 養液栽培に用いる原水

最適原水は雨水とされ、温室に隣接して貯水槽が設置されている。

(2) 培養液組成の維持

要素バランスや濃度の変化が大きくならないように農業者は培養液分析を通して作物の栄養診断を行い、普及員に相談しつつ常時変化を補正する(表1)。分析は給液、培地内養液、排水を2週間隔で採取し、専門会社に依頼する。1点4,200円で、結果には成分含量等19項目のデータと改善アドバイスが示され、7種類の成分供給をマニュアル調整できる。

表1 キュウリの培養液管理指標(DLV)

	給液	排水	培地
EC	2.0	1.5	2.7
pH	5.5		
NH ₄	1.25	1.0	0.5
K ₂ O	8.0	6.6	8.0
H ₂ PO ₄	1.25	1.0	0.9
Ca	4.0	2.75	6.5
Mg	1.375	1.0	3.0
NO ₃	16.0	12.0	18.0
SO ₄	1.375	1.0	3.5

単位：ミリモル/リットル

(3) 排水の排出規制

培養液を循環利用すると、やむをえず下水へ排出せねばならない事態も発生する。その際Na⁺濃度が規制の基準になる(表2)。Na⁺は夏期に集積し易く、トマト栽培では平年で1～2回、乾燥年では3回以上交換する。

表2 Na⁺排出許可濃度の基準値

作物名	基準値
サラダナ	3 ミリモル/リットル以上
イチゴ	3～5 "
キュウリ、ナス、パプリカ	6 "
トマト	8 "
バラ、ガーベラ	5 "

水質改善には逆浸透膜法の利用もあるが、この方式を有する農場は10%未満しかない。

(4) 排水の殺菌システム

排水リサイクルには殺菌処理が必須であり、生産現場では表3の3方式が導入されている。

<方式>

①熱：95℃、30秒間、最適pH4。

②O₃：10ppm(10g/m³・h)のオゾン水を排水に混和、最適pH4。

③UV：3cm径のUVランプ(1m長)内蔵の6cm径パイプ内に排水を通し連続照射する。

※サンドフィルターは殺菌目的では不使用。

<効果>

①と②：菌、ウイルスともOK。

③：菌；100mj/cm²、ウイルス；250mj/cm²。

<問題点>

①：処理液の冷却のため(培養液との温度差6℃以内)、熱交換器が必要(排水温の上昇・冷却の効率化)。比較的ランニングコスト高。

②：根が酸化するため、O₃破壊装置が必要。pHが低下、Mn・キレート鉄が沈殿。

③：UVはタンパクを破壊し、根に悪影響。キレート鉄破壊によるランプ付着、培養液の混濁で殺菌効果が減少。ろ過器と鉄イオンの補給(15%)が必要。装置が大型で高価。ランニングコストも30万円/年程度必要。

表3 各殺菌システムの導入価格

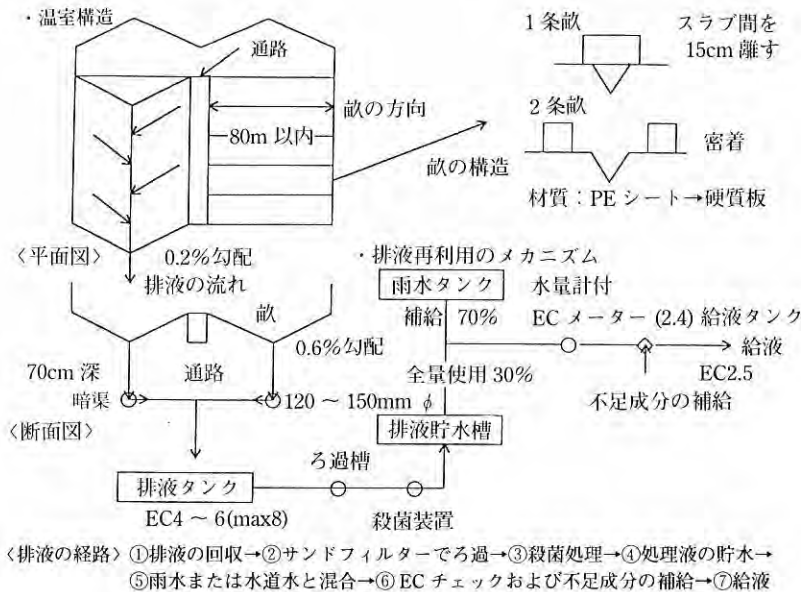
方式	処理能力	価格
ヒーター	1.0 (m ³ /hr)	3,150(千円)
	5.0	4,550
オゾン	1.0	3,640
	5.0	4,900
UV	低圧	2,450～7,000
	高圧	3,150～7,000

(5) クローズドシステムの導入コスト

トマトの施設でm²当たり1,050円程度である。

(6) 生産現場における導入の評価

リサイクルシステムの導入は、水道や肥料の低コスト化が図れ、同時に病害の減少という安全を確保でき、安心して高品質かつ多収栽培が



できるとの評価である。殺菌方式は熱処理が多く、施設野菜農業者の45%が採用している。

(7) 政府の支援

導入に対する補助金は出ないが、園芸の90%がリサイクルシステムになるまで税制優遇等の施策を継続するという。また、普及員による環境、省エネ関係のアドバイス料は政策と合致しており無料又は低額負担で受けられる。

(8) 試験研究機関の対応

環境保全型農業に関する研究は戦略部門に位置づけている。課題としては①最適施肥基準の作成、②チッソとリン酸の有効活用、③CO₂削減、④ISO規格による品質・栽培システムの構築、⑤アエロポニックスによる効率生産、⑥生物防除による無農薬化、⑦IFORMに則った有機栽培技術の確立があげられる(ab-DLO、PBG)。顧客は政府、農業者組織等である。

(9) 法的規制の実際

政府の取締機関 AID が肥料、農薬の使用を立入検査し、罰金は多額と聞く。

露地栽培における暗きょ排水のチッソ量も 50mg/L 以下に規制されている。南オランダの農業者は、家畜ふん尿は畑還元しているが、施用チッソ量は将来 30kg/ha に減らす意向で、分析の費用が年間十数万円にのぼることから、イ

チゴや果樹の栽培においてもシート耕による培養液のリサイクルを試行していた。

(10) ロックウールのリサイクル

ロックウールの農地廃棄は法的に禁止され、社会的リサイクルシステムが整っている。処理はメーカー指定の専門業者が行う。ビニル部分と分離され熱で溶解後、家庭園芸用培地として再処理され、ガーデンセンターで販売される。経費はロックウールの購入時に付加される。

作物残さも堆肥としてリサイクルされ、業者への委託経費は約4,000円/t、ビニル混入ものは約7,000円/tとなる。ココピート等の培地処理では殺菌料を栽培者が支払っている。

6. 求められるエネルギーの効率利用

単位製品当たりエネルギー量の削減目標は2000年時点で'80年水準の50%をめざし、並行してCO₂総放出量を3～4%削減する。天然ガスは17.5円/m³と安価だが、総消費量の10%を施設栽培が占める。また農業者の生産エネルギーコストも総コストの15～25%を占め、経営上エネルギーの効率消費は重要課題である。

7. トータルエネルギーシステムの導入

生産現場では天然ガスを燃焼させ、タービンを回して発電し、電照、熱殺菌等のエネルギーを得る。その際生じる CO_2 は施用に回し、ター

ビンの水冷時に生じた温湯は温湿度調節や蒸気消毒に活用する。このシステム構築によりエネルギーは約 20% 節約され、生産経費の節減を図ると共に地球温暖化防止につなげている。

(1) CO₂ 施用

CO₂ 濃度は施用しないと日中 200ppm 以下に低下する。収量確保のため、トマト栽培の場合 1,100ppm(秋期)に上げる。

(2) 暖房

暖房はパイプルール(収穫台車用線路兼温湯管)で行う。昼間 CO₂ 施用時に生じた余熱を蓄熱し、夜間暖房に活用する(50～55℃温湯)。温湯はインバータ制御によるきめ細かな温度管理によって省エネ効果を高めている。

(3) 自家発電

暖房時にタービンを回して自家発電を行う。温室では通常発電した 1/3 量しか使用しないので、残り 2/3 は電力会社に販売している。

(4) トータルエネルギーシステムの導入効果

① 電力消費量;25% 節減(年間 2kw/m²)。

② 収穫量;5% 増収(トマトの場合)。

(5) システムの導入価格と導入状況

一例として面積 1.4ha 規模のバラ農家の場合、機械費と配線料で合計 3,500 万円である。

生産現場では規模が 1ha 以上もしくはナトリウムランプで補光する作目で導入している例が多く、ウェストランド地域では、野菜栽培の 50%、花卉栽培の 10% で導入されている。

(6) クルスターシステムの構築

最近ではマースランド他、新たな施設園芸団地の中央に大型の発電・給熱施設が設置され、エネルギーの需要期間(または時間)が異なる複数品目の温室に電力や熱を供給する新効率システムの構築が手掛けられている。

8. 高度な園芸を支えるその他のシステム

農業者は規模拡大とともに雇用費(トマト経営の場合、経費の 1/4 を占める)の削減等労働生産性の向上が最大の課題である。各品目とも苗生産の分業化が確立しており、生産のロボット化、オートメーション化が進行している。

(1) ベンチレーション・システム

換気システムには P・factor*を採用し、天窓開閉のスピード、量、風向により 0.5℃ 刻みで

制御する(*プリバ社のプログラム)。

トロストマト栽培の場合、室温は日中 18℃、夜間 17℃ に、イチゴ(ピートバッグ耕が主流)の場合は日中 12℃、夜間 10℃ に調節され、日較差を非常に抑えている。従って結露は殆どなく、問題になるほどの病害はみられない。天敵防除に専念できる所以である。

(2) パッド・レジストレーション・システム

農場における労務、栽培管理にはハンディコンピュータが導入され、区画毎に作業時間、収量、病害虫の発生等がデータベース化され、経営者はコスト計算や管理計画に活用する。

1.5ha 以上の農業者では、導入によって作業効率が 10～30% アップし、収量も約 10% アップしている。'97 年時点の導入率は、パブリカやトマトの農業者で約 60%、バラ農業者で約 30% であり、今後急速な導入が予想される。

9. 勝ち残る農業者の条件

ウェストランドは都市化の波で温室や市場の移転が始まっている。農業者はクローズドシステム化のため新たに投資する者と転職する者に分れ、経営の分岐点は 1.5ha といわれる。

今後勝ち残る条件は①採光率の高いより大型の温室*と効率的なシステムを導入し、生産性向上を図る(*ブレイド式温室:広くて明るい最新型、軒高 5m、棟高 8m、間口 12.8m、1.5×2.0m ガラスを使用)、②規模拡大可能な新農地を求める、③より高収益性品目に転換し、熱利用効率の高い品目同士を組み合わせ経営する、④無農薬で安全な商品生産体制を確立する、⑤育種等のソフト技術を導入する、⑥ EU 圏外への販路を開拓する、等と推測される。

おわりに

「繊細な分析かつ大胆な投資」これが私の受けた農業者に対する印象である。農業者の会話には至極当然のように 3～5 年先を想定した経営の話が出され、投資に対する見通しと積極性には驚かされた。まさにビジネスとしての農業であり、そこには産地間競争など存在しない。

世界初の株式会社を組織した彼らの遺伝子は現代の農業者にも着実に受け継がれている。またそれ以上に、環境保全への意識の高さには驚かされた。(※レートは 1G = 70 円を使用。)



事例紹介

養液栽培排液リサイクルフィルター

ガディ・ゴールドスタイン*

養液栽培は、植物に必要な栄養分を水に溶かして培養液とし、植物の根に吸収され易い形で必要な時に、必要なだけ投与して効率的に植物の栽培を行う技術である。この養液栽培は栄養分が溶液の形で与えられるので数々の大きな利点を持っている。だが最近、地下水、河川水、湖沼の水質汚染が進み、汚染原因の一つとして農業排水が挙げられている。ヨーロッパではすでに水質環境汚染を減らす一つの対策として農業排水の垂れ流し禁止を打ち出している。日本でも既に施設外への窒素等の排出基準が政令化されようとしている。

A & G コンサルタントでは独自の養液栽培排

水のリサイクルシステム法を確立し、日本での特許を成立させた。このシステムは水耕栽培には勿論のこと、人工培土を使用した殆ど全ての隔離ベツト栽培に応用できる。

1. リサイクルシステムの概要

養液栽培に使用される培地の種類にもよるが、投入養液の 20 ~ 30% が排水され、リサイクルする。

2. リサイクルシステムフロー

排水は栽培ボックスからドレენტラック「DT」に集められ、ドレエンプン「DP」で排水タンク「T-1」に送られ、一旦貯えられる。灌水開始で灌水タンク「T-2」レベルが下がると、リサイ

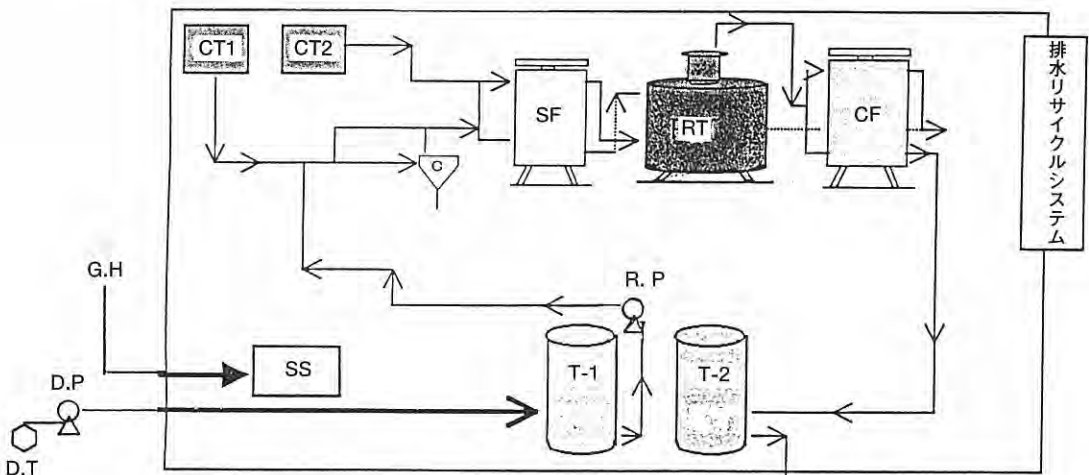


図1 A&G リサイクルシステムの機器構成

- | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|
| ① C: サイクロンフィルター | ② SF: サンドフィルター | ③ RT: リテンションタンク |
| ④ CF: 活性炭フィルター | ⑤ T-1: 排水タンク | ⑥ T-2: 灌水タンク |
| ⑦ CT-1: 薬剤タンク | ⑧ CT-2: 薬剤タンク | ⑨ SS: 排水サンプリング |
| ⑩ DT: ドレエントラック | ⑪ DP: ドレエンプン | ⑫ RP: リサイクルポンプ |

*A&G コンサルタント

クルポンプ「RP」が起動し、排水を排水タンク「T-1」からリサイクルシステムに送る。最初にサイクロン「C」で、排水中の比較的大きく重い異物を取り除き、凝集剤及び殺菌剤が各々のタンク「C-1」、「C-2」から投入され、凝集した異物はサンドフィルターで除去され、リテンションタンク「RT」に入り殺菌剤による殺菌が行われる。リテンションタンク「RT」を出た排水は、活性炭フィルター「CF」を通して残留殺菌剤を除いて灌水タンクに貯えられる。通常灌水排水は原水に対して3:7の比率で再利用される。

排水の循環使用に当たっては、予め排水量の測定、pH、ECの測定が行われ、そのデータはコンピューターに入力され、次回灌水使用時の灌水量及び肥料配合に自動的に反映される。

3. リサイクルシステムにおける養液管理

排水のリサイクルに当たっては前述したように、排水サンプリングにより排水量、pH、EC等の測定を行うほか、リサイクルシステムで処理された灌水用排水の代表的イオン「K, Ca, NO₃, Mg」の測定を定期的に行って必要に応じ

て灌水養液の成分修正を行う。A&G コンサルタントはこれらの養液管理をオンラインで行う機器、システムの提供も行っている(オプション)。即ち

- 1) 排水サンプリングシステムにより、排水を定期的に採取し、排水量、pH、ECをオンラインで測定する排水サンプリングシステム
- 2) リサイクルシステムで処理された灌水用排水の代表的イオン「K, Ca, NO₃」をオンラインで測定するイオンメーター。

これらのデータはオンラインでコンピューターに取り込まれ、データとして記録されると共に必要に応じて養液組成の修正が行われる。更に養液組成の適正管理は養液栽培の要であるから、1～2ヶ月に一度リサイクル排水の成分分析を検定機関に出される事をお勧めする。

4. A&G リサイクルシステムの特徴と利点

- 1) 灌水後の排水を95%再利用し、水と肥料を30～50%節約する。
- 2) バクテリアや病原菌を完全に殺菌する事が出来る。
- 3) 養分流失による環境問題を起こさない。



現場制御パネル



トマト栽培(楠毛農園)

- 4) 有機培地、ロックウール、底面灌水システム、水耕栽培等各種養液栽培システムに組み合わせる事が出来る。
- 5) 作動、洗浄共に自動で行われ、システム全体としてメンテナンスも殆どない。
- 6) フィルターメディアの交換は水質にもよるが通常2～3年に1回である。
- 7) 塩素消毒のため、ランニングコストが格安である。
- 8) 毎分20Lからの水量や水質の状況に応じた様々なタイプのフィルターを提供できる。

5. A&G リサイクルシステムの実施例

現在 A&G リサイクルシステムは各地で採用され始めているが、その代表例として栃木県のとマト栽培農家、櫛毛農園を紹介する。

農園主の櫛毛氏は、昭和48年とマト栽培をはじめて既に25年のとマト栽培の大ベテラン。昭和

60年からロックウールによる養液栽培に取り組み、現在約3,000坪でハウス桃太郎を栽培しているが、昨年その内600坪にA&Gのスーパーメディア（有機培地）を利用したリサイクルシステムの導入を図った。導入後約9ヶ月を経過したが、成果は明瞭に現れた。以下櫛毛さんのインタビューから。

質問：A&G リサイクルシステムを導入した動機は？

櫛毛氏：環境問題とコスト削減の目的で養液排水のリサイクル使用は必要と考えていた。その際培地についてもロックウールに代わるものを探していた。昨年夏、市の農政課の推薦と既に稼働している福島県の生産者を二回視察し、経営安定に役立っていることを確認し、A&G リサイクルシステムを採用した。

質問：A&G リサイクルシステムのどんな点が



栽培中のスーパーメディア



とマト栽培（櫛毛農園）

システムとして興味があったか？

櫛毛氏： これからの農業経営には環境保全の視点が不可欠である。バクテリアや病原菌を殺菌しながら、排水の95%を再利用できるA&Gリサイクルシステムは興味があった。

質問： 今回は既存の養液システムとの組み合わせであったが問題はなかったか？

櫛毛氏： 出来るだけ既存の機器を生かすように依頼したが、基本的な問題はなくスムーズに組み合わせが出来たと満足している。

質問： 新しい培土“スーパーメディア”について導入の成果は？

櫛毛氏： 最初は少し戸惑ったが、緩衝作用は土壌に近く、保水性、保肥性はロックウールに比較して大きく、管理しやすい。従って水切れ、肥料切れに対するトマトへのストレスが少ない。トマトの木も健康で丈夫である。

質問： 約9ヶ月経過したが、総合的にどうですか？

櫛毛氏： 収量、品質共にOKだ。特に品質は良好でA級品がほとんどであった。また農協普及センターによる食味調査で優秀と評価された。肥料、水量の削減は現在まとめ中であるが、期待した成果が得られると思う。

6. A&Gの新しいリサイクルシステム

A&Gコンサルタントは多くの農業システムを手掛けているが、農家にとってより安全な、

精度の高い、効率の良い、安価でメンテナンスのかからないシステムを求めて常に開発、改良を進めている。

リサイクルシステムに対しても、現在殺菌剤として使用されている塩素は安価で有効ではあるが、塩素に対するある種の抵抗がある。そこで、この塩素に代わる殺菌方法を開発し、実用テストも終わり、近い将来販売を開始する予定である。

7. まとめ

今日本の農業に求められているのは、環境に優しい栽培法と、安全な品質、消費者に受け入れられる価格、安定した量と品質の商品の供給である。A&Gコンサルタントの提供する培土“スーパーメディア”と養液排水の循環使用システムはこれらの要求に確実に答えるものである。しかし、システムは植物栽培の道具であり、これを生かすも殺すもこれらの道具を活用する生産者自身である。植物を良く知り、システムの特徴を良く理解し、使いこなして、最善の成果を上げられるよう期待したい。

お問い合わせ先

〒441-3427 愛知県渥美郡田原町加治諸田52

イシグロ農材(株)栽培システム開発室

TEL 05312-2-7111 FAX 05312-2-7512



トマト栽培（櫛毛農園）

静岡県における高糖度 トマト生産の普及状況



忠内 雄次*

はじめに

静岡県のトマト産地では、10年前まで、丸玉トマトを主体にミニトマトがわずかに生産されているにすぎなかったが、最近、食味の良い高糖度トマトや中玉トマト（トムトム、スイートセブンなど）の生産面積が増加している。中でも、養液栽培による高糖度トマトは、静岡県が全国に先駆けて周年生産技術を確立し、県内に定着している。そこで、ここでは静岡農試が開発した高糖度トマトの生産装置の特徴、生産技術の開発経過、普及状況、今後の課題について紹介する。

1. 静岡農試が開発した高糖度トマト生産装置の特徴

本装置の主な特徴は根域を制限し、高濃度の培養液（EC3～4dS/m）を給液することにより一段果房からBrix 8%以上（夏期はBrix 7%以上）の果実を周年生産できることである。次に現地に導入されている二つの生産方式について紹介する。

(1) ワンポット式

最初に開発した装置で、その概要は図1のとおりである。根域（培地容量）を650ml（4号ポット）に制限し、培地はロックウール細粒綿を使用し、かん水方式は点滴給液（商品名ネクターフィン）である。その後、①培地はヤシガラでも栽培可能、②夏期生産ではポットを覆う資材は通気性の良い不織布の利用可能、③天候の急変に対応できる培地内水分変化による制御装置利用で安定生産可能などが明らかにされ、改良されている。

収穫段数は、3～4段であるが、5～6段も一部で導入されている。栽植密度は10a当たり約4,500株で、年2～3作で年間収穫量は10トン

以上を目標にしている。

(2) ユニット式

生産装置の概要は図2のとおりである。10株を一括して根域制限する方式で、ワンポット式と比べて材料費は約30%安価である。ロックウール細粒綿の培地量が10株当たり2L（200ml/株）の場合は収穫段数は2段が適する。2段栽培の栽植密度は10a当たり6,700～8,000株で、年3.5作で年間収穫量は10トン以上を目標にしている。

