

【巻 頭 言】

21世紀の環境調和型施設生産システム

加 藤 俊 博*

施設園芸はわが国の農業生産の中で、比較的収益性も高く、大規模生産による企業経営を目指す施設園芸農家が多い。特に、花きの鉢物生産においては自動化・省力化・装置化により著しく生産効率を高め、すでに ha 単位の企業的農家が増えている。

野菜でもミツバ等の葉菜類では湛液水耕、トマトにおいては、ロックウール栽培により規模拡大が図られ、ha 単位の企業的経営事例もみられている。しかし、野菜、花きの施設園芸農家全体からみれば、平均的な経営規模は小さく、国際競争力は必ずしも強いとはいえない。ますます輸入外圧が高まるなか、流通の国際化に対応するためには、より生産性を高め省力化・低コスト化を図り、同時に大規模経営を実現して、21世紀に向けてより経営を安定・強化する必要がある。

オランダではすでにロックウール栽培主体に果菜類、切り花において平均 1 ha 以上の企業経営がなされているにもかかわらず、環境問題から、施設園芸からの養分溶脱・養液栽培からの排液に対する規制が進み、閉鎖系・循環養液栽培システムへの移行をせまられており、国際競争力の低下が懸念されている。また、南欧・北アフリカからの輸入野菜が増大するなかで、環境問題をクリアしながら、人件費削減のためさらに自動化が必要で、しかも今以上の品質及び生産性の向上と低コスト化を求められており、非常に厳しい状況下に直面している。オランダでは21世紀に向けて生き残るための目標として、「競争力」・「安全性」・「持続的」をキーワードとして掲げ、研究開発を進めている。

地球規模で環境問題が顕在化しつつあるなかで、わが国においても、農業からの環境負荷が指摘されている。すでに、硝酸態窒素が水質の

要監視項目加えられ、硝酸性窒素とし10mgL⁻¹の基準が設けられている。農林水産省の行った農業用地下水の水質調査の結果によると、10mgL⁻¹の基準を超える地点がかなりみられている。茶園、野菜畑等施肥量の多い畑地帯や畜産高密度地帯や施設園芸高密度地帯において10mgL⁻¹の基準を超える事例が増えている。また、湖沼、内湾等の閉塞系水域の窒素・リンの流入による富栄養化が問題となっている。

施設生産システムとしての養液栽培においては特に、かけ流し式のロックウール栽培で排液の処理、廃マットの処理が問題となっており、行政、普及の現場から、ロックウール循環式栽培システムにおける養液管理技術の確立及び環境に優しい新培地が求められている。また、循環式栽培システムである湛液水耕においても安定生産のためバランスの乱れた古い養液の更新は行われており、普及の現場からこの排液の処理法の確立が強く要望されている。環境保全型農業が叫ばれるなかで、低投入・低排出の環境調和型の養液管理技術が求められている。今後、わが国の養液栽培が環境と調和した21世紀の持続的な施設生産システムとしてさらに普及拡大していくためには、閉鎖系・循環式養液栽培システムにおける安定・高生産技術の確立、低コストの排液処理技術の確立、さらには環境への負荷を少しでも減らすためのよりきめの細かい養液管理技術を確立する必要がある。

一部の作物を除いては、まだ土耕栽培が主体であるが、「土のよさを活かし、養液的栽培を行う灌水施肥システム【養液土耕栽培】が、大規模経営に適し、導入コストも安く、高品質・高生産・均一生産が可能で、環境負荷が少なく、21世紀の持続的環境調和型生産システムとして期待されている。

* 愛知農総試山間農業研（本会運営委員）



内外のニュース

'98施設園芸技術展について

田 中 晶 子*

98年施設園芸技術展が4月21日(火)から24日(金)の4日間にわたり、幕張メッセにて開催された。隔年開催のこのイベントは、園芸産業の資材、設備、栽培装置から分析機器までを一堂に会する日本最大の展示会であり、今年8回目を迎える。出展参加社も225社460コマと前回の219社452コマを越え、過去最高の展示数を記録し、参加者も約40,000人と盛況であった。景気回復の見通しが依然として不透明な昨今、各社とも様々な創意・工夫が込められた展示内容であった。また、見学者側も優れた技術やアイデアを求めて、真剣に将来性のあるものを見極めようとしていた。

養液栽培研究会も例年通りの1ブースで出展をし、入会や継続の手続き、ハイドロボニックスや過去の大会資料、ビデオの販売などを行った。また、「これから就農する子供のために養液栽培を検討したい」、あるいは「興味があるがよくわからない」という生産者の方が、「養液栽培マニュアル21」を購入する風景も見られた。ブースでの質問受付では、「初期投資の大きさがブレーキであるが・・・」、「どんな作物から始めるのが無難か」、「培養液管理では単肥の方がよいのか」など、かなり幅広い質問が多く、生産者の世代交代とともに養液栽培への認識が浸透してきていることを窺わせた。