2. 高糖度トマト生産技術の開発と普及

(1) 枝樹開発の経過

静岡農試では静岡県における将来のトマト生産は「県外他産地のトマトと差別化できるものが必要」との認識にたつて、平成2年から新しい生産方式による高糖度トマト生産技術の開発に取り組んだ。

研究開始当時には、水分ストレスを与えることで高糖度トマトが生産できることは、既に、明らかになっていたが、一段果房から安定的に水分ストレスを与え、Brix8%以上の果実を生産する技術は確立されていなかった。そこで、根からの吸水方法を工夫することで、低段からの

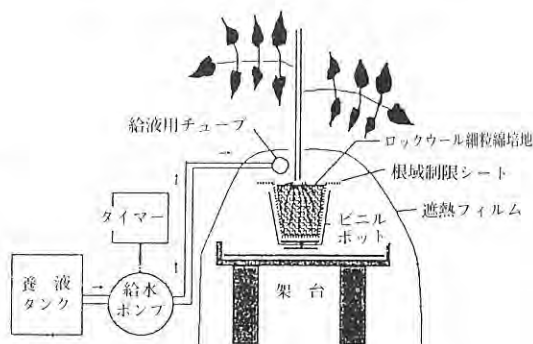


図1 ワンポット式高糖度トマト生産装置

*静岡農試園芸部

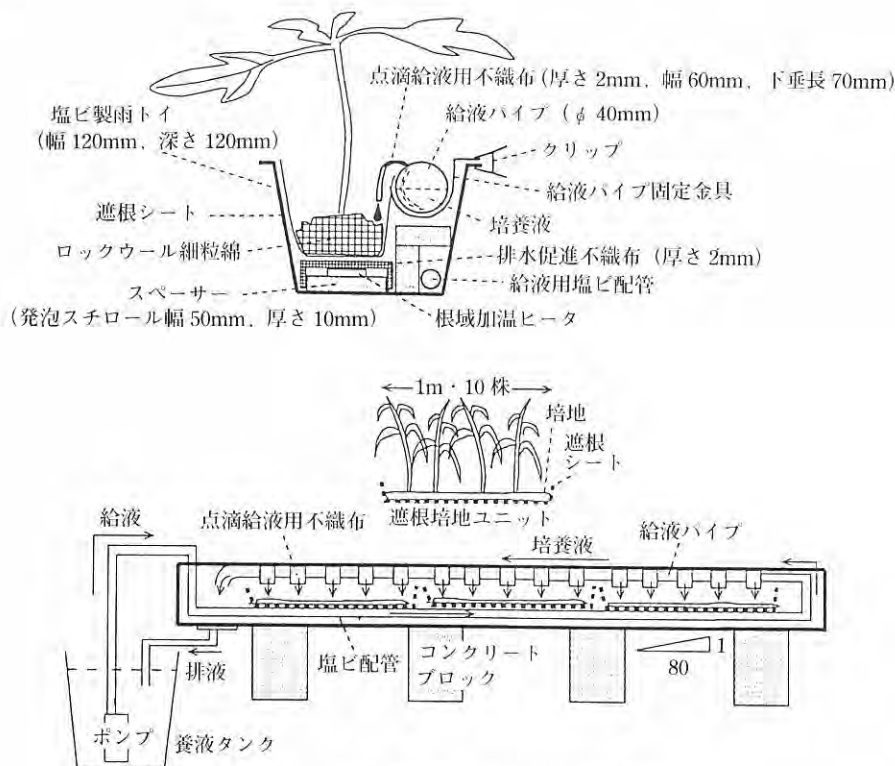


図2 ユニット式高糖度トマト生産装置

高糖度化ができないかと考えて取り組んだ。しかし、かん水量を少なくして株をしおれさせる方法では、しおれ回数を増やすことで根は褐変し、その後、株全体がしおれたまま生育が停止し、収量も少なく、実用性はないものと判断された。

そのため、もう一度、根からの吸水を抑制する方法が他にないかを考え、根圏を高濃度の液で満たせば、浸透圧の関係から根からの吸水量が少なくなることを思いついた。その後、何度も試験を行い、高濃度の培養液をかん水することとかん水量を少なくすることを併用することで、糖度の高いトマトの安定生産が可能となった。

しかし、平成6年頃までは、生産された果実の果肉部は甘い、ゼリー部は酸っぱく、食味でうまい評価を得られるものは少なく、高糖度イコール良食味という考えを改めなければならないことを強く思い知らされた。その後、食味は栽培法の工夫によりかなり改善されたが、現

在も生産者の協力を得て改善に取り組んでいる。

(2) 現地への普及

静岡県における養液栽培による高糖度トマト生産は表1のとおりである。

平成6年に、ワンボット式の高糖度トマト生産が現地に初めて導入され、その後、年々増加し、平成11年4月には13戸、290aで生産されている。

導入当初、萎ちょう病（レース2）、根腐れ萎ちょう病、夏期の尻腐れの発生による生産の不安定と果実の酸っぱさが問題となった。その後、病害対策試験が現地で何度も行われ、薬剤による消毒ではなく、抵抗性品種で解決することができた。しかし、尻腐れの発生防止対策は、未だ確立されていない。また、食味については、アミノ酸分析や食味調査データを参考にしながら、栽培法の工夫を行い、次第に向上しつつある。

平成8年3月には生産者からの強い要望と農

表1 静岡県における養液栽培による高糖度トマトの生産状況

項 目	年 度					
	6	7	8	9	10	11
生産者数（戸）	2	6	9	10	13	13
栽培実面積（a）	16	91	176	216	275	290

試が開発した技術をアプタケアするために「静岡県養液濃縮トマト研究会」が設立された。この研究会の構成員は、生産者、関係農協、関係普及センター、経済連、農試である。研究会では、①生産者の取り組み状況、②栽培上の問題解決、③マーケティング等について検討するとともに、生産者自ら商品のPR活動を活発に行ってきた。

出荷先は京浜市場が多いが、生産量が増加するに伴い、阪神市場へ出荷先を拡大している。約1kg 詰めの出荷箱を出荷農協別に「スイートピュア」、「待ってたトマト」、「アメーラ」、「甘いトマト」、「濃縮トマト」と名付けて出荷している。最近では、1kg 当たり市場価格が1,000 円前後と安定しているため、経営試算しやすく、新規に生産を希望する農家も多い。

3. 今後の課題

(1) 尻腐れの発生防止

周年生産においては夏期の尻腐れの発生が最も問題となる。尻腐れは、果実が急に肥大する条件で発生することが知られている。発生させないためには弱い草勢、しおれ防止、培養液組成の改良、高温防止などを組み合わせた取り組みが必要である。

(2) 食味の向上

これまでの調査結果から、養液栽培で生産された高糖度トマトの食味に関係する主な要因としては培養液組成と草勢（根圏環境）が考えられる。これらについては、これまでに、ほとんど明らかになっていないので、今後の取り組みに期待したい。



研究の紹介

ちゅうまトマトの作り方

はじめに

トマトの高品質栽培技術の開発及び省力栽培が求められている中、三重県の施設栽培面積に占める養液栽培の割合は8.7% (H10 現在, 全国平均1.4%) に達し, そのうちロックウールかけ流し栽培が39% (うちトマト73.1%, イチゴ26.9%) を占めている。

そこで三重県では環境への負担の少ない農業技術の確立をはかるために, ロックウールかけ流し栽培の余剰培養液の排出を90%削減できる環境保全型ロックウール養液栽培システムをメーカーと共同で研究開発している。しかし, 環境保全面だけでは農家サイドのメリットが少ないために普及が進まないと考えられる。そこで, 環境への影響を軽減しながら高糖度トマトの栽培できる方法も開発することで普及へ弾みをつけたいと考えている。

まず, 各地で栽培されている高糖度トマトの栽培方法であるが, たとえば遮根培地ユニット式養液栽培や, 土耕栽培で遮根シートによる根域制限栽培など, いずれも何らかの方法で水分ストレスをトマトに与えて栽培することで果実糖度を上昇させ, そのストレスの強度で糖度の上昇度を調節している。ただ, そのためにどうしても果実が小さくなり, 収量は減少するが, 単価アップで補うことで経営を成り立てようとしている (図1)。

今回は, この環境保全型ロックウール養液栽培システムを活用し, 高EC培養液により栽培することで果実重の減少を伴わずに少し甘いトマト作りを目指した試験結果を紹介する。

1. 高EC培養液の作成方法の概要と高EC

* 三重県科学技術振興センター農業技術センター栽培部



小西 信幸*

培養液への給液置換スケジュール

慣行培養液に $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCl , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を等量添加することで高EC培養液を調製し, 栽培した。単に培養液の濃度を濃くすることによりECを上昇させるのではなく, 他の塩類を添加することで高EC培養液を調製した。窒素 (硝酸態窒素) 濃度を変えなければ窒素過多などによるトマトの樹勢の乱れが起こりにくいと予想した。

給液ECの切替のタイミングは, 定植活着後の給液開始時から1週間ごとに給液ECを上げ始め, 5週目に設定ECとなるようにした。

2. 耕種概要

供試品種には 'ハウス桃太郎', 台木には '影武者' を用い半促成栽培 (播種 1997/10/29, 定植 1998/1/6) と抑制栽培 (播種 1998/ 5/25, 定植 1998/ 7/24) の2回行った。使用プラントに SN-200 改 (株誠和) を用い, 株間 20cm, 一本仕立て振り分け栽培を行った。培養液は, 'とま

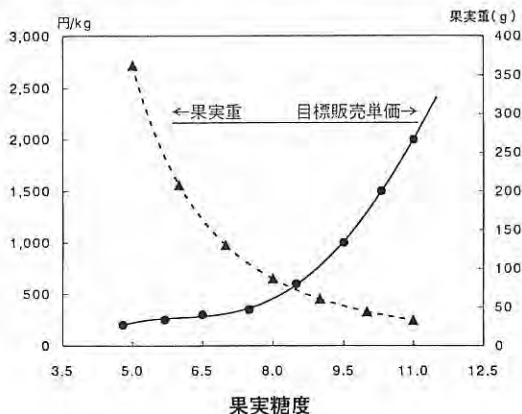


図1 トマト果実の糖度の上昇に伴う目標販売単価と果実重の減少のモデル

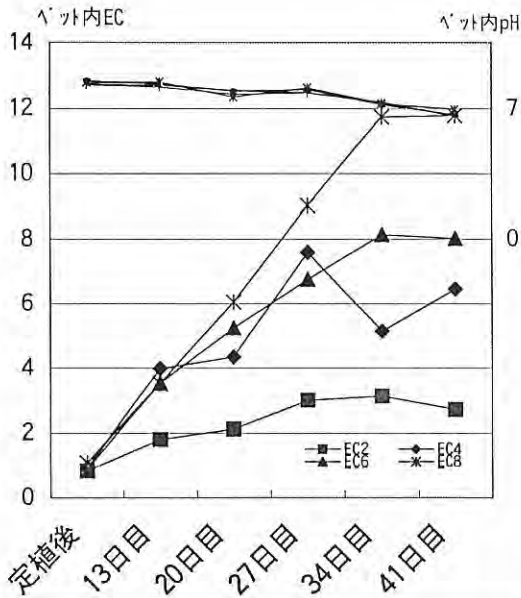


図2 ロックウールベッド内の EC 及び pH の変化

との恵' 処方(株誠和)を用いて、かけ流し栽培で行った。給液は1日3~4回行い、余剰培養液の割合(戻り率)は給液量の25~35%になるように調整した。

収穫調査は6段花房まで行い、果重、糖度、酸度及び無機成分を調査、分析した。

3. 結果

1) 栽培期間中のペット内 EC と pH の変動を図2に示した。慣行区(EC2)では、給液ECを1.5→2.0に調整し給液したところ、ロックウールスラブ内のEC濃度は0.83~3.14の範囲で変動した。pHの変動は8.41~6.95と次第に低下した。EC4, 6, 8区ともに培養液ECの上昇に伴ってスラブ内のECは上昇し、途中から給液ECよりもかなり高くなり、EC4区ではEC6.45, EC6区ではEC8.13, EC8区ではEC11.78まで上昇したところで安定した。

2) 培養液ECが生育に及ぼす影響は、定植から摘心までの間には草丈、茎径にはみられず、栽培終了時の茎径、葉重にも差はなかった。

さらに、高EC養液栽培における収穫日への影響も、各果房の平均収穫日には差がなかった。

3) 糖度については、慣行区の平均糖度の5.66に対してEC6区では5.94(+0.28), EC8区では6.96(+1.3)となり、明らかに培養液ECをあ

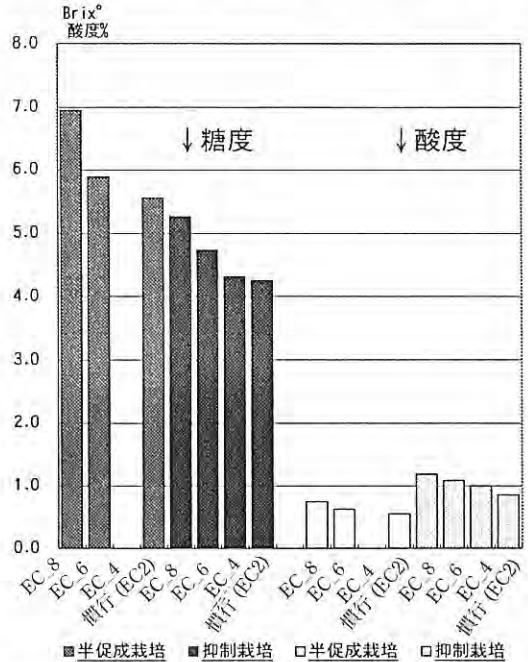


図3 高EC培養液で栽培されたトマトの果実糖度と酸度

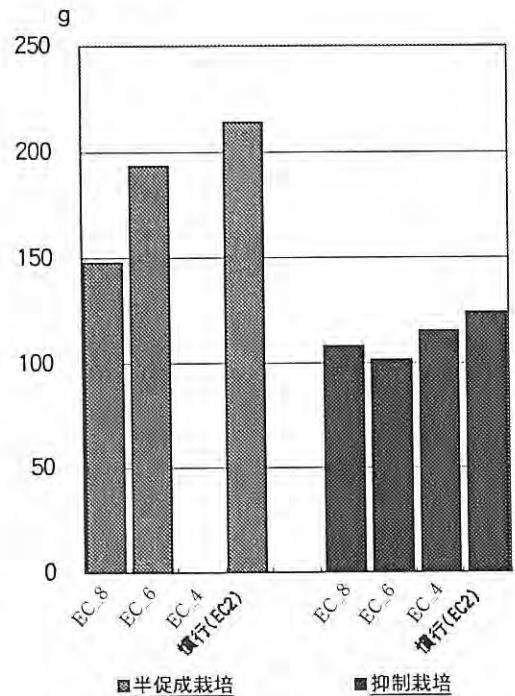


図4 高EC培養液栽培の果実重への影響

げると糖度も高くなった(図3, 半促成栽培)。酸度も同様に培養液ECが高くなるにつれて高

くなり、いわゆる濃厚な食味の果実が収穫できた(図3, 半促成栽培)。しかし、抑制栽培時には、慣行区の平均糖度の4.25に対して、EC4区では4.31(+0.06), EC6区では4.73(+0.48), EC8区では5.26(+1.01)と一定の効果はみられたものの、全体的に低い数字であった(図3, 抑制栽培)。

4) 高EC養液栽培における果実重への影響は、半促成栽培ではEC濃度が高くなるにつれて、平均果実重が慣行区214g, EC6区193g, EC8区148gと軽くなり、収量面に影響がでたが、抑制栽培では慣行区124.1g, EC4区115.2g, EC6区101.4g, EC8区108.4gと減少の程度は小さくなった(図4)。外観による違いでは、EC8区の尻ぐされ果の発生が比較的多いものに対してEC6区では半促成栽培、抑制栽培時ともに発生果が少なかった(表1)。これは果実中のカルシ

ウム濃度がEC6区で高かったことと関連があるのかもしれない。

4. 経営試算と今後の方向

これらの結果から、かけ流し栽培での経営試算を行い表2に示した。経費に関しては、培養液ECを調整するための肥料費が上昇することや、販売高が増加することによる出荷手数料の増加が予想される。しかし、高糖度果実を出荷することによる売上単価の上昇を見込むと、収量の減少を単価の上昇で補うことで売上が伸び収益率の向上が期待できる。

今回は、かけ流し栽培での結果から試算したが、さらに環境保全型養液栽培システムでの栽培試験を行い、果実重の減少、糖度の向上、培養液組成の改良を解決し、経営面では培養液の循環再利用に伴う肥料費の削減とあわせて経営モデルを作成したいと思う。

表1 高EC培養液栽培での尻ぐされ果の発生率と果実Ca, K, Mg濃度

	尻ぐされ果発生率	果実Ca濃度 (μg/g)	K(mg/g)	Mg (μg/g)
EC 8	9.9%	603.02	31.17	399.23
EC 6	1.8%	997.54	36.10	580.03
EC 4	5.8%	653.60	40.73	870.86
慣行 (EC 2)	6.9%	827.93	39.26	637.67

表2 経営試算

	慣行栽培	設定 EC 4	設定 EC 6	設定 EC 8
売上高 (円)	5,775,000	5,251,000	6,164,000	7,492,000
収量 (kg)	20,000	17,000	17,000	15,000
算出基礎	収穫販売量 = 2作型 平均果重 × 1800株 × 優品率	収穫販売量 = 2作型 平均果重 × 1800株 × 優品率	収穫販売量 = 2作型 平均果重 × 1800株 × 優品率	収穫販売量 = 2作型 平均果重 × 1800株 × 優品率
種苗費	360,000	360,000	360,000	360,000
農薬費	94,000	94,000	94,000	94,000
肥料費	639,000	817,000	985,000	1,167,000
動力光熱費	396,000	396,000	396,000	396,000
修繕費/雇入費/その他	115,000	115,000	115,000	115,000
小農具・諸材料費	106,000	106,000	106,000	106,000
減価償却費 (30a/3)	1,354,000	1,354,000	1,354,000	1,354,000
荷造り運賃手数料	1,079,000	1,003,000	1,003,000	1,199,000
経費小計	4,144,000	4,245,000	4,413,000	4,792,000
収 益	1,631,000	1,006,000	1,751,000	2,700,000
収益率	28%	19%	28%	36%

園芸学会平成 11 年度春季大会より

福田 直也*

平成 11 年度園芸学会春季大会が筑波大学で開催された。今回の参加者は、平年よりはやや少なかったものの、研究討論は活発に行われた。本稿では、その中から養液栽培に関係のある課題をいくつかピックアップしてご紹介する。

1. 培養液

培養液に関係する研究としては、病害・障害の抑制や、環境に配慮した栽培技術として、培養液について検討する課題が多かった。

伊達修一（京都府大農学部）らは、ここ数年、培養液中の結合塩素の問題について検討している。今回は、水道水中の残留塩素と肥料成分のアンモニウムイオンが反応してできる結合塩素に対して感受性が小さいネギの根について観察を行った結果を報告した。ネギを残留塩素含有培養液に移植したところ、サラダナなどで観察されたミトコンドリアなどの膜構造の障害や細胞小器官の変性が少なかった。この結果から伊達らは、ネギの根については細胞レベルで結合塩素に対する感受性を低くするメカニズムが存在していると考察している。培養液中に含まれる肥料成分以外の物質の影響として、浅尾俊樹（島根大学農学部）らは、キュウリの自家中毒に関する研究を行っている。今回は、培養液中溶存酸素濃度低下が水耕キュウリの生育および収穫果実数に及ぼす影響について、活性炭の効果を調査した。その結果、株当たりの収穫果実数は、溶存酸素濃度には関係なく活性炭を加えた区で多くなった。このことから、浅尾らは、水耕キュウリの収穫果実数の低下は、培養液の溶存酸素濃度には関係なく、根から滲出する抑制物質によるものであると考えている。

培養液組成について、田中品子（千葉大園芸学部）らは、「培養液への P・Ca・Mg 添加およ

び培養液浸透圧がキュウリべと病に及ぼす影響」について検討した。この試験で検討した培養液組成では、キュウリのべと病を抑制することができなかったが、培養液濃度を園試処方 2 単位として浸透圧を高めたところ、キュウリの生育は抑制せずにべと病を抑制することができたと報告した。同じく千葉大園芸学部の丸尾達らは、ホウレンソウの NFT 栽培における培養液の低濃度量的施与法に関する研究を行い、その第 1 報として $\text{NH}_4\text{-N}$ の好適施与量について発表した。丸尾らは、ホウレンソウの場合、 $\text{NO}_3\text{-N}$ $1\text{me} \cdot \text{l}^{-1}$ に対して $\text{NH}_4\text{-N}$ $2 \sim 3\text{me} \cdot \text{l}^{-1}$ の濃度が上限値であることを示し、この組成で低濃度量的施与を行うことにより環境に優しくかつ安定生産が可能であると考察した。

2. 栽培システム

ここ数年では、低コストの栽培システムや、環境負荷の少ないタイプの栽培システムについて模索・検討が続いている。

本間利光（新潟農総研）らは、防根透水ポットを利用した閉鎖型養液土耕栽培装置の開発について発表を行った。このシステムは、防根透水性があるポットに土壌を充填したものにトマトを移植し、育苗から収穫までを行うものである。培養液は、ポット下に設けられた桶から不織布による毛管現象によりポットまで給液される。このシステムにより、慣行土耕栽培と同程度の生育収量が得られることが確認されたとしている。その他には、鈴木智久・古口光夫（栃木農試）は、養液土耕法によるスプレーギク栽培についてドリップチューブの選定と水分管理方法に関する報告を行った。

養液土耕以外にもいくつかの栽培システムについて発表があった。吉田祐一（岡山大学農学部）らは、香川型イチゴピート栽培システム

*筑波大学農林学系（本会運営委員）

“らくちん”の開発に伴い、排液 EC と排液中養分濃度の関係に対する培養液組成と CO₂ 施与の影響について調査した。この試験結果から、“らくちん”では、20%の廃液率を確保した上で、廃液の EC を 60 ～ 100mS/cm を目標として培養液濃度を調節すれば養水分の利用効率も高くかつ十分な養液を供給することができるとした。杉本耕悦(東北電力㈱研究開発センター)は、流液式水耕装置を使った切り花ガーベラの連続栽培について発表した。杉本は、固形培地で栽培されることが多いガーベラについて、改善すべき点はあるものの循環型の湛液式水耕栽培が可能であることを示唆した。市村 勉(茨城県農業総合センター園芸研究所)は、バラ養液栽培における給液方法の違いについて、底面給液、底面給液+かけ流し、エブ&フロー、かけ流しの4種類設定し、その違いが収量・品質に及ぼす影響について検討した。その結果、底面給液に低 EC 培養液を組み合わせた場合の収量が最も良かったと報告した。

3. 培地

培地に関する発表課題は以下の3課題とやや少なかったが、ロックウールの代替培地の研究が進んでいるという印象を受けた。

張 田 益(済州大学校農学部)らは、毛管培地耕の実用化に関する研究として、吸収紐の素材や大きさおよび固形培地の種類が養液の流入

量に及ぼす影響について報告した。その中で、毛管固形培地耕を行う場合には、培地に培養液を給液する吸収ひもにビスコース+レイヨンあるいはポリセステルが適当であることと、固形培地の粒子は可能な限り均一であることが望ましいとした。植木正明(栃木農試栃水分場)は、杉バーク「クリプトモス」を培地としたイチゴの高設ベッド栽培について、ドリップチューブからの灌液と下部にたまった余剰排液の毛管給液を組み合わせ、排液を再利用するシステムを開発した。このシステムによりイチゴを栽培したところ、収量・品質にほとんど影響することなく栽培することが可能であったと報告した。二村幹雄(愛知農総試弥富農技セ)らは、ロックウールに代わる培地として、多孔質セラミックス培地の実用化に関する研究を行い、培地粒径と培養液給液量がバラ切り花の収量・品質に及ぼす影響について発表した。その結果、この培地をバラ養液栽培で利用するには、培養液の少量化と良品質という面から粒径の小さい培地を用いることが望ましいとした。

以上のように、発表課題の中から3つのテーマ別に課題を選んで紹介させていただいた。いずれのテーマ中にも、必ず「環境保全」を考慮した研究課題が含まれていることが印象的であった。社会情勢などを考えると、このような傾向は今後とも続くものと思われる。



新製品の紹介

フチュラ温室

1. はじめに

従来、日本の温室は屋根型でガラスを葺いて一番上の部分にサッシを取付けているのがほとんどである。日本の温室も、海外の知識を取り入れて発展してきているが、どうしても換気能力が制限されてきた。そこで、今回この換気能力にすぐれているイタリア SERRA 社のフチュラ温室を紹介させて頂く。

2. フチュラ温室の特性

日本の屋根型温室では、夏季に入ると室内温度が 40℃ を超え作業を行う人たちにとっては非常に作業能力が低下してしまう。ところが、このフチュラ温室は屋根が 2 枚のサッシで構成されているため、屋根の約 95% が開放され外気温と内気温の差をできるだけ小さくすることが可能となり、作業能力の低下を防ぐことが可能となった。また作物の生育においても、内気温を外気温に近づけることにより非常に良い結果をもたらす。

3. フチュラ温室の基本仕様

間口は原則として 10m であるが、6.6m と 12.8m の間口もできる。屋根は全開方式で、サイド及び妻面はギロチン式を使用している。制御は 1 台大型制御盤で制御し、温度・湿度・雨・風・日照といった各センサーとも接続されており全てを管理している。

カーテンは標準で 1 層 (LS スクリーン) を装備しており、水平張を使用している。柱間のピッチは 7.732m と 3.3132m で柱高は 3.7m ~ 4.5m である。耐候性は風速 40m/s 積雪 1m² 当り 50kg までとなっている。また、風速 50m/s 積雪 1m² 当り 80kg の仕様もある。全面は 4mm ガラス張

*株式会社 高見工業代表取締役



高見 敏 元*

である。

4. おわりに

従来からの日本温室は、ただ単に室内を温めるという固定観念があった。今までは作業能力・品質は二の次で、大量生産を目的で使用されていた。しかし、大量生産・大量消費の時代が終わり品質重視の時代となって、従来の考え方からの脱皮が必要となってきた。

そこで、柱高も高く全開放式を使用することでより自然体で作物を栽培できるこのフチュラ温室が注目されている。

これからの時代を見据える上で、ぜひこの温室をご検討して頂きたい。



21 世紀の環境，エネルギーに対して社会的責任を担う

廃タイヤ用リサイクル温水ボイラー

“ファイアーバード P C-5000”

安 部 清 悟*

我が国は、昭和 30 年代から 40 年代にかけて高度経済成長を達し、国民生活レベルは飛躍的に向上した。しかし、これらの歪みとして水質汚染、大気汚染等の公害問題が深刻化することとなった。又、近年になり『使い捨て文化』の氾濫により産業廃棄物処理の問題も深刻化している。

21 世紀の産業は農林水産業、都市、エネルギー資源、技術等の開発及びそれらに伴う問題に対し社会的責任を負わなければならない。そこで、私は将来生じる食糧問題、環境問題、資源問題、エネルギー問題を解決すべく 20 年前よりあらゆる研究開発に取り組み、ひとつのシステムとしてファイバード PC-5000 を確立した。

今回は、そのシステムの基本となる「ファイバード PC-5000 暖房システム」をご紹介します。

このシステムを簡単に説明すると、廃タイヤを自動運転で焼却し、そのエネルギーを利用して園芸施設暖房を行うことが出来るシステムである。エネルギーコストを抑えることが出来れ

ば、年中計画的に農産物を生産することに加え、消費者に納得されうる価格で供給が可能になる。このことは、国内の価格競争だけでなく、国際化の波に打ち勝つ為の大きな要素となる。

又、燃料となる廃タイヤの供給は、1979 年代にドライバー 1,000 万人時代に突入してから、自動車普及台数は拡大の一途であり、当然のことながらタイヤの国内販売本数も増える一方である。

タイヤの形成元素は石油類のそれと非常に似ている（表 1）、タイヤは元々、石油から作られた化学製品であることから形成元素が似ているのも当然である。更に重油に近いが完璧に生かせるのなら、タイヤは重油と同じエネルギー源として価値があると私は考える（表 2、3）。

ファイアーバード PC-5000 の 1 時間の発熱量は重油ボイラーで、1 時間 56 リットルの重油消費発熱量と同等の能力に相当する（表 4）。

本機の缶体は、燃焼室・集塵室・貯湯室の 3 つの役目を備える三重構造となっている。

表 1 燃料の組成と発熱量の例

種類	成 分*					発熱量 Kcal/Kg
	炭素	水素	酸素	イオウ	窒素	
原 油	85.51	12.59	0.35	1.43	0.12	10.06
軽 油	85.24	13.34	0.30	0.86	0.21	9.72
重 油	86.10	11.80		2.10		9.87
タイヤ	84.72	6.56	1.82	1.17	0.16	9.32

*（社）燃料協会分析値

表 2 タイヤと重油の発熱量カロリー比較

燃 料	発熱カロリー	ボイラー熱効率
タイヤ	9,320Kcal/Kg	80%
重 油	9,870Kcal/Kg	80%

*有限会社ビーシーセンター所長

表3 ファイアーバード PC-5000 の発熱量 /1h

タイヤ熱量 /Kg	タイヤ燃焼重量	熱効率	有効発生熱量
9,320Kcal	× 60.0Kg	× 0.8	× 447,360Kcal

表4 ファイアーバード PC-5000 の発生熱量に相当する重油消費量

タイヤボイラー-熱量	重油熱量 /リットル	熱効率	重油消費量
447,360Kcal	÷ 9,870Kcal	÷ 0.8	= 56リットル /h

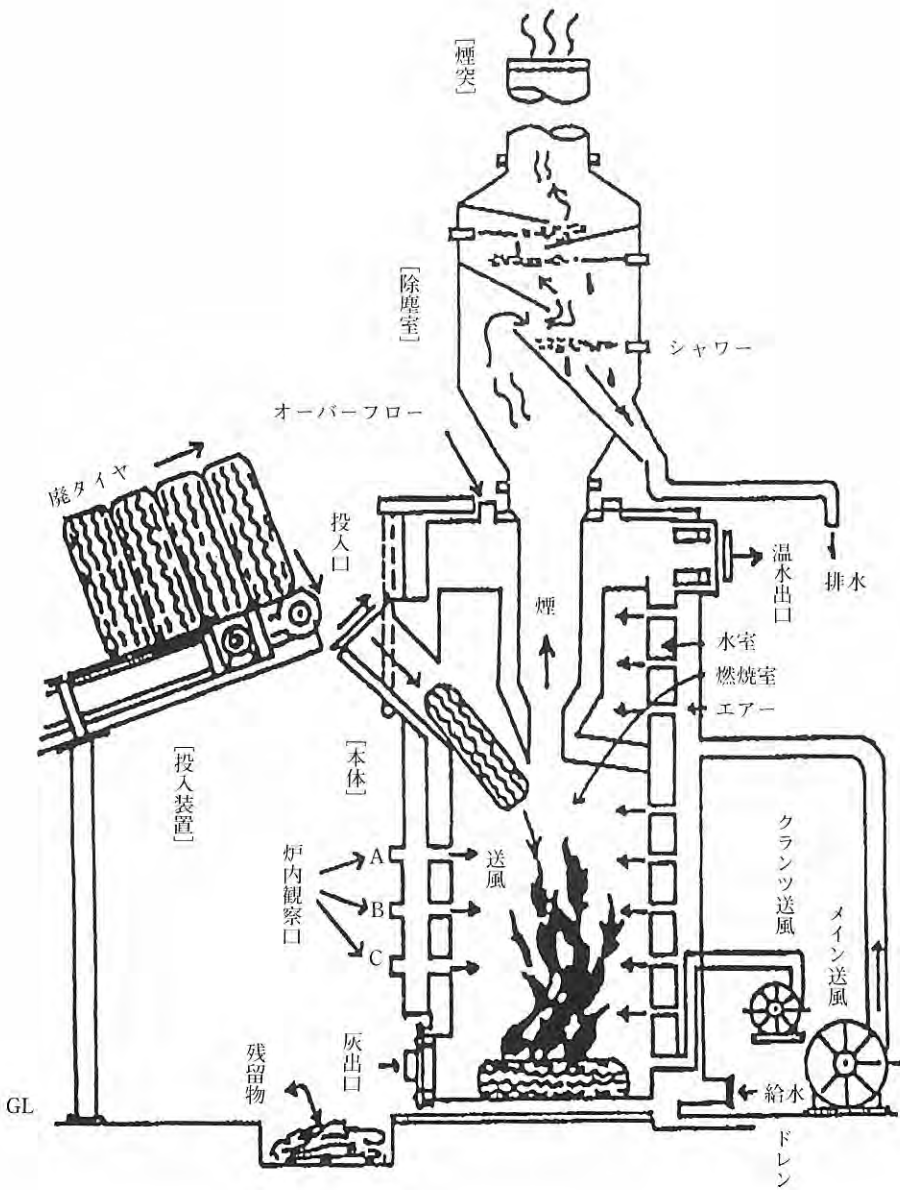


図1 ファイアーバード PC-5000 の原理図

水室に外周を囲まれた中に燃焼室があり、その水室は燃焼用エアースペースで覆われているので、炉内は1,500℃以上の高温になり、廃タイヤに含まれているピアノ線が一部インゴットになるにもかかわらず、使用炉材が溶解腐食されることなく、かつ外部への放出熱は僅少である。

正常運転時には外壁に素手で触っても全く危険がない。水室に所定の水が入っている限り、長時間運転しても腐蝕などの恐れは全くない。燃焼方式は、従来のようにロストル下部より燃焼用空気を供給したのでは、上方に長くなり、カーボンは完全燃焼しないまま外部に放出される。又、燃焼筒を長くすればするほど理論的に煙は見えなくなるが、しかし、これでは実用化できない。

本機は炉内壁を滑るように供給空気を用いて、渦巻き状のジェット回転気流を発生させながら燃焼させることにより、炎の接触面積を大きくしているので、熱回収効率が大幅に向上したばかりでなく、炎上端部より発生するカーボンも極端に減少し、燃焼効率も大幅に改善している。又、給湯温度、湯量など、使用条件に見合ったタイヤ投入量、投入タイミング、燃焼状態など運転に必要な諸条件を、温度センサー、排ガス温度センサー、タイマー等を機能的に活用してコントロールする。又、クランツブローア、パスバルブ機構などの採用により燃焼効率を高める為の精密なコントロールも可能にしている。

“産業公害防止協会”の測定でも大気汚染防止法等に定められている“煤煙施設”に該当しないとの結果が得られている。これは、ジェットサイクロン燃焼方式と独自の筒内構造より、従来の廃タイヤボイラーでは考えられない高度の集塵効果をあげているからである。立地条件等によっては、更に厳しいクリーン度を必要とす

る場合の為に『クリーンシャワーシステム』も装備している。そして、廃タイヤの完全有効利用と徹底的な省力を計る為に『廃タイヤ自動投入装置』を装備し、コンベアー上手作業で並べるだけで他は全て自動化されているので、チップ化、粉碎、切断等は不必要で昼夜連続運転が可能である。着火がマッチ1本で行えるのも大きな特徴である。

以上、簡単にリサイクルボイラー『ファイアーバード PC-5000』の紹介をしてきたが、現在、廃タイヤは有効利用どころか野積み、不完全な焼却処理が行われる為に環境に悪影響を及ぼし、社会的には処分に困るごみとして扱われている。しかし、『資源』と見方を変えることでリサイクルという発想が出て来るのである。今までにもタイヤを使ったボイラーは一部のメーカーにより開発され、色々な用途に利用されているようであるが、環境基準をクリアした、地球にやさしく運用出来ないのが現状である。さらに爆発等の危険性が無く、自動運転の出来るボイラーは無いに等しいのである。又、この技術を応用することで、現在問題の生じている産業廃棄物処理を低コストで改善し、運営することが出来る。このシステム及び技術は、様々な活用方法があり、現在海外からも注目され、年内には導入される予定である。

限りある資源を有効に利用し、現在世界で生じているあらゆる問題をクリアーして、次世代に引き継ぐことが経済大国である日本の責任だと私は考える。

お問い合わせ先

〒441-3427 愛知県渥美郡田原町加治諸田 52

イシグロ農材株式会社 開発室

TEL 05312-2-7111 FAX 05312-2-7512



特別寄稿

調布水耕農場（前編）

大井 卓雄*

調布水耕農場

米第八軍調布水耕農場は今から 54 年前即ち昭和 21 年に東京都下北多摩郡調布市の旧陸軍飛行場の一部に建設された。同年大津の琵琶湖畔に調布よりやや早く米六軍大津水耕農場 (10ha) が建設された。

調布水耕農場の総面積は 22ha 世界一の水耕農場（礫耕栽培）であって日本における養液栽培の「はじまり」と云えよう。米軍関係者に清浄な野菜を供給するのが主なる目的であった。

わが国は戦後野菜は極度に欠乏していた。また蔬菜栽培に下肥を使っていたので土壌は寄生虫の卵などで汚染されていた。当時蛭虫は殆どの子供が、蛔虫は病院で検査された 82 万点の中 57.1%（昭和 21 年度）が保有していた。



図 1 調布水耕農場温室
総面積 2ha 間口 214m 奥行 101m

調布水耕農場建設

間組は米第八軍一調達庁一東京都から建設の特命を受けて京王線の飛田給駅、飛行場の南門近くに建設事務所を置き工事に着工したのは同年の 5 月 1 日であった。水耕農場の構造は最下段に貯液タンク（養液槽）があって、ポンプによって最上段にある給液タンクに揚げられた培養液は重力によって下位にある 3 段のベッドに次々に与えられる養液循環式礫耕栽培である。ベッドの幅 1.4m、全園のベッドの総長は 87km、これにつめる礫は、23,484m³ が必要とされた。11 プロット（分園）のうち第 2 分園はガラスハウスで間口 214m 奥行は 101m 鉄骨の連棟式の温室、タクマ式ボイラー、井戸の掘削、貯水タンク、製氷室、野菜の貯蔵庫等、当時これらに必要な建設資材は枯渇していたので、蒐集も困難であった。間組は各社からの協力を得て絶大



図 2 研究室、製氷室、野菜の貯蔵庫、肥料倉庫等

*元米軍調布水耕農場顧問

な努力を払った。昼夜兼行の工事は同年12月31日に竣工式のはこびに至っている。

米軍側の司令官は Elliot 空軍中佐で陸士、スタンホード大（農）の出身で欧州戦の時にアフリカ、マダカスカルで水耕簡易施設を試作した経験があった。部下に Cordel 経理少佐、Sanders 中尉等がおられた。

米軍側の技術者は Brodgett, Eastwood, Klotzback, Culbertson 氏等であった。かつて養液栽培を行った人、又は蔬菜栽培の営利会社インディアナ州のデビス会社に勤務していた人達であった。デビス社は10haの温室栽培の中で1haは礫耕で1haは循環式湛液耕でトマト、キュウリの比較栽培をしていた。氏等はここから第2次大戦中は農耕不能なアッセンション島、英領ギニア、硫黄島等で水耕農場の建設、蔬菜栽培に従事した。そしてその延長上として終戦後調布基地に派遣されたのであろう。米兵の中には上記の島嶼で働いた人また実験室には学徒兵等もみられた。

日本側技術者は田中長三郎先生（旧台大）当時 GHQ の資源局の顧問をしておられ、米第八軍の要請によって技術者を募集した。その手続面接等は農林省の農産課長の秋元真次郎氏のもとでなされた。各大学、試験場等の紹介によるもの、色々のルートはあっただろうが昭和21年6月中旬から8月中旬の間に採用された。技術者の多くは外地の大学、農事試験場、司政官、軍隊等の帰還者が多数を占めていた。

農場の開設作業は田中先生以下約40名の日本人技術者によって開始された。然し当時は終戦後まもないころであり食糧の欠乏、空腹に耐えながら試験室の準備、試験用の簡易礫耕栽培設置の作業から始めた。その間、水耕学校も開かれた。

試験室の準備

府中市にあった旧陸軍燃料廠の研究室を調布水耕農場の研究室に移動した。実験台をはじめ、薬品、器具をトラック、ジープで運び、薬品の日本名ラベルを英名で書き代えることから始めた。当時化学を担当していた人は、斉藤輝一、関正三郎、藤堂 誠（九農試）、今井次郎（西ヶ原）、斉藤文次（宮崎大）、鈴木誠次郎（都

農試）、平松正也（玉名化）また肥料倉庫には加藤恵三（味の素）氏がいた。

試験用の簡易礫耕栽培設備

三人一組で多摩川に礫をとりにゆく、アメリカのスコップは柄が長く大きい、トラックにつみ上げるのが大変だった。一方「間組」は米軍の大型パワーシャベル、ブルドーザ等を駆使して大きな礫の山をあっという間に築いていた。D 図に示す様な小規模の礫耕ベッドをつくった。ベッドに脚をつけてあるが、これではベッドおよび脚が破損しやすい。礫が相当の重みを持つため、地面に直接設置の方がよい。重力を利用して養液を流すため ABC 各ベッドに30cm 程度の高さの差を必要とする。

ベッドの養液取入口の箱は高さ25cm、中は10×7.5cm でこれには礫をつめない。側面の7.5cm 板は下底ブタと連結するため養液の通路をあける。下底ブタは175×10cm の板を直角に2板打ちつけたものである。これをベッドの底にふせる。養液は下底ブタとベッド底面のすき間から出てくる。したがってベッドの底面に密着してはよくない。下底ブタの内側または側面に小さな「切込み」をつけて養液を出しやすくしてやる。排水管は下底ブタの側面にあたる部分につけ、このゴムホースは灌水の際には針金わくに掛けておき、排水の際は次のベッドに落す。すべて養液に接する部分、給液槽、養液



図3 簡易礫耕栽培設備（セロリー）

槽 (190 ℓ 入ドラムカン)、ベッド、下底ブタなど充分乾燥させてからアスファルト塗布を行なう。養液槽に溜まった液は一馬力のガソリンポンプで各給液槽に上げている。ある程度の養液が A ベッドに残留するので、次のベッドが同じ大きさなら灌水量が不足がちになる。したがってベッドの大きさを 6:5:4 の割合にするのがよい。

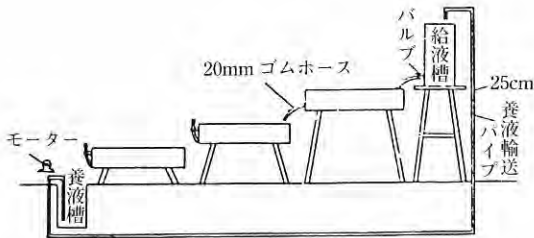


図 4 (D)

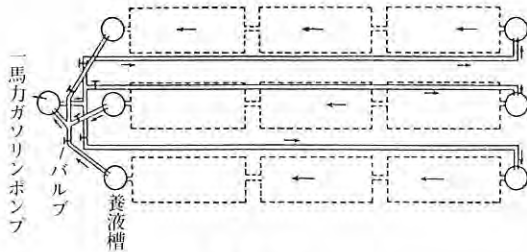


図 5 (E)

図 (E) は養液輸送の配管図である。養液を循環させる場合に、他の管のバルブを充分に締めないと、他のベッドの液と混合するおそれがある。

摘要 ベッド 長さ 182cm 幅 91cm 深さ 25cm 礫の深さ 20cm、灌水回数は 1 日 3～4 回

養液の追加は週 1 回

最初は飛行機の補助タンクを養液槽につかった。補助タンクの末端にワイヤで結び、これを (鉄柱—鉄道のリール) の柱につけて、このワイヤをジープで引いて補助タンクを高い位置にして集った養液を給液槽に戻していた。手間のかかる灌水作業であった。のち 1 馬力のガソリ

ンポンプに置き代えたのが E の図である。

いろいろと改良を加えて作物が生育したとき高松宮様が御見学にこられた。司令官の Elliot 中佐が御説明にあたり、間組の神部社長や農場長の田中長三郎氏が御案内申し上げた。以後この設備は実験に使用した。

水耕学校

誰かがこう呼んでいた。親睦のために、また知識を深めるためだったのだろう。飛行場の格納庫の近くのオフィスで技術者相互の講義がおこなわれた。50 数年前のことであって記憶が殆んど薄れている。最初は春日井新一郎先生 (東大) の水耕法に関する講義であった。水耕法で植物にとって養液中の大量要素、微量元素をあげる前に 1 番大切な要素は酸素 (空気) である。どうしたら根に酸素を充分に与えることが出来るか。それを考えねばならない。実験 (水稻、メロン、糸瓜、甘諸等) を通して酸素 (空気) の重要性を強調された。次から技術者相互の講義で () 内は水耕農場から後の勤務先を示す。かつて農学賞を受賞している人から順に講義された。

田中長三郎 (農大、大阪府大) 柑橘の系統的分類と、今後生産の主体となるウンシュウミカンについて。

白倉徳明 (植生、信大) 混植、作物相互の関係、横尾多美雄 (昆虫、佐賀大) 朝鮮のメン羊の腰麻痺病の原因は指状糸状虫が羊の脳脊髄内に入って激しい病気をおこす。この中間宿主について。