その他の展示内容として、常連の企業・団体は一昨年と大きな違いはないものの、従来の製品に改良を加え、より経済性を重視したものが目立った。特に養液栽培関連資材については、省力化と収益性の両立に一段と力が入れられ、低コスト化の要求に対応する姿勢がみられた。

また培地や灌液装置についても、環境保全を意識した展示内容が前面に出され、廃材利用の堆肥や有機質培地、生分解性資材、排液殺菌装置、養液土耕システムなどがみられた。以前から環境を意識したフィルムや培地などの製品は出されていたが、見る側の意識もここ数年で大きく変化してきたことから、企業が早くから取り組んできた環境保全型資材に一層注目が集まってきたように感じた。珍しいものとしては、昨年の高知県での養液栽培研究会に参加された方は記憶も新しいと思うが、(株)コーシャ輸入のスモーク式防除機や三井金属工業の非破壊果実品質評価センサー、天窓50%オープンのリシェルハウス等があった。

新規参入企業・団体も数多くあったが、中には科学的な証明が少なく、効果にも疑問のあるといわれている薬剤や水などを商品として派手に宣伝しているものもあり、やや不安な感もしたが、ここはやはり混迷の時代、様々なアイデアの中から利用者が必要に応じて見極める実力も問われているものと理解した。

展示方法としては、従来の機械の実演や実物展示の他に、ビデオやパソコンを使っのパフォーマンスが多く、観る側の評価に対して強い印象付けを狙っていた。インターネットの普及から、農業関連の情報収集やパソコンによる即時栄養診断など、メディアの活用方法も大分変化してきたように思う。

海外からの出展企業も回を重ねるごとに増えており、今回はオランダに加えて、韓国からの出展が実に多かったのも印象的である。施設園芸・養液栽培資材についても、国内中心であった需要と供給の関係に、海外からの企業進出が

* 千葉大学園芸学部

増えることで、今後も生産者がより安く、より品質の高い商品を求める機会は増えるものと思われる。一方、国内の企業としてはさらに厳しい競争を余儀なくされるわけだが、国内外を問わず、生産者のニーズをいかに早く受けとめ、

商品化するかという情報、アイデア競争がますます激化するのではないだろうか。景気低迷の中で経済性・将来性のないものは淘汰されていく時期にきたことを実感させた。



写真1 カネコ種苗(株)のヤシガラを使った有機質培地



写真2 ネットフィムジャパン(株)のフィルター付き点滴灌水チューブ



写真3 50%オープンのリッセルハウス（販売元：(株)富田鉄鋼所）

養液栽培研究会10周年 記念事業について

池 田 英 男*

1987年(昭和62年)に創立された養液栽培研究会は、昨年めでたく創立10周年を迎えた。その記念事業を行うために、本研究会は内部に委員会を設けて検討し、二つの事業を行うことにした。一つは記念誌の発行であり、もう一つは記念の式典である。記念誌については、既に会員諸氏の御手元に届いているような立派なマニュアルが完成した。これは、記念誌出版委員会を担当して下さった伊東前会長の元、編集幹事の宇田川氏が多忙な公務の中にもかわらず、出版社との打合せから細かい原稿の校正までを、

精力的、献身的にしていたいただいた結果できたものである。氏はそのために出版直前に入院する羽目になった。まことに頭の下げる思いである。

記念式典は、本年2月6日午後に多くの会員の参集により、東京フロラシオン青山で開催された。当日は、まず並木隆和会長のあいさつがあった。その後、農林水産省野菜振興課長熊本誠氏、園芸学会長岩堀修一氏、施設園芸協会長兵藤宗郎氏からそれぞれ祝辞をいただいた。次いで、これまで当研究会の発展に貢献して下さった、岩田正利初代会長、伊東正前会長、山



* 大阪府立大学農学部野菜システム生産学研究室
(本会運営委員)

崎肯哉顧問、養賢堂及川社長に感謝状が贈られた。引き続いて、21世紀の養液栽培を展望するシンポジウムが開催され、栃木利隆氏（栃木技術士事務所代表・元神奈川県農業総合研究所所長）を司会役に、生産者として徳島の野菜生産農家である武市博昭氏、神奈川の花弁生産農家である佐野幸一氏、試験場で主として経営面から研究、普及指導を続けて来られた神田多喜男氏（愛知県専門技術員）、同じく試験場で養液栽培の技術面から検討を続けて来られた大石直記氏（静岡県農業試験場）、プラントの販売を通じて養液栽培の普及に貢献してきた株式会社誠和の大出武久社長、行政面から支援を送り続けて下さった農水省野菜振興課の新本課長補佐の各氏をパネラーとして、それぞれの立場から21世紀における養液栽培の展望を論じていただいた。各氏の考えの概要は本誌に掲載されることになっているので、そちらをご覧ください。最後に記念祝賀会が開催されたが、その席では、戦後調布の米軍ハイドロポニックスファ

ームで活躍され、後に井上頼数氏と共著で「れき耕栽培」という本を出版された大井卓雄氏が、当時の農場の姿を記録したスライドを写しながら説明を加えて下さった（写真参照）。出席者のほとんどは、調布の米軍ハイドロポニックスファームについては、話としては知っていてもその実態は知らなかったもので、スライドによって説明された規模の大きさ、技術等には感動されたことと思われる。50年以上も前に建設された、日本の養液栽培の原点とも言われる調布の米軍ハイドロポニックスファームの実態を、養液栽培研究会創立10周年記念式典で会員諸氏に御紹介できたことは、実行委員の一人として非常にうれしいことであるが、これには神様のお導きとも言えそうな裏話がある。いずれ機会があればその辺についても御紹介したい。なお、当日の様子のすべてを記録したビデオフィルムが研究会にあるので、関心のある方は問い合わせされたい。有償でコピーを入手できるはずである。





事例紹介

福島県相双地方での大規模 トマト温室への挑戦

福島県というと雪深い会津地方をイメージするかも知れないが、太平洋に面する相双地方は最低気温 -4°C 、月間日照時間が夏平均で102時間、冬平均で119時間、年間降水量の7割(883mm)が夏に、3割(387mm)が冬に降るという、冬期の日照が多く比較的温暖な、施設園芸が十分可能な地域である。

ここ数年の間に、温室1棟の規模としては国内でも例の少ない大規模なトマト生産の温室が導入され、当地域の新たな農業の形態として注目されている。今回、平成7年に生産開始した(有)新地グリーンファームと平成10年に生産開始した(有)原町農産の2事例を紹介する。

＜(有)新地グリーンファーム＞

①会社役員3名、社員7名、パート15名

②施設の概要

オランダから輸入のダブルフェンロー温室、面積は $31,603\text{m}^2$ ($6.4\text{m} \times 29\text{棟} \times 170\text{m}$)、軒高 3.5m 、 4mm 厚ガラス、天窓開口率23%、風速 60m ・積雪 1m に耐える。カーテンはラック駆動式1層、温湯暖房式で温湯パイプと作業台車レールを兼ねる。給液管理・地上部の環境制御ともPRIVA社のコンピュータで制御。総事業費約6億円。

③栽培の特徴

品種はT-93が主で一部ファーストパワーを使用。土中 30cm 深に防根シートを埋設した隔離床栽培。灌水・液肥は点滴チューブによる。灌水量は日射量による自動制御(日射量と1回当たり灌水量を設定)。施肥は追肥中心

* 福島県原町地域農業改善普及センター
(本会運営委員)



常磐秀夫*

で、固形肥料(2段に1回 10a 当N成分 $1.5 \sim 2\text{kg}$)と液肥(灌水毎EC $0.5 \sim 1.2$)を施用。極端ではないがストレスを与えた高糖度栽培である。作型は年2作と年1作の2種類の栽培区がある。年間生産量は 560t 、2億2千万円の売上。

④販売の特徴

(株)りよくけんの販売網による量販店への販売がほとんど。一部地元市場への出荷もある。規格の悪いものはファーストフード店への販売も行っている。糖度7以下をファミリー、 $7 \sim 9$ 度を完熟、9度以上を特選とクラス分けして販売している。

⑤大規模化できた条件

土地の面ではかつて果樹団地として大規模に区画整理された農地があり、その地域の協力が得られ、面積を確保できたこと。また、社長が以前勤務していた鶏肉会社が(株)りよくけんとつながりがあり、りよくけん農法トマトの北海道産地と九州産地の間の時期の生産を引き受けようという動きがきっかけであった。そのため、資金的には鶏肉会社のバックアップ、販売面ではりよくけんの販売基盤があった。

⑥今後の構想

さらに 3ha の規模拡大を予定している。新たな品目の栽培や、露地野菜の導入も考えている。

＜(有)原町農産＞

①会社役員3名、社員3名、パート25名

②施設の概要

鉄骨連棟ハウス、面積は $22,950\text{m}^2$ ($8.5\text{m} \times 18\text{棟} \times 150\text{m}$)、軒高 3.65m 、5寸勾配、屋根材はフッ素系フィルムを使用。温風暖房機使用、カーテンは2軸2層、細霧冷房装置(水圧によ

るのではなく、圧搾空気の水を霧にする）を装備している。これを防除にも使用。ロックウール栽培の給液管理はカネコ種苗のHIMナビ、地上部環境制御はESD社のグリーンキットによる。総事業費は918m²の育苗棟も含めて4億3千万円。

③栽培の特徴

品種はカネコ種苗の中玉品種おやつトマトを使用。年1作。栽培方式は、通常のかけ流し式のロックウール栽培である。灌液は基本設定以後、排液量をフィードバックすることにより1回当たり灌液時間をコントローラーが自動補正する（補正係数は変更可能）。年間生産量は400t、2億円の売上を計画している。