小川隆 (植病) トマトの病気

井上頼数 (園芸、教育大) 蔬菜一般

吉田欽二郎 (園芸) 温室の花き栽培

齊藤文次 (土肥、宮崎大) 水田の土壌の還元層、秋落現象、渡辺正一 (園芸、香川大) カーバイトによるパイナップルの花芽の分化

藤堂 誠 (土肥、九州農試)、齊藤 清 (育種、宇大)、佐藤公一 (平塚園試)、岡 千里 (園芸、静岡柑試)、中山隆夫 (植病、米軍調達局) 等がおられた。

その頃若い技術者に対しては清水政治 (植生、名古屋大) は Gericke の論文を翻訳して講義し湯川敬夫 (植病、山口大) も植物病理の講義を

した、戦争と云う空白があって各講師の講義は新鮮であった。

水耕農場施設

農場の中央に大きな通路が南北に走っておりその両側に各分園が位置している。分園の大きさは2haで、ベッドは幅122cm長さAベッド36m、Bベッド30m、Cベッド24m、全長約91.4mのベッドが87本並列している。運営上11組の分園に分けている。分園にはそれぞれ責任者がおり管理していた。最上段にあって養液をためる構造物は分園によって相違があり、第1分園から第4分園までが給水溝 Header ditchで第5分園から第11分園迄が、これに代わって2個の給液槽 Header tank を設けている。つまりコンクリート溝とタンク（槽）の違いである。今、給液槽 Header tank の場合を図示しよう。



図6 中央通路 左側 No. 1, 3, 5, 7, 9, 11, プロット 右側に温室, 4, 6, 8, 10, プロット (分園) があった。

集液槽（養液槽、貯液槽）にためられた調整養液はポンプ室にある11KWの渦巻ポンプによって、一段と高いところにある2個の給液槽に運ばれる。この地下パイプは太さ15cmで長さ100m以上もあろう。高所にある給液槽からパイプによってそれぞれのベッドの先端すなわち養液の取入口に導かれる。ここにあるバルブを開くといよいよ灌水（Irrigation）が開始されることになる。ベッドは落差を利用して逐次灌水される。蔬菜の根をうるおし集水溝（Collector ditch）に集って最後に養液槽に入るのである。灌水を終るまでだいたい40～60分を要するであろう。灌水回数は責任者によって天候や蔬菜の生育状態を斟酌してきめられる。

だいたい1日2～4回の灌水を行なう。したがって蔬菜の根に養液を与える時間は1日のうち2～4時間で、あとの22ないし20時間は空気（酸素）を与えていると考えてもよいであろう。このように灌水を繰り返していくと肥料分は根に吸収されて養液の濃度は逐次薄くなっていく。したがって一週のうち2回（月・木曜日）に分析を行なって吸収された肥料分を火・金曜日に補給するのである。栽培期間は決して養液を捨てることはない。

(1) 給液槽（Header-tank）

給液槽はAベッド面から約75cmの高所に設置してある。したがって養液は落差によって灌水されるわけである。灌水が均一にいくためには2個のタンクで87本のAベッド全体を充分にうるおすに足る養液がたまることが必要である。灌水量の高低によって違ってくるが265klは必要である。タンクの大きさは直径6.8m、高さ2.5mで約151m³の容量である。鉄板製で接合部はゴムパッキング（3mmの厚さ）を入れボルトとナットで止めてある。



図7 給液槽（Header-tank）

分園に2個あり収穫出荷用のスカシ箱。ベッドの養液の取入口はバルブを開く。

内部はこのような接合部はアスファルトを塗り養液の洩れぬように、また鉄分などの溶出を防ぎ他の部分は錆止めペイントを塗ってある。

年一回、内部に沈殿した肥料分（主として硫酸カルシウム）を清掃する。また、剥げたペンキの塗替え作業のためタンクの側面に90×120cmのマンホールがある。この部分はゴムパッキングを使い、ボルトとナットで締めてあ

るが、鉄板は容易にとりはずしができるようにしてある。このタンクを設置するにあたり注意しなければならない点は、養液の取入口および取出口をタンクのどの部分にするかである。集液槽からポンプで押し上げられてくる養液を滝のように落して空気を添加することが必要である。また取出パイプはタンクの基部に2本あるが、底部より必ずやや上った場所に設けるべきである。底部にあるとタンクの養液は完全に排出されるが、硫酸石灰や過磷酸石灰のような難溶の肥料分がパイプに沈殿したりまたベッドに入り、栽培を続けてゆくうちに思わぬ失敗をするであろう。水耕農場の取出パイプは約30cmの高さのところにある。したがって給液槽、集液槽ともに不溶の肥料をベッドに入らぬように沈殿させておく場所が必要なわけである。水耕農場の場合もタンクの位置を少し高所に設置すべきであった。パイプの枝管の末端にあるベッド（たとえば第1, 44, 45, 87ベッド）は圧が落ちると養液の出が悪く、またパイプ内に肥料の沈殿を起こしている。したがって地上1.5mぐらいの高さに設置すべきであった。

- (2) 養液槽（集液槽、貯液層, Sump-tank）
 灌水の終わった養液は全部このタンクに集めら



図8 養液槽（集液槽、貯液層）Sump-tank

灌水が終わった養液は排水溝におちてここから養液槽に落下する。この場所に木製の堰をはめ養液を大目にしてここで肥料を粉碎溶解させて養液槽に落す。（養液槽は通常は蓋をしてある）

れる。肥料の追加はタンク入口の養液の流れ込むところで行われる。タンクの容量は全ベッドに養液を満した量の40%以上の大きさが望ましい（ただし並列式階段ベッドの場合）。タンクの構造はコンクリート槽で直径14.11m、深さ2.5m、側壁および底の厚さ22cmである。このタンクの一端に12cmのバルブがあり井戸に直結し適時井戸水の補給ができる。他端の養液の落ちていところは灌水作業が終り集水溝に集まった養液がここから集液槽に落ちている。この液取入口は幅2m、高さ60cmである。灌水作業に先だって養液を給液槽に送らねばならない。そのためにポンプ室から2本の鉄管が入っている。1本は径15cmで他は径10cmである。前者は揚水用で他はT字形に曲り養液攪拌用である。このパイプの直下は他のタンクの底部よりも深く幅90cm、深さ90cmの部分が深くなっている。このタンクは約90cmの部分が深くなっている。このタンクは約335klの養液が入る。実際に分園の全ベッドを養液で堪える場合8.51klを要するから、養液槽はこれの40%になっている。底面のコンクリートの厚さは30cmにし、また揚水ポンプの直下の一段と深くなっている部分は堅牢にしている。またこの部分はタンク清掃する場合に、あるかないかで非常に能率が違って来る。集水溝（排水溝）Collector ditch から養液槽に落下するところは幅2mでは養液の落勢を弱め、空気の添加を少くするので幅1mにせばめ塵取用の金網を設置するように改良した。この部分が肥料添加の場所であって大切な場所である。

- (3) 給水溝（給水槽, Header ditch）

温室の一段と高いところにタンク（給液槽）を設置できないので、タンクの代りに横幅211m、縦幅2.89m、深さ70cmの細長いコンクリートのプールがある。これを給水溝とよび第1分園から第4分園まで設置され、木の枝で蓋をしている。これに入る養液量は472klとなる。この中央のところに幅60cm、高さ60cmのコンクリートの槽になっており養液槽から輸送される養液は径15cmのパイプによって噴出される。ここを満した養液は滝になって両側の給水槽に落下する。このようにあらゆる場所で空



図9 第4分圃の給水溝

Header ditch タンクの代りに設置されている。ベッドに給水されるゴムホースがある。シートに包まれているのは出荷用スキャン箱

気混和の方法が工夫されている。長い給水槽と直角の方向、つまり各ベッドの前には直径5cmの鉄管が出ており、これに長さ96cm、内径5cmのゴムホースを連結し、木杭にホースを支え養液を出さぬようにしている。それをさげると養液はベッドに注がれる。鉄管の出口を、溝の底から高くすると養液はずいぶん残ることになり、また底部につけると給水槽の塵埃をベッドに注ぎ込むことになりよくない。給水溝の数ヶ所に深いところを作っておけば清掃は簡単にできる。夏期のコンクリート膨張による損傷を防ぐため7.5mごとに約3cmの幅にアスファルトとおがくずの練ったものをつめてある。

(4) 集水溝 (Drain ditch, collector ditch)

最後のCベッドの灌水が終ると、ホースは下ろされ、いっせいに養液は集水溝に注がれ、集まって溜りとなって集水槽に落ちる。

この溝は養液は中央に集ってくるように末端の深さ15cm、中央は45cmになっている。長さは211m、幅40cmで常時木製のフタをしてある。

(5) ベッドの構造

ベッドは蔬菜を栽培する場所であり、図10のように礫が詰められた圃場である。このベッドの深さは一番深いところで30cm ならずであ

る。中央の浅い溝へ傾斜し、この溝が下の方へ小さな勾配をつけてあるから、液は一番下端のベッドの側面からホース(内径5cm)で次のベッドに排水できるようになっている。この中央の溝を下底溝(Sub-ditch)とよび、木わくがかぶせてある。この木製(米松—ラワン材)の溝ぶたは長さ150cm、幅15cm、厚さ2.5cmで内側を4ヶ所鉋(なた)で削り、養液の出入をよくしている。灌水が始まると、養液は最初この溝を満たし木わくの間から礫の間の植物根をうるおす。礫の表面から下3~6cmのところへ養液が上がってきたら次のベッドへ養液をはらう。このようにベッドの底部から根に養液を供給する方法を下底灌漑法(Sub-irrigation method)という。この方法によって根の周囲にある炭酸ガスの多く含まれた空気は外に押し出され、そして排水とともに暖い新鮮な空気が礫の間を通して根の周りに入ってゆき、完全な酸素供給が行なわれる。養液供給と空気供給の長短および完全か不完全かはベッドの構造によるのであって礫耕栽培において最も肝腎な場所ということが出来る。調布水耕農場は約91mの3段式(6:5:4)であって、Aベッド36m、B-30m、C-24mの長さである。下底溝の深さは3.81cm 上幅12.7cm、底幅7.62cmの細い溝であるが上にかぶせる下底溝ブタ(Sub-ditch cover)の種類によって植物の生育もことになって来る。調布農場は開設当時は波形のスレートを使用していたが蔬菜の根がこれにからみ、かつ容積が小さいため灌排水に時間が掛り、やがて多湿(空気不足)の害が生じて来た。下底溝ブタを比較試験して、結局栽培を中止して全農場のスレートを取り去

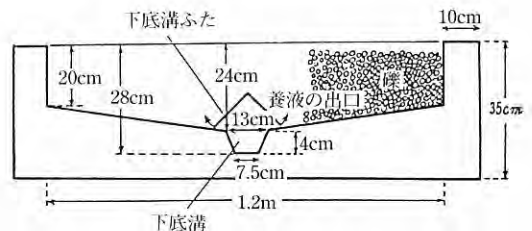


図10 Aベッドの構造



図 11 下底溝ぶたと下底溝

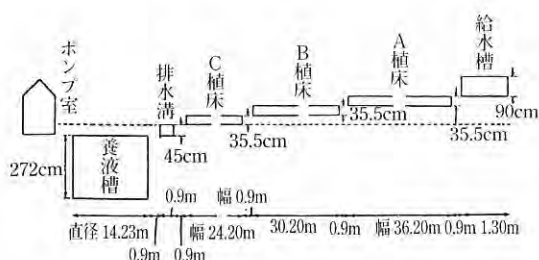


図 12 水耕農場各設備の位置

り木わくに代える大工事に着手せざるをえなくなった。また下底溝ぶたの周りには大きな礫を使用するのがよい。コンクリートの側壁の厚さは10.16cmであり、最も薄い個所は下底溝の直下で7.62cmである。この部分は最もいたみやすく、長年栽培を続けると養液の洩れる個所もでてくる。夏の暑さで膨張し亀裂を生ずるから予防の目的で次の様な方法を講じている。すなわちA、B、Cベッドにそれぞれ4、3、2ヶ所にベッドの壁の内側に深さ4.9cm幅2.5cmの溝にアスファルトと大のこ屑を練ってつめてある。

礫耕に必要な作業

アスファルトコーティング (Asphalt coating)

植物には有害ではないが、コンクリートは石灰質で壁面からの溶出物はpHの調節を難しくする。そのために固形のアスファルトに熱を加えて液状にして塗布する。

礫の磷酸処理 (Gravel coating)

礫から溶出して来る炭酸カルシウム等を防ぐ方法として、磷酸液で礫を処理して礫の表面に、水に溶けない磷酸三石灰の被膜をつくる。

この作業をグラベルコーティングと呼んでいる。調布水耕農場の礫は多摩川および清水港の礫で貝殻なども含まれ、かなり Ca^{++} が溶出する。コーティングの方法は33万ℓの井水に50%の液状磷酸を約170ℓ投入する(1ℓに0.52cc)。または別の方法として47%の重過磷酸石灰なら114kg(1ℓに345mg)を投入する。いずれも大体24時間のベッド冠水で礫の周囲に磷酸三石灰の被膜をつくることができる。被膜の進行状態はpHを測定して大体推定しうる。処理直後はpH3.8で P_2O_5 として220ppmであるがpHが6.3～6.8で P_2O_5 が110～85ppmで動かない場合には被膜ができたものとみてよい。

処理液は捨てる必要はなく、分析して PO_4 やCaの量がわかったら他の要素を添加して養液をつくり、次の播種および移植の場合に使用するのがよい。これらの壁や礫から溶出してくる Ca^{++} や Mg^{++} は必須元素であって有害では決していないからである。普通一般の実験栽培の場合には礫のコーティングをしない場合が多い。しかしこの様な処理をしておけば、磷酸の沈殿を植物の吸収と間違えたり、思わぬうちに磷酸の欠乏症が進んでいたりすることはない。

礫の消毒

A) 市販のホルマリン(40%)を100倍に希釈した液を如露で散布する。揮発するガスを逃がさない様にカンバス又はロールペーパー等で被覆する。育苗用のベッドのみに使用した。

B) ドリサイドと水酸化ナトリウムによる消毒
Sodium trichloro phenate (商品名 Douricide B)
Sodium tetrachloro-phenate (商品名 Douricide F)
Sodium pentachloro phenate (商品名 Douricide G)
安価で相当な殺菌力があり、大規模の礫床消毒にはこの薬剤を使用した。

Douricide GはPCP-Naそのものであって、それから11年後に水田除草剤として日本で開発され、広く水田に使用されることになった。いずれも魚毒が強いのて使用は禁止されている。

肥料とpH

水耕法の実験に使用される化学薬品は大部分は中性または酸性の塩である。しかしながら一般の栽培に使用される肥料は中性のものが少なく、酸性かアルカリ性に片寄っている。調布農

場に入庫している 13 種類の肥料の pH を 2% の溶液をつくり調べてみると、pH の一番低いのは過リン酸石灰で pH3.0 であり、pH が一番高いのは硫酸加里で pH8.8 であった。また各種肥料の溶液（10 分 / 1 モル）をつくり礫で濾した場合の pH の変化はアルカリ性の溶液は微酸性に KCl pH8.7 → pH6.4、酸性溶液はアルカリ性に CaSO₄ pH5.8 → pH6.2 の変化がみられた。なお蒸留水 pH6.6 → pH7.2 微アルカリ性になった。

養液のアルカリ化および酸性化の調整

農場の井水は pH7.8 ～ 8.0 である。夏場の蔬菜の生育期には井水の補給が多いので養液はアルカリ化することになる。

農場ではアルカリ化へはフレーク状の苛性ソーダ NaOH (50%) を酸性化へは正リン酸 H₃PO₄ (80%) 又は硫酸 H₂SO₄ (62%) を使用している。

蔬菜と養液の酸性化、アルカリ化

キュウリは酸性化に傾いてゆく。養液に硫酸を NH₄-N として 10ppm 加えてある。用水の補給 (pH7.8) があってもアルカリ化はみられない。これは NH₄⁺イオンは非常に速に吸収されて SO₄⁻イオンが残るため酸性化するのであろう。キュウリは NH₄-N をよく吸収する。ネギは逆にアルカリ化する。ノ

ノ 生育最盛期に pH を標準 pH6.2 ～ 6.4 に 1 週間に 2 回調整するとして分園 340 kℓ の養液に対してどれ位の量を使用するであろうか。

酸性化 セルリー 13kg レタス 9kg
の水酸化ナトリウム (50%)
アルカリ化 トマト ナス ペパー 30 ～ 35 ℓ
の硫酸 (62%)
ネギ 甘日大根 75、38 ℓ
の正リン酸を使用していた。

肥料のタンクへの投入方法および順序

- i) 養液槽に 150 kℓ の養液が溜ったら動力搅拌を始める。
- ii) 排水溝から養液槽への取入口に木製の堰をはめ排水溝に養液を大目にして、ここに肥料を粉碎溶解させて養液槽に落す。
- iii) 溶かす順序は、硫酸マグネシウム、過リン酸石灰、硝酸加里、硫酸石灰の順で決して異った肥料を同時に溶かさない様にする。全部の養液 (340 kℓ) が養液槽にもどるまで、給水槽には液を送らぬこと。
- iv) 微量要素は大要素を投入して灌水作業が終る。次の排水の際に同一個所で添加する。なるべく時間を掛けて少しずつ添加する様に注意する。

調布農場の養液濃度の変遷 (ppm)

年 度	1946 ～ 1948			1949 ～ 1950	1951 ～ 1957	
要 素	基 準	最 低	最 高	基 準	*基準	**基準
NO ₃ -N	98	40	126	79	79	123
NH ₄ -N	0	0	0	(0 ～ 16)	16	23
PO ₄	285	190	380	93	150	150
K	273	195	351	273	275	275
Ca	360	280	440	360	360	360
Mg	72	48	96	36	36	36
SO ₄	1,008	480	1,488	740	740	946
Cl	0	0	108	43	43	43

*レタス
**キュウリ

微量元素 基準濃度

Fe 1.0 B 0.05 Mn 0.5 Zn 0.05 Cu 0.05 (ppm)
(1949 以後 B 0.5)

養液の分析肥料の補給

週 2 回 分析 月、木曜日 補給 火、金曜日ノ

ノ Fe は一週間に 2 回、Mn は 1 週間に 1 回

B は二週間に 1 回 Zn、Cu は 1 か月に 1 回の割合で補給した。

養液の分析法

主として米国の企業経営に採用されている方

法で NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Mg , Fe , Mn , B , Cu , Zn は比色法 (Colorimetric method), Ca , SO_4^{2-} , Cl は滴定法 (Titrimetric method), K は混濁比較法 (Turbidimetric method) を用いた。

養液濃度の変遷

開設当初 1946～1948 年の基準濃度は Eastwood 氏によって決められたものと思う。氏はアメリカの礫耕栽培の養液の組成を比較検討した。

Lago Shell Ohio, Purdue, California, Newjersey 養液の中で Lago 養液を調布の基準養液としているからである。

1949～1950 年ごろにはその濃度は薄くなり、 Mg , PO_4 量は半減し、 SO_4 もなるべく少なくし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は 0～16 の間で使用するようになった。

1951～1957 の基準養液濃度は $\text{K}-273$, $\text{Mg}-36$, $\text{Ca}-360\text{ppm}$ であって大きな変化がなかった。 K は葉菜類の生育期に多用され、フダンソウの盛育期には 325ppm まで使用された。したがって $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収も盛んになり $\text{NO}_3\text{-N}$ が 113ppm まで使用された。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の多用は、レタス結球の時期を遅らせる。したがって結球、結実期には $\text{NO}_3\text{-N}$ とともに減量して PO_4 を $150\sim 285\text{ppm}$ の間で増量調節するようにした。ノ

ノ 1958 年以後は三倍性過磷酸石灰 [P_2O_5 48%] を使用せず普通の過磷酸石灰 [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$] 水溶 18～20% を使用した。普通の過磷酸石灰には多くの硫酸石灰が含まれている。したがって従来使用していた石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) の量を減じた。

1960 年以後は $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ および NaNO_3 を使用せず主として KNO_3 を $\text{NO}_3\text{-N}$ の補給に使用したが KNO_3 も不足がちのため硝安 (NH_4NO_3) で補うようにした。

養液濃度調整

試験場、大学等の水耕法の試験には純度の高い化学薬品を使用している。一方礫耕栽培には経済的条件が大きく加味されてくる以上、肥料の種類、入手の難易によって、前記の試験場等の養液濃度と一致させることは難しい。すなわち、肥料の種類が変わってくると、目的としない別の要素が入ってくる。たとえば K の補給に K_2SO_4 を使用すると、 SO_4 が、また KCl を用いると Cl が基準量以上になってくる。基準養液濃度に達するように計算量の肥料を投入してもなかなかその濃度には達しない。在庫の肥料で基準養液に近づけた調例である。ノ

表 最初の養液の基準濃度 (1946～1947 年)

肥料名	化学式	ミリグラム	濃度 ppm	計 ppm
硝酸加里	KNO_3	840	K 273 NO_3 412	$\text{NO}_3\text{-N}$ 93 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0
硫酸マグネシヤ	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	837	Mg 72 SO_4 276	PO_4 285 K 273
三倍性過磷酸石灰	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	500	Ca 60 PO_4 285	Ca 360 Mg 72
石膏	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1579	Ca 300 SO_4 742	SO_4 1018 Cl 0
水		1 ℓ		

ノ 溶けにくいのは Ca^{++} であった。またその逆の現象は Mg^{++} であった。そこで Ca^{++} の補給にいきおい石膏を増加するようになった。 SO_4 で 1500ppm をオーバーして礫上に CaSO_4 や MgSO_4 の塩の堆積となり、塩害をおこす。そこで高価な硝酸カルシウム [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] で補うようになった。この肥料を用いて Ca^{++} が基準濃度

に容易に達しても、 NO_3 が多くなるのでこれを減らし KCl を使用する様になる。 Cl^- は 100ppm を一応限度としているが 150ppm をオーバーすることがあったが、別にこれによる障害はみられなかった。近年、養液栽培のシステムに沿って専用肥料が各社から販売されているので養液調整の労力も軽減されている。(以下、次号に続く)



誌上シンポジウム

養液栽培における生産安定をめざして

～若手研究者による最新研究動向～

深夜電力利用型補光が数種野菜の 生育に及ぼす影響

福田 直也*

はじめに

人工光源を農業生産に利用する例として、電照や補光をあげることができる。電照は、日長調節のために、夜間に照明を行うものであり、我が国においても普及している。一方、補光は、生育促進のために日照不足を補う、あるいは明期を延長するものである。冬季の日射量が少ない欧米では、植物栽培における人工光源による補光の有効性が確認されている。我が国では、補光は電照と比べて必要な初期投資また電力が大きいことから実用的に利用されている例は少ない。しかし、生育促進に夜間補光も効果があるという指摘もある(関山ら, 1987)。夜間補光は、不足する日射を補うというよりも、光合成可能な時間帯を延長することにより積極的に生育促進させる技術である。仮に、このような夜間補光を料金の安い深夜電力の対象時間帯(深夜)に行えば、低コストで作物の生育促進をはかれる可能性がある。しかし、深夜電力利用型の補光について検討して例は少ない。

ここでは、安価な深夜電力を利用した野菜の補光栽培の可能性について検討した結果を報告する。

1. 深夜補光は野菜の生育促進に効果があるのか?