④販売の特徴

量販店への契約販売が主であるが、市場販売もある。「トマトでチュ」とネーミングして販売している。



⑤大規模化できた条件

土地の面では、水田の大区画基盤整備事業に集落ぐるみで取り組むにあたり、大規模温室導入を地域農業の担い手の経営基盤をつくるためのものとして位置付け、温室用地を優先的に確保できたこと。また、会社の構成員には、古くからの施設園芸農家と青果市場の仲卸業を営むメンバーがおり、栽培や施設設備のノウハウに加え、量販店への販売など青果物流通のノウハウを持っていたことが大きい。温室建設以前に小規模なハウスで、自作のロックウール栽培システムで中玉トマトを試作し、養液栽培の基礎を修得すると同時に、そこからの生産物を予告

PR用に活用し現在の量販店向け販売につなげている。資金的には国庫の補助事業により、初期投資額を軽減した。



⑥今後の構想

今後もトマトが生産の中心になるが、新品目の生産にも取り組んでいく意向がある。

<最後に>

今回の事例では、資金的なバックアップがあったこと、販売面での見通しがついていったこと、人材・人脈的にも恵まれていたことが大規模経営開始のポイントであった。以上のような、大規模経営を始めるにあたっては、失敗が許されないなかで、地域の指導機関やメーカーの技術的な支援はもちろん、経営全般にわたって、各方面の専門家の協力を得て、綿密な、十分時間をかけた支援が重要である。

また、法的な規制等の点で、地域の行政での大規模な温室の事例が少ないことから、非現実的な対応を迫られることもあるので、建築確認申請、建ぺい率、消防・防火設備の基準、農地の用途変更等の手続き、不動産取得税、固定資産税に係わることなどを事前によく勉強しておくことも必要である。

施設園芸におけるフィトモニタリング システムを利用した新環境制御

中 村 泰 明*

1. フィトモニタリングシステムとの出会い

新品種や新設備の情報を得るためオランダでの展示会等にたびたび出かけることがあり、一応ヨーロッパにおける環境制御システムについての情報は比較的早い段階で入手し農場経営に役立ててきた。しかし、ヨーロッパでのシステムはすでに商社が日本に持ち込んでいるものがほとんどで、かつ、日本の高温多湿の夏そして寡日照の冬といった特殊気候にはあわないシステムばかりで魅力的なものはあまり見あたらなかった。数回目の渡欧の時偶然イスラエルにももしろいシステムがあることを知人から知らされ、その足でイスラエルに立ち寄った。イスラエルには様々なベンチャービジネスが乱立していた。ソ連崩壊により軍や国のユダヤ系の科学者の多くがイスラエルに帰国し、数人のグループでベンチャーをおこし、目新しい商品が開発されており興味を引くものが山のように存在した。フィトモニタリングを開発した会社もロシア系ユダヤ人で、もとソ連の科学者数人で作ったシャニーレイと言う会社であった。直接の開発は植物生理学のユーリー・トーン博士で、開発のいきさつや、商品の特性、応用面、さらに植物生理についてこと細かく説明を受ける機会を得た。

2. フィトモニタリングシステムとは

フィトモニタリングシステムでは温度と湿度から水蒸気圧欠差（水の蒸発のしやすさ）を計算し、さらに地温、日射、葉温、蒸散流（導管内の水の移動）、茎や果実の収縮・肥大等植物体の状態をリアルタイム（通常は10分ごと）で測定し、植物体にかかる水分ストレスを推測し、そのストレスの原因となる要因を推察するシステムである。

この中で特におもしろい機能は、横軸に水上気圧欠差、縦軸に蒸散流の相対値をとることで水分ストレス状態を推測できるというものである（図1、2）。植物を取り巻く環境が水の蒸発しやすい状態に移行すれば蒸発散量が増加し、それに伴って蒸散流量は増加する。しかし、葉温が上昇したり、根傷みや水分不足になると気孔が閉じて植物が自己防衛に入り蒸散流量が減少するわけである。この状態が続けば光合成量が減少し（炭酸ガスの吸収ができなくなる）生育不良しいては収量減さらにひどい場合は枯死するわけである。従って、水分ストレスがかからないように環境を制御したり、弱い水分ストレスを継続して与えることで、果実の糖分を上昇させたりといった篤農家的な環境制御が可能になるわけである。

これまでの環境制御は気温、相対湿度、日射を個別に測定し制御するもので、高額の制御システムを購入しても植物のコンディションを良く保つためのソフトが未発達であったために単に温度管理を行う程度にしか利用されていなかった。しかし、フィトモニタリングシステムを導入することで、環境制御のためのソフトを短期間で拾得することができ、さらに、植物体の生育にあったハード（温室や被覆フィルムもふくめて）の選択、開発にも非常に役立つこととなった。

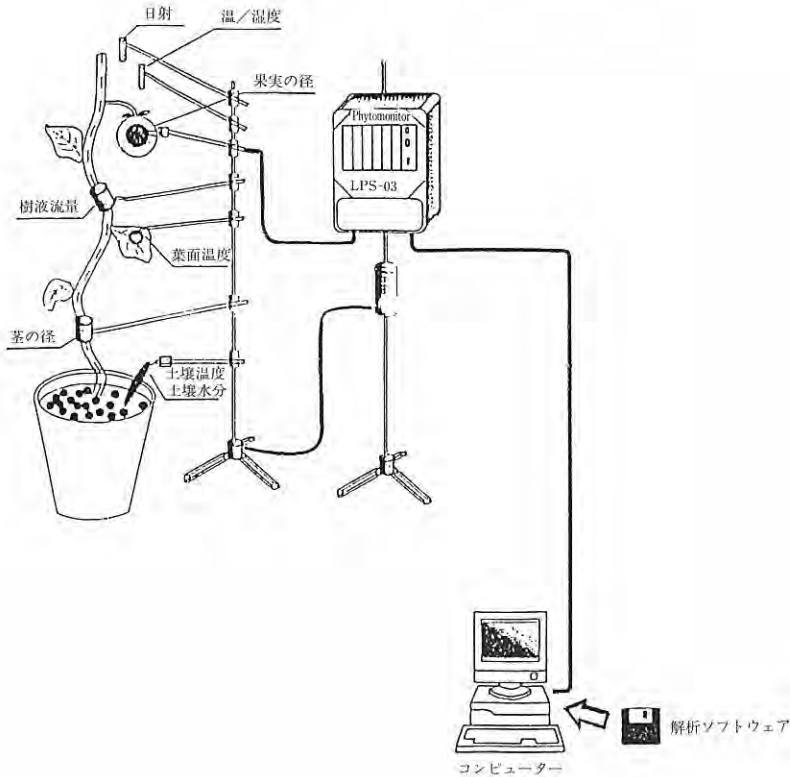
3. フィトモニタリングシステムを利用して 気づいた環境制御の落とし穴

日本人には夏は高温多湿であると言う先入観がある。実際、露地ではそのとおりかもしれないが、施設内ではこの考えが減収を招く。フィトモニタリングをセットし夏場の環境及び植物の状態をみると、意外なことに気づいた。まずは湿度である。夏場の温室内の相対湿度は50%

* (法)興里農場理事

を下回っており、しばしば30%台にまで低下していたのである。このときの気温は裕に35℃を上回っており、葉温が40℃近くにまで上昇し、樹液の流量は減少していた。35℃湿度50%というと水の蒸発のしやすさを示す水上気圧欠差は

非常に高い。こういった環境下では当然気孔は閉鎖されせっかく光があっても光合成ができない状態に陥っている。さらに、根域の水分管理にわずかなミスがあると、萎れを生じさせることになるわけである。



システム構成

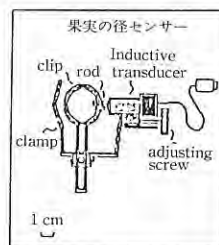
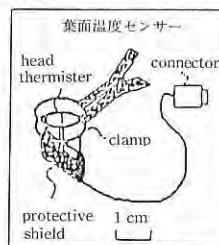
植物成長モニターステーション

植物自体の成長、土壌の環境、植物周囲の環境をリアルタイムに計測し、そのデータをコンピュータに記録します。

記録されたデータは、専用解析ソフトによって植物の診断を行う事が出来ます。

・各種センサーには以下の物があります。

- ・日射量センサー
- ・温度／湿度センサー
- ・葉面温度センサー
- ・葉面と境界の温度差センサー
- ・樹液の流量センサー
- ・茎の径センサー
- ・果実の径センサー
- ・土壌温度センサー
- ・土壌水分センサー