サラダナ、ツケナ、チンゲンサイ、ミツバ、葉ネギについて予備的に深夜補光の効果を検討した。その結果、高圧ナトリウムランプ(HPS)で $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度の光強度で深夜補光した場合、いずれの作物でも深夜補光により

生育が促進された。最も効果が大きかったツケナでは92%、最も効果が小さかった葉ネギでも24%地上部生体重が増大し、深夜補光が数種野菜の生育を促進することが示された。

また、本葉が1枚展開したサラダナ、チンゲンサイならびにツケナの苗について、HPSによる24日間の深夜補光栽培を行ったところ、いずれの作物とも地上部生体重は、全期間補光が最も大きく対照区の約2～3倍に、また、補光期間別に見ると前半の補光よりも後半に補光した

表1 深夜補光を行う期間がサラダナ、チンゲンサイ、ツケナの地上部生体重に及ぼす影響

z 補光期間		地上部生体重 (g)
サラダナ	全期	11.5 c
	第1期	5.0 ab ^y
	第2期	5.8 b
	第3期	5.3 ab
	無補光	4.4 a
チンゲンサイ	全期	38.7 c
	第1期	17.9 ab
	第2期	23.6 b
	第3期	21.1 b
	無補光	13.2 a
ツケナ	全期	26.6 b
	第1期	19.0 a
	第2期	15.7 a
	第3期	18.1 a
	無補光	14.1 a

z: 全期0-24日、第1期0-8日、第2期8-16日、第3期16-24日

y: 異なる文字間にはダンカンの多重検定により5%のレベルで有意さがある。

x: 補光は高圧ナトリウムランプで行った。

*筑波大学農林学系(本会運営委員)

表2 高圧ナトリウムランプによる深夜補光の光強度がサラダナとシュンギクの生育および光合成に及ぼす影響

	処理区	地上部 d.w. (g)	地下部 d.w. (g)	植物体 d.w. (g)	SPAD 値 ^y	PN-day ^x	PN-night
サラダナ	0 m ^z	10.42 b ^w	1.32 a	11.74 b	32.0 b	11.7 b	1.7 c
	1 m	9.94 ab	1.17 a	11.11 ab	28.2 a	11.8 b	-2.2 b
	2 m	8.98 a	1.09 a	10.07 a	27.7 a	9.8 ab	-2.1 b
	3 m	9.45 ab	1.17 a	10.62 ab	27.4 a	8.4 a	-3.5 b
	無補光	8.86 a	1.06 a	9.92 a	27.5 a	10.3 ab	-7.4 a
シュンギク	0 m	11.08 b	1.56 a	12.64 b	37.7 b	19.9 a	3.2 c
	1 m	10.08 ab	1.63 a	11.71 ab	34.6 ab	18.6 a	-2.6 bc
	2 m	9.54 ab	1.44 a	10.98 ab	33.6 a	16.0 a	-4.3 b
	3 m	8.75 a	1.44 a	10.19 ab	33.8 a	16.3 a	-8.4 ab
	無補光	8.17 a	1.34 a	9.51 a	30.9 a	17.8 a	-13.7 a

z: 光源からの水平距離を示す。

y: 相対葉緑素濃度。SPAD-502の指示値を示す。

x: PN: 光合成速度 ($\text{CO}_2\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

-day: 日中 (11:00-12:00)

-night: 深夜補光中 (2:00-3:00)

w: 表1を参照。

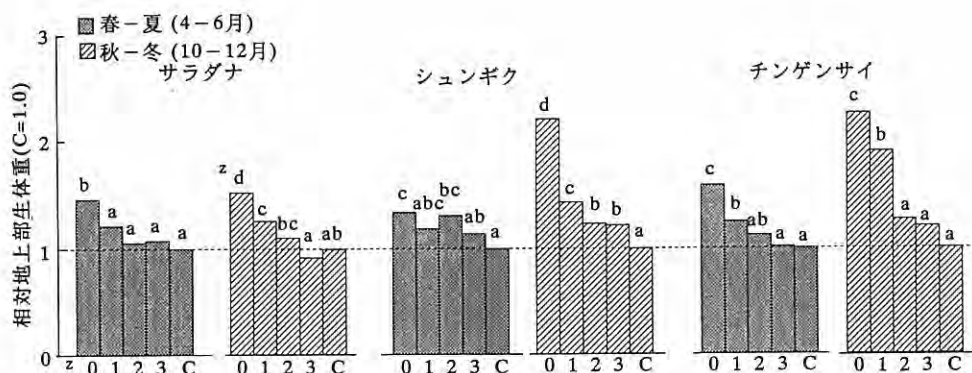


図1 異なる季節に行った高圧ナトリウムランプによる深夜補光がサラダナ、シュンギクならびにチンゲンサイの相対地上部生体重に及ぼす影響

z: 表1を参照。

方が地上部生体重が大きくなった(表1)。この結果から、生育前半よりも後半に行う深夜補光の方が、また、補光する期間が長いほど生育促進に効果的であることが示された。

補光光源の直下では、深夜補光中の光強度は $100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であったのに対して、光源直下から水平距離で1m離れた区では $14.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ と著しく減少した。このような状況下で栽培したサラダナ、シュンギクは、光源直下に近づくにつれて生育促進の程度が増大

したが、明確な生育促進効果が得られたのは光源直下から1m以内であった(表2)。このことから、サラダナやシュンギク、チンゲンサイの場合、深夜補光による生育促進効果を得るためには $14.6 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上の光強度が必要であることが示された。

サラダナ、シュンギクならびにチンゲンサイとも、春作よりも秋作において深夜補光の効果は大きかった(図1)。チンゲンサイの場合、春作では光源直下で対照区よりも50%以上生体

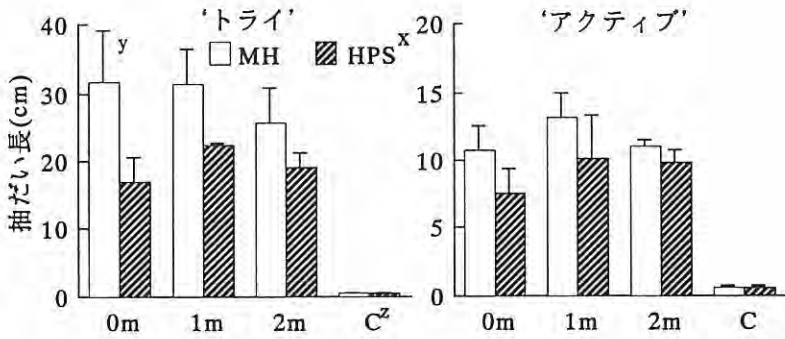


図2 深夜補光がホウレンソウ品種‘トライ’と‘アクティブ’の処理開始後30日目の抽だい長に及ぼす影響

z: 数字とmは光源からの水平距離を示し、Cは無補光であることを示す。

y: 標準誤差; n = 8

x: MH: メタルハライドランプ, HPS: 高圧ナトリウムランプ

重が増加した一方で、秋作の光源直下では対照区の2倍以上の生体重となった。総受光量の中に占める補光の量的割合は、日射量及び日照時間の少ない秋～冬季の方が、春～夏季の場合よりも大きく、そのことが生育促進効果を左右したものと考えられる。

2. 深夜補光を受けた植物に変化はあるのか？

・草姿：サラダナならびにシュンギクの場合、光源直下に近づくにつれ植物体地上部は大きくなったものの徒長的ではなかった。これらの作物では、収穫に十分な大きさになった段階では草姿に大きな変化はなく、よほど長期間深夜補光を行わない限り影響はないものと思われた。一方、ホウレンソウは、品種や補光の条件によって異なるものの、深夜補光下では、最短20日間で抽だいし商品価値が失われた。

・葉色：供試した作物はいずれも、深夜補光下で葉色が濃くなる傾向があり、葉色の程度をSPAD値で示すと、無補光区よりも全体として10～30%高い値が示された。また、葉色は、深夜補光の強度に比例して濃くなり、光源直下でもっとも高いSPAD値が示された。

・含有成分：ホウレンソウの場合、シュウ酸含有量が増加するとともに葉中の硝酸イオン濃度が上昇することが確認されている。作物によっては、深夜補光が品質を低下させる場合があることが示された。

3. なぜ深夜補光によって野菜の生育は促進されるのか？

前述のように、深夜補光は数種野菜の生育促進に効果があることが示されたが、その要因としては、光合成に対する影響が最も大きいと考えられる。光合成に対する深夜補光の影響を、(1)補光中の光合成、(2)補光を受けた植物の日中の光合成、(3)補光を受けた植物体の構造的変化という3点から検討した。その結果、サラダナやシュンギクなどの作物については、深夜補光によって光合成を行う時間を延長したことが直接的に生育促進につながると同時に、長日に適応した結果、個々の葉の同化能力が向上し、日中の光合成速度が増加したことも間接的に生育促進に寄与しているものと思われる(表2)。一方、微弱深夜補光によるホウレンソウの生育促進は、深夜補光による長日に伴い植物体の構造が変化し、その結果として受光体勢が改善されたためであると考えられる。

4. ホウレンソウについて効果的に補光するためには？

サラダナやシュンギクなどの野菜については、深夜補光に伴う超長日による抽だいや徒長、また、含有成分の変化といった問題が少ないことが判明した。しかし、ホウレンソウについては、深夜補光に伴う抽だいによる商品価値の消失ならびに葉中硝酸イオン濃度の上昇という問

題がある。

(1) 抽だい抑制

冬季における約30日間の深夜補光栽培の結果、早生ならびに晩生いずれの品種についても抽だいが発生した。しかし、その程度は、光質および光強度によって変化し、HPSの方がメタ

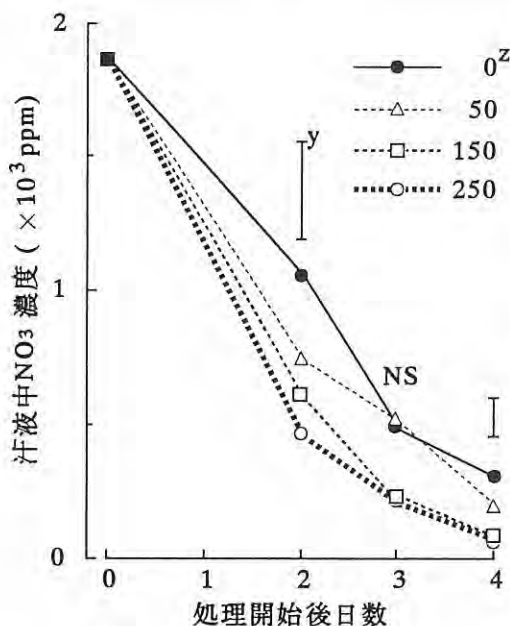


図3 培養液中 NO_3^- 除去処理後の深夜補光強度がホウレンソウの汁液中 NO_3^- 濃度に及ぼす影響

z: 光強度を示す (PPF); $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

y: LSD5%

x: 深夜補光は高圧ナトリウムランプによって行った。

ルハイドランプ (MH) よりも、また、光源直下の $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 程度の光強度では、光源から水平距離で1ないし2m離れた区よりも抽だい長が抑制された (図2)。このような条件下での抽だい長の抑制は、抽だい始まりの遅延が主要因であることが示された。この結果から、ホウレンソウについて深夜補光を行う場合は、光源にはHPSを使用し、光強度は $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上の条件を設定した上で、抽だいが始まる前に速やかに収穫を完了させる必要がある。

(2) 葉中硝酸イオン低減

ホウレンソウの深夜補光栽培を検討する際問題となる硝酸イオン集積に関して、葉中硝酸イオン濃度低減法の一つである培養液中硝酸態窒素中絶と、硝酸還元酵素活性を高める可能性がある強光強度による深夜補光の相互作用から検討した。

汁液中 NO_3^- 濃度は、深夜照明の光強度に影響され、葉身の場合、 NO_3^- 除去後2日目の無照明区で1059 ppmであったのに対して、50, 150, $250 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の各光強度では、それぞれ、799, 612, 531 ppm になった (図3)。硝酸還元酵素は、基質依存性酵素であると同時に、光に深く関係がある酵素であることが知られている。本研究の結果から、硝酸還元酵素活性が低下するような基質欠乏状態でも、明期を延長することにより活性を維持し、葉の内部に含まれている硝酸イオンの除去を速める可能性

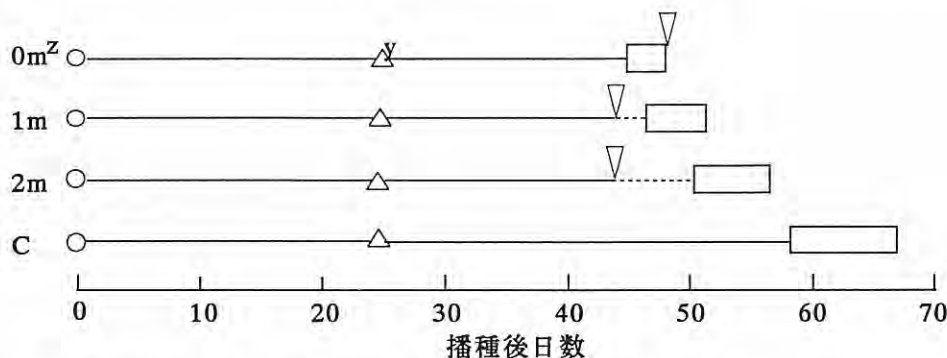


図4 ホウレンソウ品種「オーライ」を深夜補光栽培した場合の作型シュミレーション

z: 表2を参照。

y: ○-播種 △-定植 □-収穫 ▽-抽だい始まり日

が示唆された。

5. 深夜補光の効果（栽培シュミレーション）

本研究の結果をもとに、深夜補光に関する実際栽培上での収量評価を、深夜補光が地上部生体重に及ぼす効果が最も大きかったホウレンソウについて検討した。その結果、秋から冬の作付けについてはいずれの品種とも光源に近いほど収穫開始までの日数が短く、‘オーライ’では、対照区で33日かかっていたのが光源直下では20日間に短縮された（図4）。そのため、深夜補光下で収穫に必要な日数は、無補光と比べて44%短縮することが可能であり、年間収量を60%程度増加させることが可能であった。このシュミレーション結果をもとに、深夜補光栽培を行った場合の損益分岐点を計算したところ、ホウレンソウ単価としてはKg当たり450円程度であった。したがって、年間の価格変動によっては、深夜補光のコストが深夜補光による増収分を上回る可能性もある。一方、深夜補光は、生育を飛躍的に促進する反面、出荷時期の調節が困難であるという問題を抱えている。深

夜補光栽培を行う場合は、価格や出荷時期が決まっている契約栽培により、定期的に生産物を供給するシステムの上で運用する必要がある。

6. 結論

以上のように本研究では、数種野菜における深夜電力利用型の補光栽培の可能性について検討し、外観などに異常を来すことなく生育促進させることが可能であることを示すことができた。我が国において、農業生産における人工光源の利用は限定されているが、今後、今回示したような深夜補光などの栽培技術で普及していくことを期待している。

7. 参考文献

- 香川 彰, 1996, III 花芽分化と抽台の生理, 農業技術体系 野菜編, ホウレンソウ基礎編 p. 21-30, 農山漁村文化協会, 東京.
- 関山哲雄・岡野利明・星岳彦・小酒井一嘉・岡部勝美・羽生広道, 1987, 高能率野菜生産技術の開発 基礎実験設備の性能とホウレンソウの栽培試験, 電力中央研究所報 485031: 1-40.



海外文献の紹介

キュウリの水耕栽培における、ピシウムによる根腐れ病の根圏菌による抑制効果の評価

Evaluation of Rhizosphere Bacteria for Biological Control of Pythium Root Rot of Greenhouse Cucumber in Hydroponic culture. Rankin, L. (1994) Plant Diseases 78: 447-451

ロックウール水耕栽培で育てたキュウリ (*Cucumis sativus* L. cv. Corona) の *Pythium aphanidermatum* (Pa) による根腐れ病を、根圏細菌が抑制する能力について調査した。使用した細菌は *Pseudomonas corrugata* (Pc) と *Pseudomonas fluorescens* (Pf) の2系統で、1991年の春と秋、そして1992年の春に試験を行った。接種したPaの濃度は 10^5 遊走子とし、PcとPfは

10^6 cells/mlの200ml懸濁液で接種した。試験区はPaのみを接種した区、PaとPcまたはPfを接種した区、そしてPcまたはPfのみを接種した区を用意した。収量や植物体乾物重の比較を行ったところ、1991年度の試験でPaの単独接種区において収量や乾物重に多大な減少が見られた。全体的に、PcやPfはPaが接種されたことによる収量の減少を抑える傾向が見られた。1992年度の試験ではPa自体の病害の進行が緩やかで、Paのみの接種区とPaと抑制菌を接種した区との間で、収量及び乾物重で明確な差異は見られなかった。これからは他のキュウリ栽培種や生長培地での、Paの抑制効果の試験が必要であろう。

(筑波大学バイオシステム研究科 中西博之)

イチゴの NFT 栽培における $\text{NH}_4\text{-N}$ の施用と 光合成産物の転流・分配との関係



塚 越 覚*

イチゴ栽培においては栄養生長と生殖生長を調和させ、株疲れなどによる収量低下を起こさない様な管理が必要となる。イチゴは比較的アンモニア窒素耐性が高く（池田・大沢, 1979）、また、促成栽培では収穫期が低温弱光期に当たるため、培養液へのアンモニア態窒素の添加は効果が高いと思われる。そこで、培養液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率が、イチゴの生育・収量および光合成産物の分配などに及ぼす影響を検討した。

材料および方法

試験を通じて品種「女峰」を用い、定植後の培養液量は 5 l / 株とした。

試験 1 1991 年 9 月 22 日に株間 30 cm で定植し、11 月 5 日（頂果房出蕾期）に処理を開始した。処理区は山崎処方イチゴ用 1 単位液を基準に $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}=10:0, 7.5:2.5, 5:5$ とした（表 1）。

試験 2 1992 年 9 月 25 日に株間 25 cm で定植

し、10 月 19 日（頂果房出蕾の約 2 週間前）に処理を開始した。処理区は山崎処方イチゴ用 1 単位液を基準に培養液濃度 2 水準（低濃度: $\text{EC } 0.9\text{ dS/m}$ 、高濃度: $\text{EC } 1.7\text{ dS/m}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ の比率 3 水準（ $9:1, 8:2, 7:3$ ）とした（表 2）。高濃度 $7:3$ 区に地上部の萎凋等が認められた 1 月末に濃度処理は打ち切った。

結 果

試験 1 腋果房開花期（12 月 18 日）の乾物重は、頂果房を除く全ての器官で $7.5:2.5$ 区が大きくなった。特に葉身、根の増加が顕著であった。 ^{13}C -光合成産物の頂果房への分配率は、 $7.5:2.5$ 区で $10:0$ 区に比べて低下し、根への分配率が増加した。

腋果房果実肥大期（1 月 19 日）の ^{13}C -光合成産物の葉身からの転流率は $10:0$ 区が最も高く、 $5:5$ 区が最も低くなった。しかし、 $10:0$ 区では転流した ^{13}C -光合成産物の約 75% が果房に分

表 1 試験に用いた培養液組成（試験 1）

 $(\text{me} \cdot \text{l}^{-1})$

処理区	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	K	Ca	Mg	$\text{SO}_4\text{-S}$	Na	Cl
$\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$									
10 : 0	5	—	1.5	3	2	1	1	0.5	—
7.5 : 2.5	3.75	1.25	1.5	3	2	1	2.25	—	0.75
5 : 5	2.5	2.5	1.5	3	2	1	3.5	—	2.5

表 2 試験に用いた培養液組成（試験 2）

 $(\text{me} \cdot \text{l}^{-1})$

処理区	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	K	Ca	Mg	$\text{SO}_4\text{-S}$	Cl
$\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$								
9 : 1	4.95	0.55	1.5	3	2	1	1.05	0.05
8 : 2	4.4	1.1	1.5	3	2	1	1.6	0.6
7 : 3	3.85	1.65	1.5	3	2	1	2.15	1.15

ここに示した値は低濃度区のもので、高濃度区では 2 倍量となる。

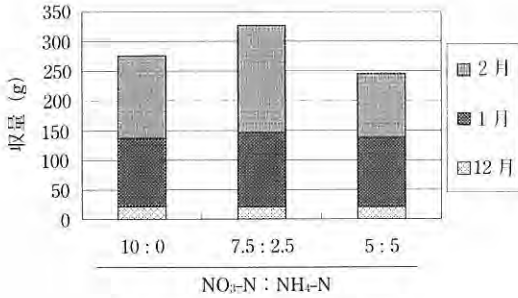


図1 累積収量 (試験1)

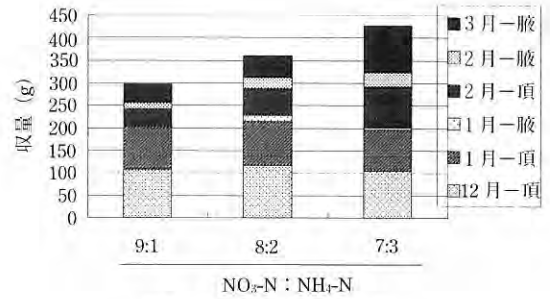


図2 累積収量 (試験2)

配されたのに対して、他の2区では果房への分配率は約60%であり、根への分配率が増加した。

1月の収量は7.5:2.5区でやや高く、2月も同区が最も高くなった。よって、総収量も7.5:2.5区が最も高くなった。

試験2 腋果房開花期(12月26日)において、低濃度では7:3区で、腋果房、根の乾物重が高くなった。それ以外の器官も、7:3区で高い傾向があった。高濃度では8:2区で根の乾物重が高くなった。 ^{13}C -光合成産物の転流・分配について、高濃度では、低濃度に比べて、葉身からの転流率が大きく、頂果房への分配率が大きくなった。低濃度では7:3区で、他の2区に比べて、頂果房への分配率が低下し、腋果房への分配率が高くなった。

前述したが、腋果房果実肥大期(1月19日)以降は、培養液の高濃度管理を行っていない。7:3区で、頂果房、腋果房、根の乾物重が高く、全重でも大きくなった。その他の器官についても、7:3区で大きい傾向があった。 ^{13}C -光合成産物の葉身からの転流率は、8:2区が低くなった。頂果房への分配率は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 比が高くなると低下する傾向があった。葉身の全窒素含有率は、7:3区で増加した。根の全窒素、リンは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 比が増加するにしたがって増加し、カリウムは7:3区で増加した。根の呼吸活性は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 比が高くなるにしたがって顕著に増加した。

累積収量について、7:3区で2月の頂果房・腋果房および3月の腋果房収量が高く、合計でも最も高くなった。また、8:2区においても、9:1区に比べて2月の頂果房・腋果房および3

月の腋果房収量が高くなった。

結論:培養液中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 比を増やすと、メインシンクである果房への光合成産物の分配率を低下させ、他器官への分配率が増加することが明らかとなった。しかし、50%の $\text{NH}_4\text{-N}$ では、腋果房への分配率も低下し、さらに地上部への分配率が増加することで、根への光合成産物の供給が不足し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 代謝速度が吸収量を下回るため、収量の低下や、生育の抑制が起こるものと考えられた。一方、試験2では30%の $\text{NH}_4\text{-N}$ で生育、収量共に優れ、これは、根における $\text{NH}_4\text{-N}$ 代謝に必要なリン、カリウムなどの含有率が増加し、さらに根の呼吸活性が高いことで、代謝に必要な有機酸を十分に供給できたためと考察した。現行のイチゴの養液栽培では、開花期以降は、培養液濃度を本試験での高濃度区程度のECで管理するのが一般的である(宇田川ら、1988)。しかし、本試験の結果から、腋果房開花期までは低濃度管理で、全窒素に対して30%程度のアンモニア態窒素を添加し、初期に十分な根量を確保することが有効と考えられる。

引用文献

- 1) 池田英男・大沢考也、1979、施用窒素形態とそ菜の適応性。(第1報)水耕栽培において硝酸、アンモニア、亜硝酸を窒素源とした果菜の生育並びに窒素同化。園学雑、47:454-462。
- 2) 宇田川雄二・土岐知久・青木宏史、1988、Nutrient Film Techniqueの日本における実用化に関する研究。(第3報)イチゴ栽培における苗質と培養液濃度。千葉農試研報、29:37-47。

冬季および夏季のトマト生産における 根温管理について

和田 光 生*

1. はじめに

筆者らは現在トマトの一段栽培に関する研究を行っており、主として温度や日射量等の環境要因が一段栽培トマトの生育や収量ならびに果実品質に及ぼす影響について検討してきた。その中で、今回は特に根温の影響について得られた結果を紹介する。

一般に、トマトの適地温に関しては、22～23℃付近とされており、冬季は地下部を加温し、夏季は逆に冷却して、根温を適温に維持してやることにより生育が良好となり、収量が増加す

ることが期待される。しかしながら、実用的には、上記の適温が必ずしも最も高収量を得られる温度かということには少々疑問が生じる。ここでは、特に根温と植え傷みとの関係について考慮しながら、最適根温について考察する。

2. 栽培方法

栽培はすべて、間口5.4m、長さ13.5m、棟高3mのポリカーボネートハウス内でおこなった。幅120cm、長さ520cmのベンチを用いて、植物体は、第1果房の上に2葉を残して摘心する一段栽培とした(図1)。培養液は大塚ハウス肥料

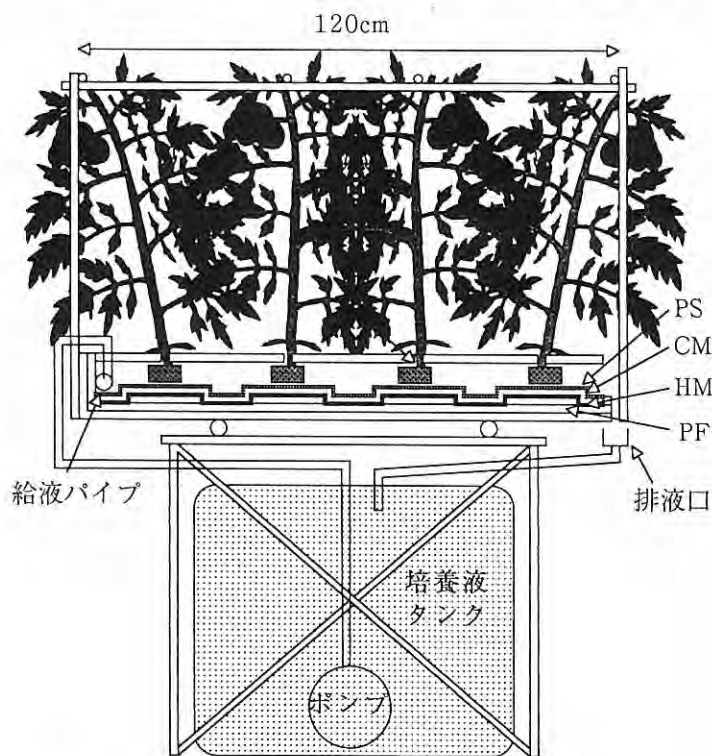


図1 冬季栽培で使用する栽培ベット

PS:防根シート、CM:吸水マット、HM:温床マット、PF:発泡スチロール

*大阪府立大学農学部（本会運営委員）

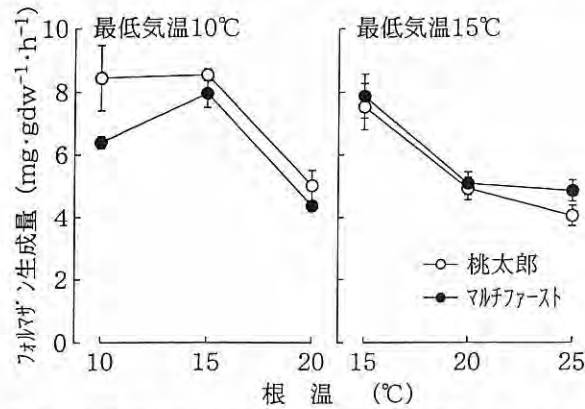


図2 冬季育苗時の根温が根の TTC 還元活性に及ぼす影響

表1 冬季育苗時の最低気温と根温が果実収量に及ぼす影響

品種	最低気温 (°C)	育苗時根温 (°C)	全収量 (g/ 株)	正常果率 (%)	1 果重 (g)	正常果収量 (g/ 株)
桃太郎	10	無加温	404	30.1	68	121
		15	537	44.4	90	168
		20	412	66.5	85	288
			n. s.	n. s.	* * *	n. s.
	15	無加温	459	92.5	120	434
		20	480	85.4	128	467
		25	481	37.1	99	150
			n. s.	*	* *	* * *
マルチファースト	10	無加温	555	31.0	116	204
		15	713	51.3	217	482
		20	480	66.6	115	325
			n. s.	* * *	n. s.	* *
	15	無加温	743	87.6	209	711
		20	755	95.0	230	749
		25	720	44.5	206	355
			n. s.	*	n. s.	* * *

全収量には奇形果を含む、平均 1 果重は正常果の 1 果重

*: n. s., *, **, *** は分散分析によりそれぞれ有意差なしおよび $P = 0.05, 0.01, 0.001$ で有意差ありを示す。

A 処方 の 1/2 濃度のものを用いた。

3. 冬季の根温管理について

1) 育苗時の根温の影響

最低気温を 10, 15°C に設定したハウス内で根温を最低気温の +0 (無加温), +5, +10°C として育苗したところ、根温が高まるにつれ、苗の生育は顕著に促進され、最低気温 15°C、根温 25°C で最も大苗となった。また、葉中無機要素濃度も根温が高まるにつれて増加した。一方、根の活性を TTC 法により測定したところ、根

の TTC 還元活性はいずれの最低気温でも根温 15°C で最も高く、20°C 以上では大きく低下した (図 2)。また、根温が高まるにつれ、根は細くなることが観察された。

上記の処理により育苗した 10 月播種のトマト苗を出蕾時に移植して、根の加温を打ち切って栽培したところ、最低気温 10°C の場合、根を加温しなかった苗では、乱形果が多く、正常果率は 30% ほどであったのに対し、根を加温した苗では乱形果発生率が低下し、正常果収量は顕

表2 冬季定植後の最低気温と根温が果実収量に及ぼす影響 (桃太郎)

最低気温 (°C)	根温 (°C)	収穫果数 (個/株)	1果重 (g)	収量 (g/株)	正常果率 (%)	正常果収量 (g/株)
5	無加温	4.9	127	616	72.6	474
	10	4.8	157	752	73.7	593
	15	5.3	180	957	60.5	631
	20	5.3	176	939	56.1	572
		n. s. ²	* * *	* * *	n. s.	n. s.
10	無加温	4.5	153	680	94.4	634
	10	5.0	164	819	86.5	694
	15	4.5	170	757	84.0	611
	20	4.2	173	723	80.4	560
		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
15	無加温	4.2	150	651	81.8	509
	10	4.4	142	642	77.9	500
	15	3.9	153	630	83.1	488
	20	3.6	147	532	77.4	409
		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

2: n. s., * * * は分散分析によりそれぞれ有意差なしおよび $P = 0.001$ で有意差ありを示す。

著に増加した (表1)。一方、最低気温 15°C では、根を加温しなかった苗でも乱形果の発生はほとんどなかったものの、根を加温した苗では移植時の植え傷みが大きく、正常果収量は大きく低下した。また、1月播種で同様の実験を行ったところ、育苗時の根温は収量にはほとんど影響しなかった。

以上のことから、根の加温は苗の生育を顕著に促進するものの、植え傷みを助長する危険性があることが明らかとなった。そこで、冬季の育苗時の根温は、日射量が低い時期には乱形果の発生を抑制するために 15 ~ 20°C 程度まで加温してやるとよいが、暖房温度を 15°C まで確保するのであれば、根の加温は行わない方がよいと考えられる。

2) 定植後の根温の影響

10月2日に播種し、最低気温 15°C で育苗した苗を、出蕾時に最低気温を 5, 10, 15°C に設定したハウス内に移植して、根温を最低気温の +0 (無加温), +5, +10, +15°C となるように加温して栽培した。

根の TTC 還元活性は、最低気温 5°C では根温が高まるにつれて、次第に高まったが、最低気温 10°C 以上では、根の加温により、あまり変化しないかむしろ低下する傾向があった (図3)。

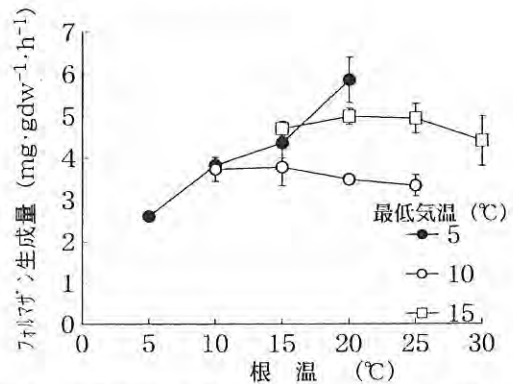


図3 冬季定植後の根温が根の TTC 還元活性に及ぼす影響

果実肥大速度を調べたところ、いずれの最低気温でも根温を 15°C まで加温すると果実肥大速度は顕著に高まったが、それ以上の加温は果実肥大促進には効果がなかった。その結果、果実収量は、最低気温 5°C では根の加温により 1 果実重が増加して収量は顕著に高まった (表2)。しかし、同時に根の加温は空洞果の発生を促したため、正常果収量には顕著な効果は得られなかった。一方、最低気温 10 および 15°C では、根を加温することによる顕著な効果は見られなかった。

以上のことから、冬季の定植後の根温は、果

表 3 夏季育苗時の根温が果実収量に及ぼす影響

品種	根温 (℃)	収穫果数 (個/株)	正常果率 (%)	1果重 [※] (g)	正常果収量 (g/株)
桃太郎	無冷却	1.9	41.2	119	105
	25	3.2	50.3	135	239
	20	2.9	64.9	129	251
		** y	*	n. s.	*
マルチファースト	無冷却	2.3	31.0	103	91
	25	4.4	71.5	132	415
	20	3.8	71.4	161	403
		**	***	***	***

※：正常果の1果重を示す。

y：n. s.，*，**，***は分散分析によりそれぞれ有意差なしおよびP = 0.05, 0.01, 0.001で有意差ありを示す。

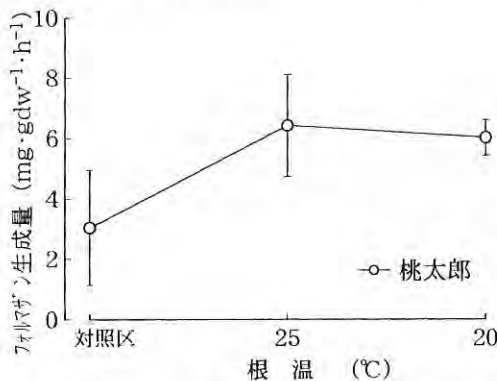


図 4 夏季育苗時の根温が根の TTC 還元活性に及ぼす影響

実肥大を促進するために 15℃ 程度を確保するように加温するのがよいと考えられる。ただし、根を加温する場合は、空洞果の発生に留意し、ホルモン処理濃度を調節するなど工夫が必要がある。

4. 夏季の根温管理について

栽培は NFT 方式により行い、タンク内の培養液を冷却して、一定温度の培養液がベッドを流れるようにした。

1) 育苗時の根温の影響

7 月 10 日に播種し、培養液温度を無処理および 20、25℃ に冷却する区を設けて育苗した。根の TTC 還元活性は根の冷却により顕著に高まり、20℃ と 25℃ ではあまり差はなかった (図 4)。根を冷却して育苗した苗は、生育が抑制され、葉面積、乾物重ともに低くなったが、外観は徒

長が抑えられて堅くしまった苗となった。また、植物体中無機要素濃度を調べたところ、根の冷却により特に Ca 濃度が顕著に増加した。

出蕾時に苗を移植して、根の冷却をうち切ったところ、苗は、急速に萎れたが、その程度は根を冷却しなかった苗で顕著であった。そこで、培養液温度を一旦 25℃ まで冷却し、その後徐々に高めて無冷却としたが、両者には顕著な生育差が見られた。根を冷却しなかった苗では植え傷みがひどく、裂果が多量に発生し、収量は著しく低かった (表 3)。一方、根を冷却して育苗した苗では移植時の萎れが少なく、移植後急速に生育し、正常果収量が増加した。しかしながら、根を冷却した苗でも正常果率は最大で 70%にとどまり、裂果の抑制が課題となった。

以上のように、夏季育苗時の根の冷却は徒長を抑え、Ca 含量が高く、植え傷みの少ない苗を作るものと考えられた。また、冷却温度は 25℃ 程度がよいと考えられる。ただし、育苗時の根の冷却がどの程度移植時の植え傷みの軽減に効果があるかは明らかではなく、単に移植時の冷却が有効であるとも考えられ、この点については現在検証中である。

2) 定植後の根温の影響

6 月 20 日に播種し、根を冷却せずに育苗した苗を、出蕾時に培養液温度を無冷却あるいは 20、25℃ に冷却したベッドに定植して栽培した。根の TTC 還元活性は、根の冷却により顕著に高まったが、定植 2 週間後にはいずれの区

表4 夏季育苗時の根温が果実収量に及ぼす影響

品種	根温 (℃)	収穫果数 (個/株)	正常果率 (%)	1果重 ^z (g)	正常果収量 (g/株)
桃太郎	25	3.7	45.2	133	204
	20	3.6	61.2	131	295
		n. s. ^y	n. s.	n. s.	n. s.
マルチファースト	25	5.0	26.1	117	162
	20	4.7	77.3	110	396
		n. s.	***	n. s.	***

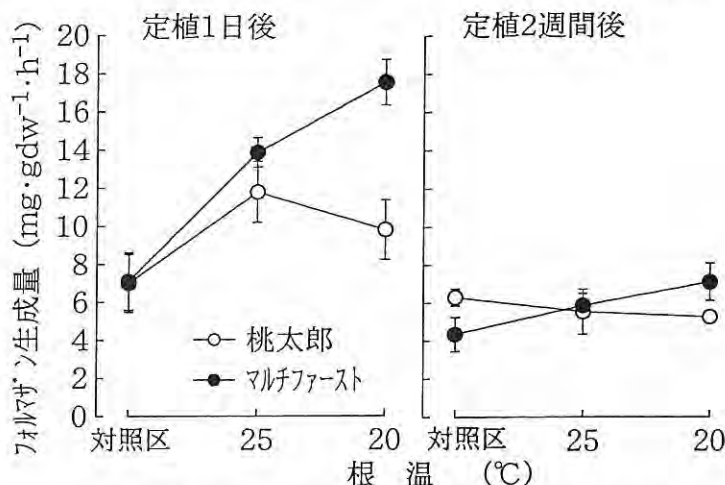
^z: 正常果の1果重を示す。^y: n. s., ***はt検定によりそれぞれ有意差なしおよびP = 0.001で有意差ありを示す。

図5 夏季育苗時の根温が根のTTC還元活性に及ぼす影響

でも低くなった(図5)。根を冷却しない株では定植時から生育が著しく悪く、やがて全株枯死した。一方、根を冷却した株は、旺盛に生育した。20℃と25℃を比較したところ、20℃の方が裂果の発生が抑制され、正常果収量は高かった(表4)。

このことから、生育を維持するためであれば、25℃程度の冷却でよいと考えられる。また、裂果の発生を抑制するためには20℃まで冷却する方がよいと考えられるが、20℃まで冷却しても正常果率は70%程度にとどまり、根の冷却の裂果抑制効果は実用的ではないように思われる。また、いずれの温度でも、1果実重は110～130g前後と小さく、夏季のトマト栽培の困難さを示している。

5. まとめ

冬季の根の加温は、暖房温度が低い場合にのみ効果があり、育苗時には乱果発生を抑制し、定植後には果実肥大を促進した。一方、高すぎる根温は根活性の低下を引き起こし、植え傷みや土壌伝染性の病害の発生を助長した。これらのことから、最低気温が15℃を確保できない場合には、根を15℃程度を維持するように加温するのがよいと考えられる。また、20℃以上の加温は不要である。

夏季には、植物体のCa含量増加、根活性の維持、徒長抑制、栄養生長の維持等の目的で、根温を25℃程度まで冷却することが望ましいと考えられる。しかし、夏季トマト栽培では、果実の小果化と裂果を抑制するための技術の開発が望まれる。

キュウリの自家中毒に関する研究



浅 尾 俊 樹*

水耕キュウリは、生長が速く、収穫開始期が早まる一方、収穫は短期間に集中するため、草勢の衰えは速く、後期の収量が低下することが知られている。その原因として、溶存酸素不足があげられているが、まだ不明な点がある。

一方、オランダ等で環境汚染を減少させるための閉鎖系養液栽培システムの研究が進められており、日本でも培養液をリサイクルする栽培方法を確立することが必要とされている。閉鎖系養液栽培では、培養液を周囲の環境に排出せずに循環させ、廃液を再利用することが考えられている。その場合、培養液中の無機養分の再調整や殺菌灯等による病原菌の減少は可能であるが、植物体から放出される生育抑制物質（アレロパシー物質）を除去することは困難であり、培養液中に抑制物質が蓄積し、キュウリの生育を抑制する（自家中毒）可能性が考えられる。

そこで、本研究ではキュウリの自家中毒における品種間差異について検討し、自家中毒がキュウリ根からの生育抑制物質が培養液に蓄積することにより引き起こされることを明らかにするとともに、その原因物質の同定、活性炭および接ぎ木による自家中毒の回避、培養液の溶存酸素量が自家中毒に及ぼす影響について検討した。

1. 自家中毒における品種間差異

‘アンコールⅠ’、‘青大’、‘北進’、‘長日落合2号’、‘聖護院青長節成’および‘PI 169391’における同一品種の培養残液（自家液）によるキュウリ幼苗の生育に及ぼす影響について検討した。なお、‘PI 169391’はトルコ原産の野生種であり、雑草抑制のアレロパシーを示す系統である。その結果、‘聖護院青長節成’および‘PI 169391’はキュウリ幼苗の生育が抑制され

たが、他の品種では抑制されなかった。

次に自家液で最も抑制程度が顕著であった‘聖護院青長節成’の培養残液を用いてバイオアッセイを行った。その結果、‘聖護院青長節成’の培養残液に含まれる生育抑制物質に対する感受性には品種間差異があり、‘アンコールⅠ’は最も感受性が高く、‘青大’は最も低かった。

2. 自家中毒の発生とその原因物質の検出

自家液でキュウリ幼苗の生育抑制を示した品種‘聖護院青長節成’および‘PI 169391’、ならびに抑制を示さなかった品種‘北進’および‘長日落合2号’を用い、水耕キュウリの生育後半の果実収量低下が培養液の非交換により引き起こされるかどうかを検討した。培養液を2週毎に全量交換する場合と比べて培養液を追加していく場合、栽培終了時の生育には影響がみられなかったが、後半の果実収量が低下した。その場合、収量低下には品種間差異が認められ、‘聖護院青長節成’および‘PI 169391’で果実収量が低下したが、‘北進’および‘長日落合2号’では低下しなかった。培養液を追加する栽培で活性炭を添加すると、収量が低下しなかった。その現象の原因として、活性炭に吸着されるような根からの滲出物の存在が考えられた。

次にキュウリ‘聖護院青長節成’の根の滲出物に含まれ、生育抑制を引き起こす原因物質の検出を行った。培養液に添加し、果実収量低下を回復させた活性炭を用い、ガスクロマトグラフ・マススペクトル法（GC/MS法）により分析を行った。その結果、生育抑制物質として、Benzoic acid、p-Hydroxybenzoic acid、2,4-Dichlorobenzoic acid および Phthalic acid が検出された。

同定された物質の生育抑制程度はキュウリ幼苗

*島根大学生物資源科学部

を用いてバイオアッセイを行い、検討した。その結果、添加した物質のうち、2,4-Dichlorobenzoic acid がキュウリ幼苗の生育を顕著に抑制した。また、水耕キュウリの培養液に2,4-Dichlorobenzoic acid を $2 \mu\text{mol} \cdot \text{liter}^{-1}$ 添加すると、栄養生長には影響はみられなかったが、収量は低下し、収穫期間も短くなった。この場合、活性炭を培養液に添加しておくで2,4-Dichlorobenzoic acid による抑制は回避された。

3. 接ぎ木による自家中毒の回避

培養液非交換による水耕キュウリ‘聖護院青長節成’の生育後半の収量低下が接ぎ木によって軽減されるかどうか検討した。栄養生長に関して、自根区、‘聖護院青長節成’台木区、‘北進’台木区および‘青大’台木区で大きな差は認められなかった。また、週毎の収穫果実数では、‘北進’および‘青大’台木で収穫期後半の収穫果実数に低下傾向がみられず、収穫期間が延長した。

その結果、培養液非更新栽培でも果実収量の低下がみられない品種‘北進’や培養液に含まれる生育抑制物質でほとんど抑制されない品種‘青大’に接ぎ木することにより、水耕キュウリの生育後半の果実収量低下を軽減させる栽培法が考えられた。

4. キュウリの培養液の溶存酸素濃度が自家中毒に及ぼす影響と活性炭添加による回復

培養液の溶存酸素濃度が自家中毒に及ぼす影響について検討した。培養液への通気時間を1時間当たり15分(6時間通気区)および連続通気(24時間通気区)としたものとを比べると、実験終了時の栄養生長については、主茎長、主枝の乾物重ならびに1葉重には有意な差は認められなかったが、生育後半の側枝の生育については24時間通気区と比べて6時間通気区で抑制された。活性炭添加の有無による差はみられな

かった。開花および収穫果実数について、通気時間の違いによる差はみられなかったが、6および24時間通気区とも活性炭を添加すると収穫果実数が増加した。

以上より、生育後半の収量低下は、本研究で行った整枝法ならびに溶存酸素量の範囲において溶存酸素濃度の影響は少なく、根から滲出する生育抑制物質が主要因と考えられた。

5. おわりに

今後は、他の野菜や花卉について閉鎖系養液栽培におけるアレロパシー物質による自家中毒について研究を深めていく予定である。多くの方のアドバイスを頂きたい。

6. 文献

1. 浅尾俊樹・大谷紀之・清水法子・梅山元正・太田勝巳・細木高志, キュウリ幼苗のバイオアッセイによる閉鎖系養液栽培に適した品種選定の可能性, 植物工場学会誌, 10: 92-95, 1998.
2. 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志・伊藤憲弘・植田尚文, 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復, 園学雑, 67: 99-105, 1998.
3. 浅尾俊樹・清水法子・太田勝巳・細木高志, 培養液非更新水耕キュウリの接ぎ木による収穫期の延長, 園学雑, 68: 598-602, 1999.
4. 浅尾俊樹・Md. H. R. Pramanik・富田浩平・大場友美子・太田勝巳・細木高志・松井佳久, 水耕栽培キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響, 園学雑, 68: (印刷中), 1999.
5. 浅尾俊樹・大場友美子・富田浩平・太田勝巳・細木高志, 水耕栽培キュウリの溶存酸素濃度を異にする培地への活性炭添加が植物体の生育と収穫果実数に及ぼす効果, 園学雑, 68: (印刷中), 1999.