以上の中から測定目的に合わせてご自由にご選択いただけます。

図1 フィトモニタリングシステムの概要

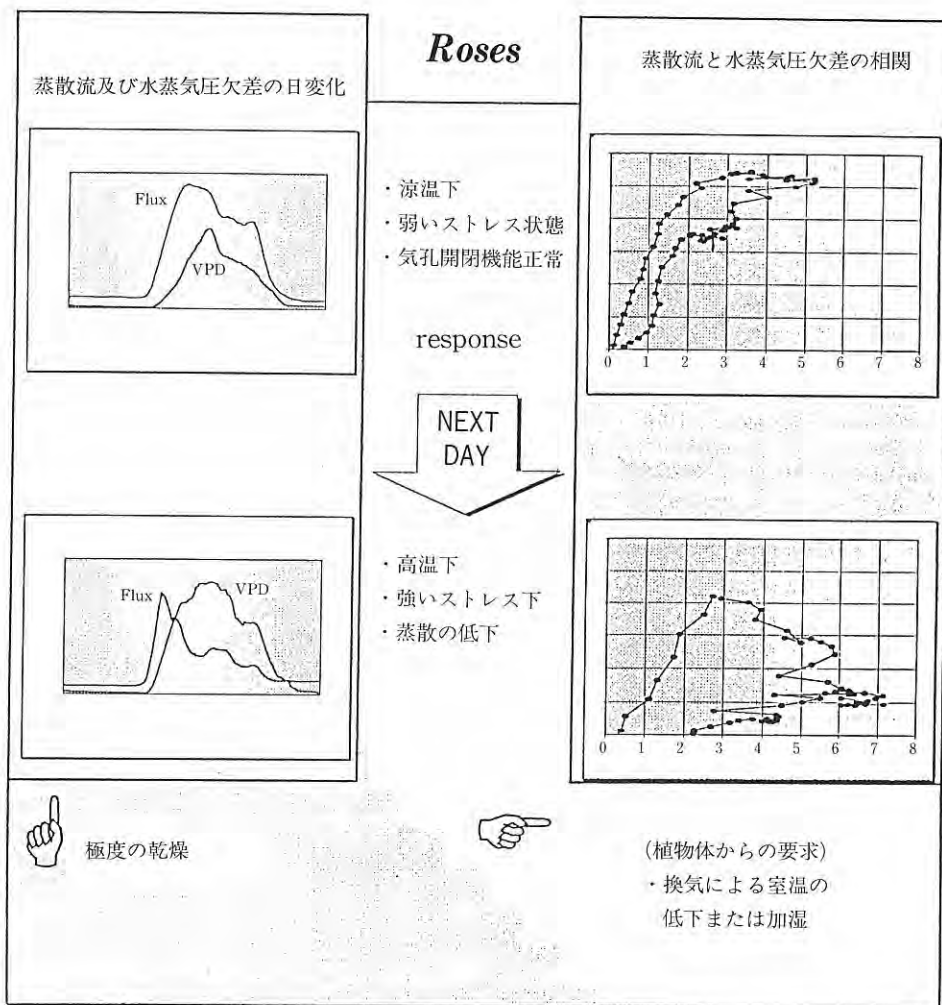


図2 フィットモニタリングシステム利用例

4. 興里式夏の環境制御

上記の過酷な夏場の環境をうまく乗り越えるため興里農場では様々な工夫と新資材の開発、探索を行った。そこで、主なテクニックと新資材をご紹介します。

1) 散乱光の利用

通常我々が栽培している植物の多くはC3植物で、光合成の光飽和点は3万ルクス程度である。真夏の直射日光は室内でも8万ルクスを越えるため、上位葉は必要以上の光を受けることになる。一方、下位葉は上位葉の陰になるために1万ルクス以下の光不足に陥っている。しかし散乱光資材を用いると光が散乱するために、上位葉の照度は低下し5万ルクス程度まで落

ち、その分下位葉の照度が上昇し1万ルクスを越える。したがって、植物群落全体の光合成量が増加するわけである(図3)。また、最上葉の葉温や花の表面温度も直射日光下に比べて8℃程度低く保つことができる(春から夏の晴天日に放射温度計で測定)。さらに、散乱光下では人間の皮膚の温度が低く保たれるので体感温度が低下し、作業性も上昇する。この散乱光を得るのに最適のフィルムが日本たばこ産業㈱から発売しているソラリックで、実際興里農場でもソラリックを展張しバラ栽培を行っているが、増収もさることながら、赤系品種(ローテローゼ)等で春先以降問題になる花卉先端の黒ずみも解消され(直射日光による焼けで黒ず

む), パートさんの作業効率も上昇している。
また, ソラリックは非常に高い引っ張り強度と耐候性を持つポリエチレン系の長期展張型フィルムで, 農ビと違って焼却時にはダイオキシンの発生が無い低公害商品でもあり, 今後の普及を期待している。

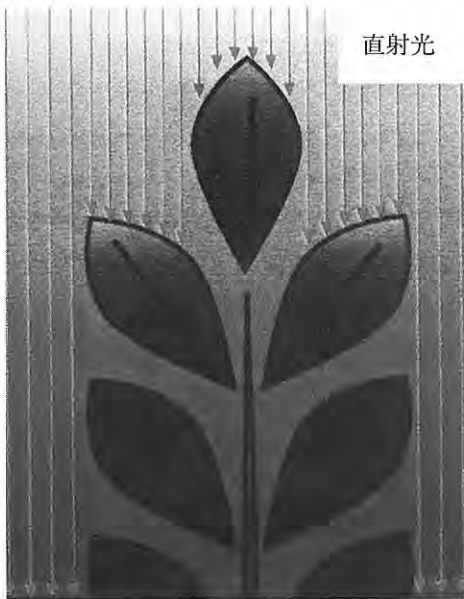


図3 直射光下と散乱光下との光環境の比較

2) 高い軒高, 遮へい物の少ないハウスの採用で夏涼しく, 光利用効率を上げる

日本製のハウスは構築物であって栽培用ハウスとは呼びがたい。おそらく, 建築の専門家が植物生理を無視して開発したためであろう。ほとんどのハウスは30~50cm 間隔でさんや柱, パイプ等がはしっている。当然これらは光の障害物となり, 植物の栽培でもっとも重要な光を遮へいしているのである。また, 軒高の低いハウスが多く, 換気効率を低下させている。しかし, 日本たばこのブライテッドは軒高(約6m)が高く天窓も大きい。さらに, 風速55m 対応にも関わらず, 柱ピッチが4m と広く, 引っ張り強度の高いソラリックを張るために柱の間も光を遮へいする構造が極力少なくなっている。当然増収のみならず作業効率も上昇するわけである。