水耕栽培で発生する結合塩素による 根いたみについて



伊 達 修 一*

1. はじめに

水耕栽培において、水道水を用いて作成した培養液に植物体を移植したとき、培養液中に次亜塩素酸イオンとアンモニウムイオンが同時に存在する時に生成するクロラミンと呼ばれる結合塩素（モノクロラミン： NH_2Cl 、ジクロラミン： NHCl_2 ）により根がいたんで褐変し、その後の生育が抑制されることがある。ここでは結合塩素によって発生する根いたみについて、これまでに明らかとなったその特徴や回避方法について概説する。

2. 結合塩素により発生する根いたみの特徴

残留塩素濃度が高くなるほど生育は抑制された。サラダナでは、0.3ppm 以上の塩素濃度で有意に生育が抑制された。0.5ppm の塩素濃度（京都市内で一般的に含まれる濃度）では、接触後 6 時間までは、接触時間が増加するほど生育は抑制された。

塩素との接触に伴って、生理的および形態的に急激に根いたみが進行する。

塩素との接触 6 時間後までは、接触時間が増加するほどサラダナの根からの電解質漏出が増加した。塩素との接触 1 時間後には TTC 還元活性は顕著に低下し、6 時間後まで低下し続けた。エスキュリン酸化速度は逆に、塩素との接触 1 時間後に顕著に増加し、48 時間後まで高いままであった。

サラダナを光学顕微鏡により観察したところ、塩素処理開始から 3 時間で表皮細胞の崩壊が認められ、24 時間後には、皮層および中心柱にまで細胞の崩壊が進んだ。また、根組織の TTC 還元反応による発色は、塩素処理 1 時間後には、皮層部分で消失し、3 時間後には、中心柱においても認められなくなった。

透過型電子顕微鏡で観察したところ、塩素処理後 1 時間目には、表皮および皮層の外層部において細胞膜の内側への貫入や断片化、ミトコンドリアのクリステの空胞化や外膜の変成、細胞質の変成が認められた。3 時間後には、同様の現象が皮層内層部にまで、6 時間後には、個体差はあるが、同様の傷害が中心柱にまで及んだ。

発生機作については生化学的にどのように根いたみが発生するかは不明であるが、クロラミンは活性酸素の 1 分子種であるとされており、現在、脂質やタンパク質の酸化という観点から検討中である。

3. 種による塩素に対する感受性の差異

有意に生育が抑制される塩素濃度および接触時間を指標としたとき、種により結合塩素による感受性により差が認められ、特にネギが結合塩素に対して感受性が低いことが明らかとなった（図 1、表 1）。ネギは、結合塩素と接触したときの根の生理活性の反応がサラダナと比べてまったく異なった。さらに、疎水性の構造および物質であり、根組織中へのアポプラスト経路の物質移動を阻害するカスパリー線がネギでは外皮にも存在し、結合塩素に接触した後、より発達することに加え、スベリン層が結合塩素との接触により強く発達した。この外皮におけるカスパリー線やスベリン層の発達が、ネギが結合塩素に対する感受性が低い 1 つの原因と考えられる。

4. 種々の異なる環境条件下での結合塩素により発生する根いたみの程度の差異

塩素に接触しているときあるいは接触するまでの環境条件として培養液の成分の濃度、pH、溶存酸素濃度、気温、湿度、培養液温、光強度などを変えて実験を行ったが、いずれの場合も

*京都府立大学農学部（本会運営委員）

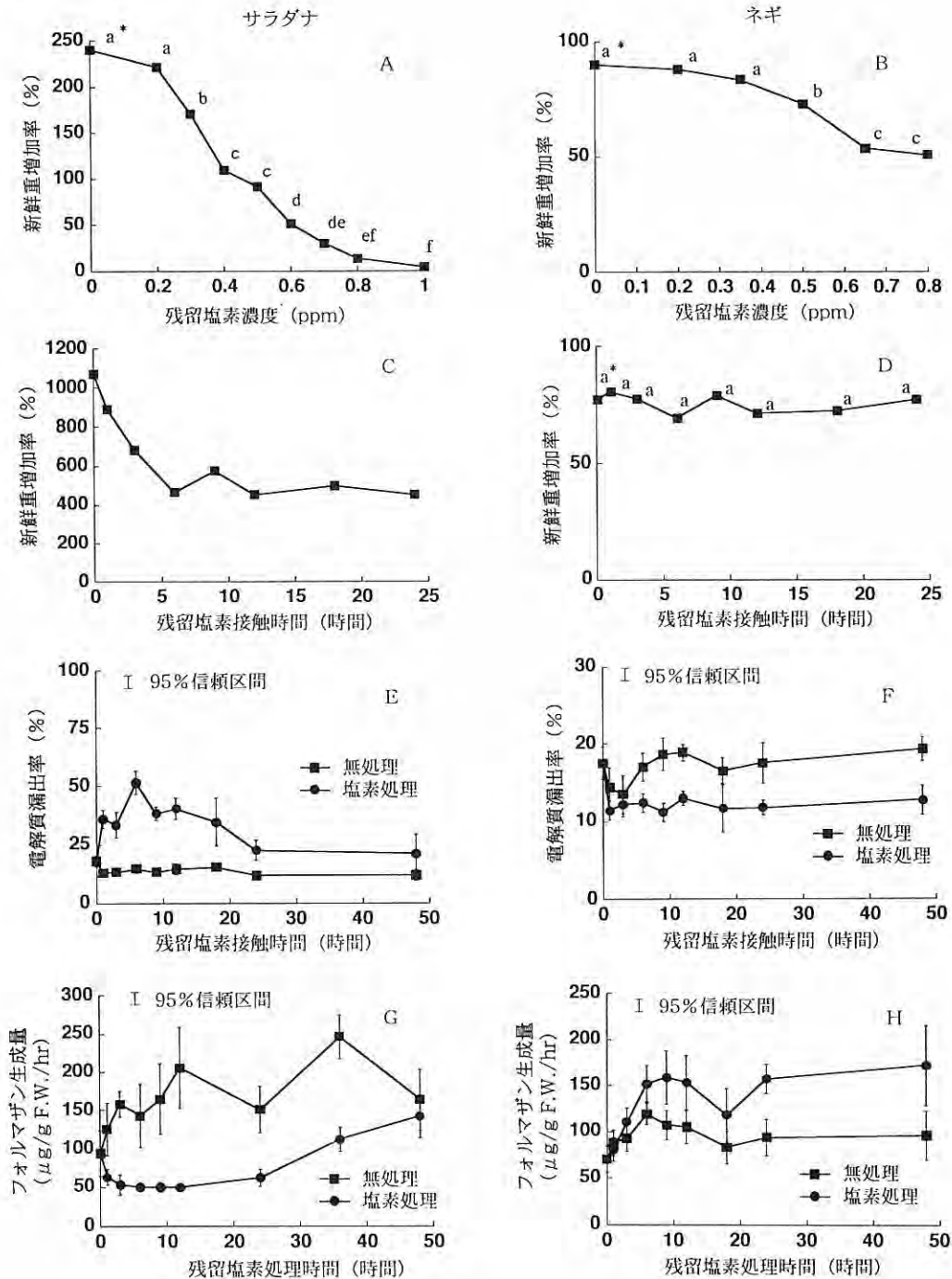


図1 サラダナおよびネギの根に塩素処理した時の生育および根の生理的特性の差異

A, B; 異なる塩素濃度で処理したときの処理10日後の新鮮重増加率

C, D; 0.5ppmの塩素に異なる時間接触した時の処理12日後および10日後の新鮮重増加率

E, F; 0.5ppmの塩素に対する接触時間の経過に伴う電解質漏出率の変化

G, H; 0.5ppmの塩素に対する接触時間の経過に伴うTTC還元活性の変化

*; ダンカン多重検定により異なる文字間に95%レベルで有意差あり

表1 各種蔬菜の残留塩素に対する感受性

要 因	感受性			
	高			低
濃 度	キュウリ	トマト ホウレンソウ シュンギク サラダナ		ネギ ミツバ
接触時間	サラダナ シュンギク	トマト キュウリ ホウレンソウ	ミツバ	ネギ

急速に根いたみが発生および進行し、その程度にも影響を及ぼさなかった。

5. 結合塩素により発生する根いたみの回避

次亜塩素酸イオンならびにクロラミンは酸化剤であることから、還元剤を培養液に添加することで根いたみを回避できる。0.5ppmの残留塩素を含む培養液に、種々の還元剤を0.01mMの濃度で添加することにより、結合塩素による根いたみを完全に回避することができた。また0.1mMまで還元剤の添加量を増加させても植物体の生育に支障はみられなかった。なお、代表的な脱塩素剤であるハイポ（チオ硫酸ナトリウム）については、通常含まれている程度の塩素濃度（約0.5ppm）であれば水1tあたり2.5g（0.01mM）の添加で脱塩素が可能であることが、山崎（“養液栽培全編”1982.）により示さ

れている。

6. おわりに

結合塩素による根いたみはいかなる環境条件でも急激に発生、進行し植物体が被る被害も大きいことから、水耕栽培で原水として水道水を用いる場合、十分注意を払う必要がある。また、種子や苗あるいは出荷物の除菌に塩素が用いられることが増加していくことも考えられ、塩素が植物体に影響を及ぼす範囲はこれから拡大していくものと思われ、その調査は重要になってくるだろう。一方、結合塩素に対する感受性の差や根いたみの発生機作をさらに調査することにより、これを1つの物差しにして水耕栽培で発生する他の原因による根いたみについてもその特徴を明らかにし、水耕栽培における根の診断法が確立できる可能性が考えられる。



特集

世界のバラ生産の動きと輸入バラの現状

林

勇*



世界のバラ生産事情はこのところの数年で激変した。ここでは世界のバラ生産の動きと日本へのバラ輸入の現状について簡単に紹介する。

1. オランダ

アールスメール野菜花き試験場の Dr. Hoog の資料 (1998.5 月) によれば、オランダのバラは 1997 年で 860ha、平均規模は 1ha 余である。すべてが暖房完備のガラス温室生産であり、ロックウール耕を中心とする養液耕の導入 (480ha)、炭酸ガス施用、高圧ナトリウム灯による高度補光 (550ha) などによって単位面積当たりの生産能力は高く、技術レベルと高生産性は間違いなく世界一といえよう。しかし、栽培面積では後述するエクアドルに完全に追い越された。1994 年に 926ha という最高値に達した栽培面積が 1997 年には 860ha と大幅な減少の数值になっている。栽培者数の減少も伝えられ、ケニアを中心とするアフリカ諸国からの大幅な輸入バラ増加の中で、オランダのバラ生産も難しい局面にある。

一方、環境汚染を起こさない農業という視点から、養液栽培の場合に閉鎖循環式の養液管理が厳しく要求されている。また、廃棄処分に問題のあるロックウール培地については、代替培地への要求も根強くある。現在はやしがら (コイヤー) 培地による養液栽培がじわじわ増加している。

輸入バラ増加の中でオランダの品種構成が大きく変化している。1995 年には 40% 未満であった大輪系が 1997 年には 45.8% を占めるにいたった。市場抜いの輸入バラも含めた数値であるが、オランダの生産者の動きとして、輸入

バラに対抗するために大輪系品種での差別性發揮、高単価ねらいが目立ってきている。

日本への輸出は 1996 年 1,000 万本、1997 年は 920 万本であり、減少傾向にある。

2. アメリカ (U.S.A.)

日本の温室バラ生産技術はまさにアメリカから伝えられ、大正 7 年ごろにスタートした。そのバラ生産のメッカ、アメリカが今、厳しい状況に追い込まれている。1997 年の輸入バラのシェアはついに 70.4% に達してしまった。このような中で、残った生産者たちは新しい技術を導入して生産効率の向上を図り、また、国内生産、消費地至近地域での生産の利点を生かした鮮度・品質管理を武器として頑張っている。

新しい技術としては養液栽培の導入がある。ロックウール培地もあるが、むしろやしがら培地のほうが導入が多いようである。樋方式で閉鎖循環方式もみられる。日本のオリジナル技術アーチング栽培も取り入れられている。高圧ナトリウム灯による高度補光もかなり導入されている。なお、1937 年創立以来 61 年の歴史を有するバラ生産者組織ローズインクがついに本年からバラ以外の切り花も包括して正式に活動すると決定した。時代を感じさせる。

3. アフリカ諸国

1996 年には 950ha 余であったアフリカのバラ生産が、1997/1998 年には 1,300ha 近くに膨張している。オランダは 860ha (1997) であるから、これらの新興アフリカ諸国のバラ生産の圧力の大きさがよくわらう。

ケニアはアフリカの赤道直下に位置し、イギリス、フランス、オランダ、ドイツなどの諸国に毎日花専用の直行便があり、8 時間で到着す

* J A セレサ川崎技術顧問

表1 日本へのバラ輸入の推移（順位は1997年の数値による）
（フローラインターナショナル社並びに日本農業新聞、花卉園芸新聞等の情報による）

順位	国 名	1995	1996	1997	1998
1	インド	3,231,680	16,823,068	24,178,157	1,500 万本※
2	オランダ	16,587,901	10,725,125	9,215,727	
3	南アフリカ	1,430,800	720,000	1,455,880	
4	イスラエル	434,740	936,025	637,728	
5	ベトナム	0	30,039	393,770	
6	ケニア	438,770	1,001,344	219,770	
7	エクアドル	20,045	14,701	140,621	
8	マレーシア	329,655	300,320	108,230	
9	韓国	35,130	55,390	68,220	約 1,000 万本※※
10	ジンバブエ	79,710	137,920	29,430	
11	ニュージーランド	663,340	301,990	18,375	
12	イタリア	90,261	0	12,600	
13	中国	70	2,866	8,902	
14	タイ	9,151	8,078	8,505	
15	コロンビア	53,345	21,425	7,801	
合 計		23,816,081	31,451,015	36,510,235	3,000 万本程度

※ インドからの輸入 1999年の予想は1,000万本程度（㈱クラシック）

※※ 500～1,000万本という推測値もあり

る。

花き産業は1970年代にスタートした。花きの種類は当初はカーネーションであったが、現在ではバラを中心に多様な花が生産されている。バラ生産の伸びは驚異的で1988年の25haが1994年に95haとなり、1995年には200ha、そして1998年には約400haの施設栽培と160haの露地栽培がある。

赤道直下の高冷地であるため年間を通しての温暖な温度条件、良好な日長、日照条件に恵まれ、簡易な雨除けだけでバラが栽培でき、露地栽培も可能である。雇用に伴う諸費用などを含まない単純労賃は1日1ドル（120円）である。驚異的な数値であるが、以下に記すアフリカ諸国はいずれもほぼこの程度の労賃である。輸出先はオランダが中心。

タンザニアの栽培面積80ha。主な輸出先はオランダ。

ウガンダの栽培面積80ha。肥沃で安い土地、熱帯高地のよい気象条件、ビクトリア湖からの十分な水、そして安い労賃がある。

ザンビアの栽培面積65ha。輸出先はオランダが87%（1996）。

ジンバブエはケニアについてアフリカ第二のバラ産地で、栽培面積360haに達している。

4. エクアドル

エクアドルは赤道直下の国。高地は冷涼な気候、長日、豊富な日射量、そして良質なアンデスの雪解け水に恵まれている。

1日当たりの労賃は3ドル。コロンビアの5ドルに比べて安い。

花き生産の開始は1983年の4月。花き生産のスタート当初は、コロンビアの技術導入や技術者の支援によって行われた。

空港からアメリカのフロリダ州マイアミまでは4時間の飛行時間である。

1995年に656haであった栽培面積が、1998年現在では1,700haに達しており、まさに世界最大のバラ生産面積である。輸出先もアメリカだけでなくヨーロッパにも拡大中であり、日本も大きなターゲットである。

5. コロンビア

世界の輸出花きの約11%のシェアを占めて、オランダについて第2位の輸出大国である。花き栽培面積は4,700ha。約50種の花きを輸出しているがトップ2はバラとカーネーションであ

る。

日本への輸出は高品質（コロンビアの最高級品である必要）と植物検疫のクリアの二つの要因がからむ。

6. イスラエル

花きはイスラエルの農業総生産額の中の7.6%を占める。生鮮農業産物の31%を占める。生産者数は減っているが、花き生産は増加している。このうちでもバラは236haで主要な花きである。日本への輸出は僅かである。

7. インド

4～5年前から輸出切り花を国家プロジェクトとして補助金を出して推進している。1996年のバラ栽培面積は230haで、主な産地はプネ市、ナシック市周辺、首都デリー市の郊外（冬は寒く、夏は最高45℃）、内陸高原のバンガロールなどである。

日本へのインドのバラの輸入量は1992年の1,600本、1993年の600本から1994年の23万本となり、1995年には10倍以上の323万本と激増。そして、1996年には1,700万本、1997年2,400万本とオランダを抜いて第1位になっている（表1）。とはいえ、インドのバラは品質面で問題点が多いという声も多々ある。1997年半ばまでのインド産輸入バラの平均価格は前年の半値であったともきく。このため輸出先をヨーロッパにシフトする動きが強くなり、1998年の輸入量は1,500万本と激減、本年は1,000万本程

度との予想もある。

インドのバラ生産の現況は、当初の華々しい成功のときを過ぎて多くの現実的な問題点が噴出しているという。オランダやイスラエルの施設・装備、技術等の丸抱え的な導入による初期投資額の大きさとランニングコストの大きさ、労働者の質（技術、意欲など）の問題、空港までの道路事情、航空貨物スペースの不足、空港での待機時間の長さ、空港での冷蔵設備の不足などである。

8. 韓国

1996年のバラ栽培面積は579ha、5億2千万本であり、1年間に100haも増加した。輸出をターゲットとして、最新の施設装備、養液耕（135ha、ロックウール、パーライト培地）なども導入しながら急増している。

日本への輸出は1997年で僅かに6万本余でしかなかったが、1997年半ば過ぎから顕在化した経済情勢の悪化、通貨ウオンの価値の下落によって、日本への輸出メリットが急増し、1998年には一気に500～1,000万本が輸入された。輸送距離的には大きな国内産地が登場したという形で、今後が注目される。

9. その他のアジアの国々

中国、台湾、マレーシア、フィリッピン、インドネシアなど恵まれた気象条件の土地を有する国々があるが、日本への輸出という観点からのバラ生産は現在は大きくない。

樹型管理によるバラの生産性向上



梶 原 真 二*

バラの広島中央卸売市場における切り花単価は、生産量や輸入量の増加により、近年 80 円程度でほぼ横這い状況にある。こうした状況の中、生産者所得の向上を図るためには、生産量を増加させるとともに、単価が高い長い切り花を出荷する必要があると考える。

そこで、合わせ接ぎ苗を用いて、穂木部の枝を同化専用枝^{*)}として折り曲げるだけでなく、台木基部から発生する台木緑枝も同化専用枝として折り曲げる仕立て方法（図 1）について検討した。

1. 台木の緑枝折り曲げによる生産性向上

1) 試験方法

‘ローテローゼ’を供試し、台木はノイバラおよびオドラータを用い（対照は自根苗）、仕立て方法はアーチングおよびハイラックとした。処理は、表 1 にあるように、台木の種類、台木緑枝の折り曲げの有無および仕立て方法を組み

合わせた 8 区とした。定植は、1996 年 7 月 3 日に 91×30×厚さ 10cm のスラブに 6 株ずつ行った。栽植密度は、スラブを 2 枚並べた 2 条植えとした。台木緑枝折り曲げ処理の緑枝は、台芽部から 2 本だけ伸長させ、長さ約 80cm でピンチした。9 月 10 日に穂木、台芽緑枝ともに発生基部から一斉に折り曲げた。加温温度は、16℃とした。収穫調査は、切り花長が 40cm 以上のものについてのみ行い、それ以下のシュートは摘蕾後に同化専用枝として折り曲げた。