3) 灌水ミスを起こしにくい新培養土「かるっこ」

「かるっこ」は興里農場と松村工芸(株)が共同開発した新培地で, 農業生産ではロックウールに変わる培地として好評を得ている。「かるっこ」は生け花用のフォーム(アクアフォーム)を粒状にすることで通気性と保水性をあわせ持たせた画期的培地である。アクアフォームの粒はほぼ体積分の水を含み, 粒と粒の間は常に気相として存在する。固相率がほぼ0と考えると良いので, 灌水直後の気相, 液相率が共に40%を越える。灌水直後でも気相率が高いために根腐れが起こりにくくそれかといって水持ちも良いために灌水回数をへらせる。ということで灌水ミスが低下する。ロックウールと違って低pH下でも溶解しないので好適な物理性が安定して得られる。また, 比重が0.02以下(2リットルで2g以下)と超軽量のため作業性が良い。さらに, 可燃物であるために, 最終焼却処分が可能で(ダイオキシンの発生は無い), 土壌にすき込んだ場合は微速であるが生分解する。

4) 細霧の利用

夏場過度の蒸散を押さえかつ葉温を低下させるために, 細霧冷房を導入している。細霧にはエア一圧を利用した2流式のものを採用し, 天候によって細霧粒子の径を $5\mu\text{m}$ ~ $20\mu\text{m}$ の間で調整している。



研究の紹介

平成10年度春季園芸学会の研究発表から

橘 昌 司*

今春は、園芸学会創立75周年を記念して4月3～4日の2日間、東京農工大で国際シンポジウムとポスター形式の研究発表が行われた。筆者は事情により途中で帰任したので、発表会には参加できなかった。以下は、英文で作成された研究発表要旨から養液栽培に直接関係する発表を選んで抄訳したものである（タイトルは原題と同じでないことをお断りする）。

低コストで環境に優しい養液培地の利用と評価 Jiang W.-J. ら（中国農科院・蔬菜花卉研究所）

中国の養液栽培面積は、1986年には0.5haであったのが、1997年には150haに伸びている。この間、ロックウールに代わる低コストの固形培地として、ヒマワリやトウモロコシの茎粉末、マッシュルーム培地、石炭殻等が検討され、有効性が認められている。培養液の代わりに鶏糞や化成肥料が使用できる。

ロックウール耕によるニンジンの養液栽培 Saiful Islam, A. F. M. ら（大阪府大農学部）

長さ56, 幅8, 厚さ30 (cm) のロックウールブロックをトレイに入れ、15cmの深さに培養液(35ppmN, 14ppmP, 59ppmK, その他)を与えた。ロックウールブロックに直径2.5cmの植え穴を開けると植え穴を開けなかった場合より根重が2～3倍大きくなった。

防水資材を塗布した有孔ベッド枠の通気性 安場健一郎ら（野菜茶試盛岡支場）

素焼鉢やコンクリート板枠の両壁面に防水資材（信越化学 KBM3103C）を塗布したベッド

に培養液を入れてハウレンソウとトマトを栽培したところ、シリコンシーラントを塗った素焼鉢やプラスチック枠ベッドに比べて、培養液の溶存酸素濃度が高く推移し、生育もよかった。

低速砂濾過による循環培養液の徐菌

峯 洋子ら（東大大学院）

直径30cm, 高さ2mのプラスチックパイプの底25cmに種々の粒径の礫を層状に詰め、そのうゑに平均粒径0.2mmの海砂を80cmの高さに詰めた砂濾過器に培養液を300～400 l/m²・hの流速で通すことにより、糸状菌や細菌が99.4～99.9%徐菌された。通過液のpHは原液のpHに関わらず6.8～7.5の間にあり、使用初期には高pHのためにFe欠乏症が発生した。

レタスとネギの根の内部形態と結合塩素感受性 伊達修一ら（京都府大農学部）

養液栽培の用水とされる水道水に含まれる結合塩素の毒性に対する感受性が大きいレタスと小さいネギの根の形態を調べた。根の下皮（表皮下の細胞層）や内皮細胞はレタスではコルク化していないが、ネギではコルク化しており、結合塩素によってそれが促進されたことから、コルク層による結合塩素の内部への侵入阻止がネギの感受性が小さい一要因であろう。

オゾンによる培養液殺菌とトマトの生育 寺林 敏ら（京都府大農学部）

オゾン発生器（能力：400mgO₃/hr, 250ppm）からのガスを直径30cm, 高さ2mのパイプに入れた培養液80 lに1時間通気したのち、培養液120 lが入っている循環式DFTベッドに戻

* 三重大学生物資源学部（本会運営委員）

した(1日1回)。培養液のオゾン濃度は検出限界以下であったが、糸状菌はほとんど検出されず、生育も正常であった。培養液に接種したフザリウム菌はガス処理1時間で99%死滅した。

培養液の窒素濃度とキュウリベト病の発生日 田中晶子ら(千葉大園芸学部)