2) 結果

(1) 生育・収量性

ノイバラ台木は、樹性が強く、台勝ち現象を起こした。

収量は、台木の種類および整枝方法が同じであれば、ハイラック仕立てがアーチング仕立てよりも多かった（図 2）。

1 年目、2 年目ともに 1 株当たりの収量が最も

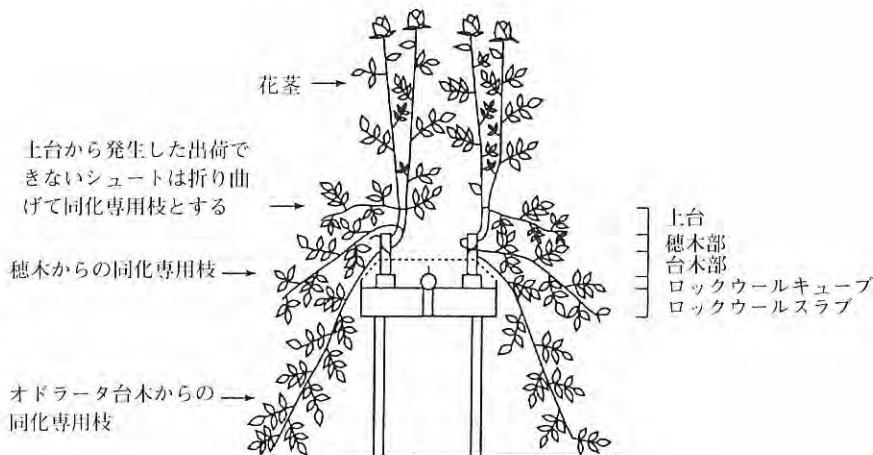


図 1 台木緑枝折り曲げ整枝ハイラック仕立て

*広島県立農業技術センター 園芸研究部

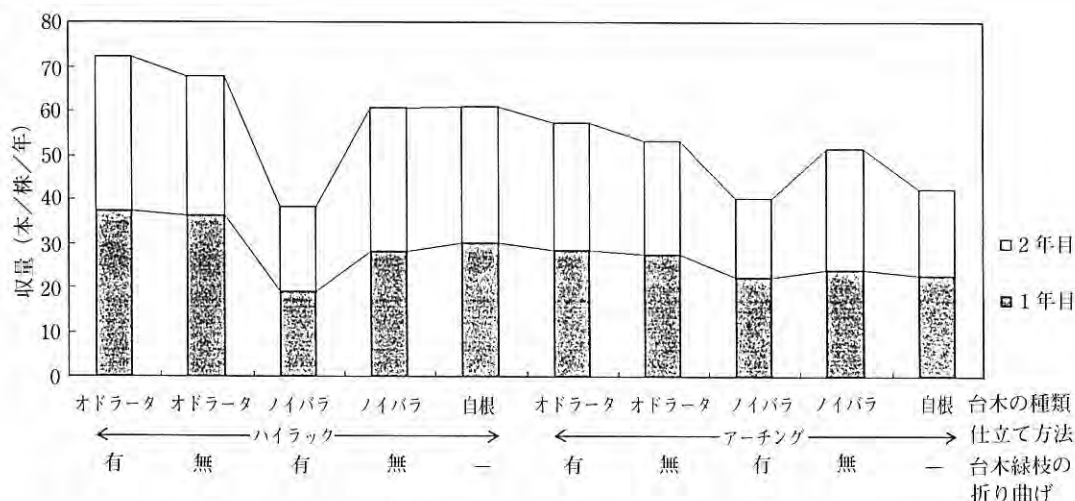


図2 台木の種類および仕立て方法がローテローゼの収量に及ぼす影響

多かったのは、オドラータ台木・台木緑枝折り曲げ・ハイラック仕立て区で、1年目の収量は37.2本/株、2年目は35.1本/株であった。次に収量が多かったのは、オドラータ台木・台木緑枝無し・ハイラック仕立て区で、それぞれ36.2本と31.7本であった。

アーチング仕立ても同様に、オドラータ台木・台木緑枝折り曲げ区の収量が1年目は28.6本、2年目は28.7本で、オドラータ台木・台木緑枝無し区の27.4本、25.9本よりも多かった。

ノイバラ台木苗での収量がオドラータ台木苗や自根苗に比べて少なかったのは、台勝ち現象を起こしたためと考えられた。したがって、ノイバラは台木緑枝折り曲げ整枝法には適さず、単に台木として使わなければならないことが明らかとなった。

(2) 切り花品質

切り花長は、台木の種類および整枝方法が同じであれば、アーチング仕立てがハイラック仕立てよりも長かった(表1)。接ぎ木苗の切り花長は、ノイバラ台木・台木緑枝折り曲げ・ハイラック仕立て区を除いて、自根苗のそれよりも長かった。

切り花重は、台木の種類および整枝方法が同じであれば、アーチング仕立てがハイラック仕

立てよりも重かった。

切り花重/切り花長比は、アーチング仕立てがハイラック仕立てよりも大きかった。また、台木ごとの切り花重/切り花長比は、ノイバラ台木苗が最も大きく、次いで自根苗、オドラータ台木苗の順であった。切り花重と茎径の間には高い正の相関関係がある¹⁾ので、アーチング仕立ての切り花は、ハイラック仕立ての切り花よりも茎径が太いと考えられる。

節数は、アーチング仕立てがハイラック仕立てよりも約1節多かった。また、仕立て方法が同じであれば、接ぎ木苗が自根苗よりも1節程度多かった。

切り花長別の比率は、いずれの処理区ともに80cm以上の割合が最も高く、40cm代の割合は極めて低かった(データ省略)。台木の種類が同じ場合、切り花長が80cm以上である比率は、アーチング仕立てがハイラック仕立てよりも高かった。

なお、切り花長、切り花重、節数および80cm以上の切り花割合は、1年目よりも2年目が大きくなった(データ省略)。

2. おわりに

以上のように、オドラータ台木を用いた台木緑枝折り曲げ整枝により、ハイラックやアーチ

表1 台木の種類および仕立て方法が切り花品質に及ぼす影響 (1996 ~ 1998 年)

台木の種類	台木緑枝の 折り曲げ	仕立て方法	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	切り花重	節数 (節)
					切り花長	
オドラータ	有	ハイラック	80.3	42.8	0.533	15.7
オドラータ	無	ハイラック	75.7	40.2	0.531	15.4
ノイバラ	有	ハイラック	69.5	38.8	0.559	14.6
ノイバラ	無	ハイラック	75.9	42.8	0.563	15.6
自 根	—	ハイラック	73.7	39.8	0.540	14.4
オドラータ	有	アーチング	83.6	50.9	0.609	16.5
オドラータ	無	アーチング	80.7	49.0	0.607	16.4
ノイバラ	有	アーチング	77.7	50.4	0.649	15.9
ノイバラ	無	アーチング	80.6	53.0	0.658	16.6
自 根	—	アーチング	77.0	47.5	0.616	15.1

ングといった仕立て方法に関わらず、自根苗の場合よりも生産性が優れることが明らかとなった。

しかし、台木を用いたロックウール栽培では、養分吸収特性が自根苗の場合とは異なっている可能性もある。したがって、さらなる生産性向上のためには、台木ごとの施肥管理技術を確立する必要があるだろう。

3. 参考文献

1. 小山佳彦・岩井豊道・池田幸広, 1998, ミ

ニチュアバラのアーチング仕立て法における遮光、補光および摘らい処理が切り花本数、切り花長および茎径に及ぼす影響, 近畿中国農業研究, 95, 61-65.

2. 嶋本久二・上山茂文・藤田政良, 1993, バラのロックウール栽培に関する研究 第2報, アーチング方式での「同化専用枝」の折り曲げ程度と「同化専用枝」の本数及びその初期生育との関係, 園学雑, 62(別2), 542-543.



—やさしい養液栽培—

統計からみた養液栽培の動き

磯崎 真英*

今回は、過去10年間の農林水産省の統計資料「園芸用ガラス室・ハウス等の設置状況」をもとに、養液栽培の変遷を見てみたいと思う。

野菜、花きを合わせた栽培実面積は昭和62年では298.9haであったが、年々増加し、平成10年では3倍以上の915.8haとなっている(図1)。これは「平成の大不況」の中、大躍進と言えるのではないだろうか。

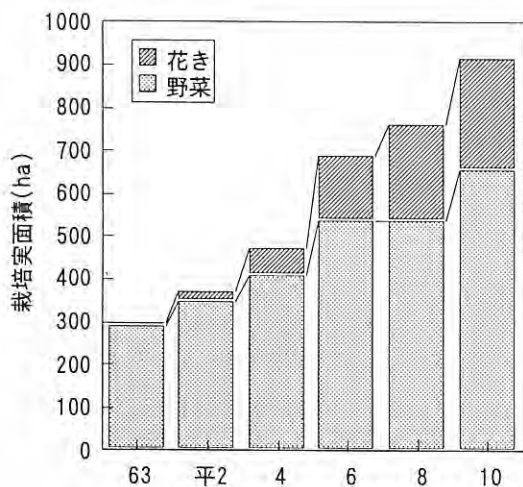


図1 全国の養液栽培実面積の推移

栽培方式別で見ると、たん液型167% (平成10年/昭和62年)、NFTが223%、ロックウール耕536%となった。ロックウール耕は、野菜分野での順調な増加と、花き分野での急激な面積拡大が同時に進んだ結果、栽培実面積ではたん液型を抜いて1位となっている(図2、3)。

次に、野菜分野に注目する(花き分野の最新の情報については、本誌5～6ページを参照され

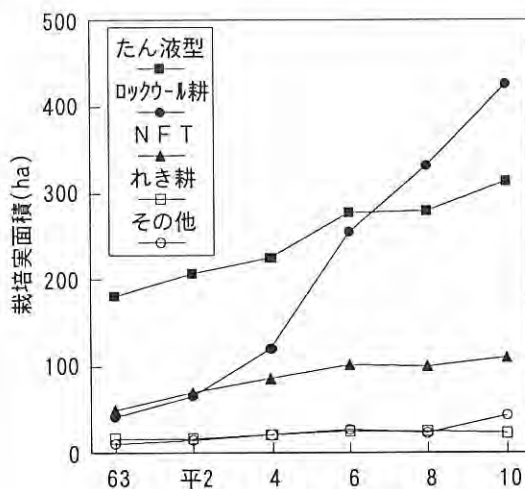


図2 養液栽培方式別設置実面積

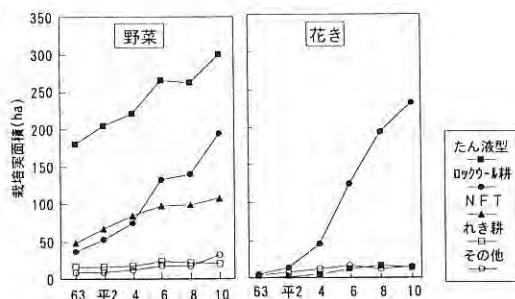


図3 野菜・花きの方式別設置実面積

たい)。

栽培実面積1位のトマトは、208% (平成10年/昭和62年)と順調な増加を示しているが、ミツバは121%、キュウリは83%でやや停滞気味である。その他、ネギ361%、イチゴ334%、サラダナ648%とそれぞれ面積を拡大している(図4)。

*三重県科学技術振興センター 農業技術センター

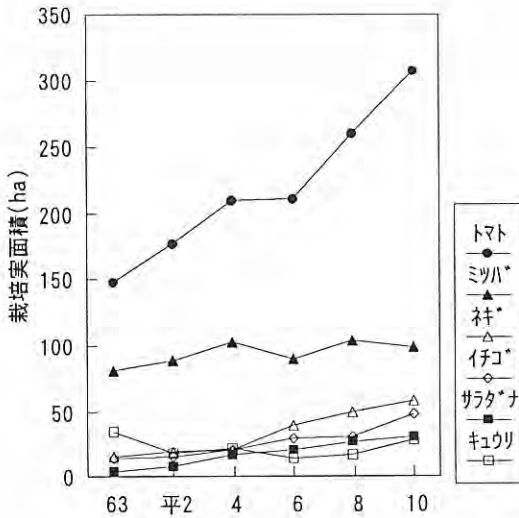


図4 野菜の栽培実面積の推移

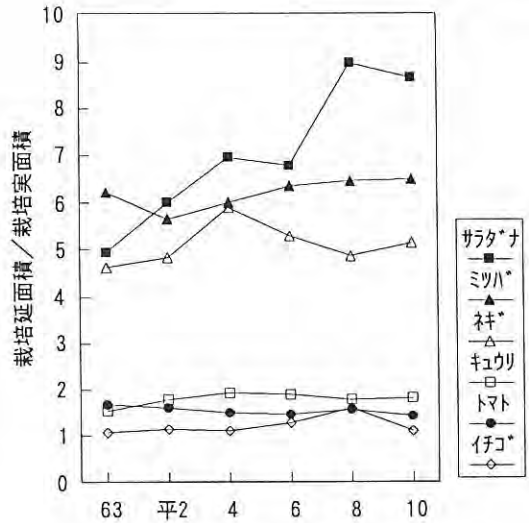


図5 栽培延面積／栽培面積比の推移

ここで、栽培延面積を栽培実面積で割った値、つまり1年に何作栽培を行ったかについて見る(図5)。この値は、作物によっては何度も栽培をすることが不可能なものもあるので、当然のことながら各作物間の単純な比較はできない。

ミツバ、ネギ、キュウリ、トマト、イチゴは、年によって若干の変動はあるものの、おおむね同じ値で推移している。ところが、唯一、サラダナは10年間で1.8倍になっており、この10年の間に、サラダナの栽培技術がかなり高められたことがこのデータから読みとることができる。

また、栽培実面積割合を見ると(図6)、トマ

ト、ネギ、イチゴ、サラダナ、「その他」は、その割合を上げている。これは10年で作目の分散化がより進行したことを示しており、今後どのような動きをするのか、大変注目されるところである。

大躍進を遂げている養液栽培であるが、現在、総施設栽培面積のわずか2.0%であり、まだまだメジャーな存在であるとは言えない。しかしながら、今後もさらに面積を拡大していくことは間違いなく、同時にいろいろな問題を生じることが予想される。今後は、よりメジャーな地位を獲得するため、栽培技術だけでなく、社会的責任をより強く持って進んでいく必要があるのではないだろうか。

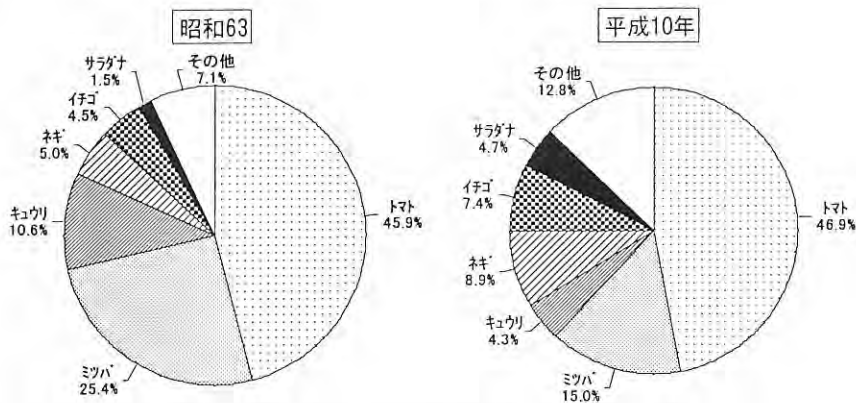
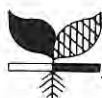


図6 昭和62年および平成10年の栽培実面積割合



質疑応答

回答者 皿 井 重 典*

Q. 養液栽培に酸素剤は有効でしょうか？

A. 養液栽培に酸素剤を使用するということは栽培の幅を持たせるという意味で有効だと考えられる。

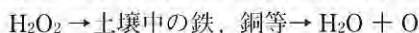
養液栽培は隔離ベツで行うために、根域は極端に制限されており、溶存酸素は根に酸素を供給する意味で重要である。溶存酸素（水に溶けた状態の酸素）とは、 $12\text{H}_2\text{O} \sim 15\text{H}_2\text{O}$ で形成される水の分子集団（クラスター）の隙間に入り込んだ酸素のことをいう。しかし、水温によりその量は大きく変化する。

	30℃ → 0ppm に近づく
	↑
水の溶存酸素と 温度の関係	15℃ → 9.8ppm
	↓
	0℃ → 20ppm

この様に、0℃の時点で最大となり 30℃ 以上になると限りなく 0 に近づく。また、30℃ 以上の水にエアレーションをしても細かい気泡は存在できるが溶かすことは出来ない。また、RW なども栽培が進むにつれ残根の量（有機物）も増え、残根の分解、微生物の増殖などで培地内の酸素要求量は思った以上に高くなる。ましてや近年普及しつつある有機培地などはこのことが顕著に現れる。培地内の酸素不足が起こると、根の活力も低下し、肥料の吸収もカリ、窒素、りん酸、マグネシウムの順に悪くなり、最悪の場合枯死に至る。栽培気温、培地温の異常な上昇や使用する原水に於いても、深井戸や ORP の低い水等を使用している場合にもこの様なトラブルを引き起こしやすい。この様な酸欠を防ぐためにも酸素剤の有効的な使用をお勧めする。

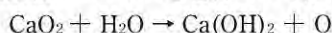
では一般に販売されている酸素剤にはどのようなものがあるのか。

① 過酸化水素水を基材として作られている物、



（過酸化水素）→ 反応 → （水＋活性酸素）

過酸化カルシウムを基材として作られている物、



（過酸化カルシウム＋水）（消石灰＋活性酸素）

③ その他の過酸化材を基材として作られている物、

④ その他の器具を利用して活性酸素を発生させるもの、等、様々な物がある。これらは酸素に一電子を持たせる（活性化させる）ことにより水に溶け込ませることが可能になる。

活性酸素とは不安定な酸素のことを呼び、 O_3 、 $\text{O}_2\cdot\text{OH}$ 、 $\text{HO}_2\cdot$ 、 $\text{O}_2\cdot\text{H}_2\text{O}_2$ 、 NO_2 、 O_2 等が知られている。これらには活性化した手があり殺菌力がある。一般的に①の H_2O_2 （過酸化水素水）を基材とする酸素剤が使い易く安価である点で普及しているが、保存期間や土壌、水質によりその効果が安定しないという問題がある。この理由として過酸化水素水＝酸化還元剤であることが挙げられる。（使用条件により酸素を発生する時と、奪う時が起こる。）※この問題を解決した酸素剤も発売されたと聞く

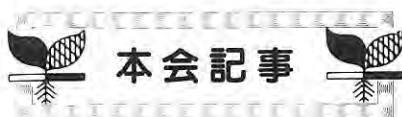
②、③については培地などに残る塩基が pH の変動を起こしうるので養液栽培での使用には十分に気を付けなくては行けない。

④ オキシデーターなどが知られている。

この器材は酸素発生器という使い方だけでなく、処理水は活性酸素による殺菌力を示すので殺菌剤などの希釈水に利用すれば減農薬にもつながりおもしろい器材だと思う（補充液は 36% の過酸化水素水を基材とする）。

以上で述べた様に個々での栽培方法、水質、使用方法などをよく検討すれば収量、品質の向上だけでなく減肥、減農薬、など環境に優しい栽培も可能となるように考える。

*イシグロ農材株式会社(本会運営委員)



第9回事業部会（拡大）

日 時 1999年4月30日(金)13:00～17:00

場 所 京都・平安会館

出席者 7名

議題1) 寺林委員より、第39回研究会・京都大会について、約80名の参加があり無事終了した旨、口頭で報告があった。

議題2) 加藤委員より、第5回海外視察研修・韓国養液栽培交流視察研修について、会計報告書が提出され、211,140円を特別基金に繰り入れる旨報告があった。また、本視察の報告会を兼ねて、研究会を7月末に開催することとした。

議題3) 加藤委員より、第40回研究会・静岡大会の準備状況について口頭で報告があった。

議題4) 役員について

i) 大石委員の転勤（静岡県庁研究調整室）に伴い、運営委員会の了承を得て、静岡農試の堀内正美氏にすべての役割の代行を依頼することとした。

ii) 新役員の選出について検討した。

議題5) 今後の活動に韓国視察の報告会、南ヨーロッパ視察の事前研究会（特別企画）の開催、施設園芸展の協賛を追加し、2000年冬の企業発表会を中止することとした。また、ヨーロッパ視察は伊達委員が中心となって計画立案し、2001年度秋に実施することとした。

議題6)

i) 本会の正式和文名称「養液栽培研究会」の変更を検討し、秋の総会にて会則変更することとした。

ii) 特別基金の執行について議論があった。

第20回運営委員会

日 時 1999年5月28日(金)13:00～17:00

場 所 京都・ウイングバル京都

（京都府青年会館）

出席者 15名

議題1) 高市委員より、福岡総会事務局作成の資料により第38回研究会・福岡総会の会計報告があり、原案を異議なく承認した。

議題2) 寺林委員より、資料により第39回研究会・京都大会の会計報告があり、余剰金91,123円を特別基金に繰り入れることを含めて、原案を異議なく承認した。

議題3) 加藤委員より、資料により第5回海外視察研修・韓国養液栽培交流視察研修視察の状況と会計報告があり、余剰金211,140円を特別基金に繰り入れることを含めて、原案を異議なく承認した。

議題4) 加藤委員より、資料により第40回研究会・静岡大会の会計報告があったが、39,530円の赤字を特別基金から補填することに訂正してこれを承認した。（注：議題5の1999年度予算の審議において、開催補助金が100,000円から150,000円に増額されたので、この赤字は解消された。）

議題5)

i) 常盤委員より、福島県での総会開催に向けて県内で検討したが、2000年度は開催できないものの、2001年度以降の開催に向けて今後努力を重ねる旨の紹介があった。次年度については、加藤委員に交渉をお願いした。

ii) 2000年度の活動について以下のように承認された。

(1)4月 施設園芸展協賛 (2)5月 特別企画・第43回養液栽培研究会・東京大会・「施設園芸の国際戦略」 (3)5月 特別企画・第44回養液栽培研究会・福岡大会・「施設園芸の国際戦略」 (4)秋 第45回養液栽培研究会・宮城総会 (5)2月 第46回養液栽培研究会・東京大会 企業の発表の場とする。

iii) ヨーロッパ視察の計画立案は、伊達、並木が担当し、2001年度秋に実施の予定とした。

議題5) 1999年度総会について

i) 糠谷委員より、1998年度事業報告（案）に

について資料により説明がなされ、一部間違いを訂正した後、これを承認した。また、伊達委員より、1998年度決算(案)および特別基金会計報告について資料により説明がなされ、原案を異議なく了承した。

ii) 糠谷委員より、1999年度事業計画(案)について資料により説明がなされ、種々審議の後承認した。伊達委員より、1999年度予算(案)について資料により説明がなされ、総会、研究会費をそれぞれ600,000、100,000円から700,000、150,000円に増額することと、花卉養液栽培の実態調査報告費用の予算を計上するように訂正した後、承認した。

iii) 磯崎委員より、第42回研究会・三重総会の総会準備状況について説明があった。

議題6)

i) 大石委員の異動(静岡県農林水産部研究調整室)に伴い、堀内正美氏を代理委員とすることとした。なお、この措置に関しては、総会には諮らず、運営委員会の承認事項とした。

ii) 新役員の選出について検討した。

議題7) 会則改正について

i) 本会名称を「日本養液栽培研究会」に変更することとした。

ii) 外国人会員の会費を、台湾、韓国は5,000円に、中国は3,000円に改訂することとした。

議題8) 編集部会からハイドロポニックス第13巻1号の編集進捗状況について報告があった。

議題9) 情報部会からニュースレターの発行進捗状況について報告があった。

議題10) 寺林委員から、会員管理状況について

i) 会費未納者に対しては、年末に督促を行っており、2年間未納であった場合は会員登録を抹消している。

ii) 会費納入の手数料は、会員負担としている。

iii) ハイドロポニックスへの会員名簿掲載は、現在約40万円かかっているが、ポイントを小さくするなどにより、半額にすることは可能である、等の説明があった。

議題11) その他

i) 内規を見直し、委員の手弁当で運営する体質から抜け出せるようにしたらよいという意見が出された。次回までに内規の文書を配布することとした。

ii) 各地の養液栽培研究会の所在地を確認したらよいとの意見が出された。