窒素濃度を1, 1/2, 1/4倍とした園試処方準拠培養液で、キュウリのベト病感受性品種(プレティー)と耐性品種(ポインセット)を栽培した。プレティーでは、同一培養液でもポインセットより葉の窒素濃度が高く、培養液の窒素濃度が低いほどベト病の発生が大きかった。しかし、処理2週間後には培養液窒素濃度の影響はみられなくなった。

キュウリの自家中毒：接ぎ木苗の栽培延長効果 浅尾俊樹ら(島根大生物資源科学部)

キュウリの養液栽培では、根から分泌される自家中毒物質の蓄積によって、栽培後期に果実収量が低下する。‘聖護院青長節成’を無接ぎ木と‘聖護院青長節成’‘北進’‘青大’に接ぎ木して培養液非交換で栽培したところ、夏季の栽培では、‘北進’‘青大’に接ぎ木した苗は自根苗に比べて遅くまで収穫期間が続いた。

閉鎖型循環システムでの培養液イオン組成制御 岩崎泰永ら(宮城園試)

養液栽培は、環境負荷の軽減のためには閉鎖型循環給排水方式にすることが好ましいが、この方式では培養液組成の変動が問題になる。培地を船底型ベッドに入れた塩基置換容量15me/100gの砂壤土にすると、培養液の個々のイオン濃度、EC、pHの変化はロックウール耕におけるよりかなり小さくなった。これは土壌の塩基置換能による緩衝作用のためと考えられる。

高濃度排水再利用による1段トマトの裂果抑制 坂本有加ら(野菜茶試)

保水性シートを敷いたベッドで‘桃太郎’を1段採り栽培した(10,000株/10㎡)。給液(EC1.2)はベッド内のレベルセンサーで調節

し、オーバーフローした排水はタンクに戻した。吸水量は最大300ml/日・株で、排水量は平均して給液量の20~30%であった。収穫1週間前にタンク中の排水に原液を入れてECを5.0にした液を給液すると、裂果が顕著に抑制された。

養分供給の量的調節による NFT レタスの栽培 関本和明ら(千葉大園芸学部)

閉鎖型養液栽培技術を開発するために、レタス苗を1/2倍レタス処方培養液または井戸水を入れた NFT ベッドに定植し、これに一定量(培養液の場合で0.4, 0.6, 0.8, 井戸水の場合で0.3, 0.4, 0.5me/株)のNO₃-NとKを毎日3回に分けて与えた(N,K以外の成分濃度は各区共通)。生育は井戸水でN,Kの供給量0.3meの区で遅れたが、その他の区では差がなかった。

培養液のセレン濃度とカワミドリの内部品質 Park, K.-W.ら(韓国大園芸学部)

セレン(Se)は人や動物の必須元素で、植物にも重要性が認められている。培養液に2~8 ppm SeをNa₂SeO₄で添加してカワミドリ(韓国産のハーブの一種)を栽培したところ、生育促進はみられなかったが障害もなく、葉の精油とビタミンCは2 ppm Seで増加し、クロロフィルはSe濃度が高いほど増加した。Se吸収量は4 ppm Seまで増加したが、2 ppm Seでは人体毒性の恐れはない。

培養液組成の変更時期とトマト尻腐れ症の発生 鈴木克己ら(国際農水産研究セ沖縄支所)

‘ハウス桃太郎’を、防根シートの上に置いた不織布およびPVAチップ製吸水シートの培地に播種し、大塚液肥1号と2号をそれぞれ標準の1/4倍濃度にした培養液を3週間与えたのち、1号の比率を2号より高くした培養液に替えると尻腐れ症が増えた。また、播種後6週間以内に1+1/4(1号と2号の濃度)の培養液に替えると尻腐れ症が多くなった。

キュウリの自家中毒について



浅尾 俊 樹*

はじめに

キュウリは施設栽培における主要作目であるが、養液栽培での栽培面積は比較的少ない。養液栽培でのキュウリは、生長が速く、収穫開始が早まる一方、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。その原因については、溶存酸素不足等があげられているが、まだ不明な点がある。

一方、野菜の忌地現象のひとつとしてアレロパシーについて報告されている。すなわち、植物体から出された化学物質が自作物の生育を抑制する現象である自家中毒が引き起こされている可能性が考えられる。

そこで、本研究ではキュウリの養液栽培での生育後半の収量低下が、キュウリ根からの分泌物すなわち生育抑制物質が培養液に蓄積するため引き起こされることを明らかにし、その回避方法についても検討した。

1. 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

供試品種として、‘北進’、‘長日落合2号’、‘聖護院青長節成’および‘PI 169391’を用いた。‘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。

本葉3葉に達したとき、容量約60ℓのコンテナに3株ずつ定植し、各処理区とも供試数を3コンテナ9株とした。培養液は園試処方第1例75%標準液を用い、EC 2.0 dS/mとした。2週毎に培養液を全量交換する区および2週毎に減少した培養液を追加し、50ℓに合わせ、その際

N, P, K, Ca, Mg および Fe を基準液と同じ濃度になるように調整する区とした。

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(第1図)。追加区では着果は認められたが、子房の肥大が進行しなかったことが観察されており、このことが収量の減少につなが

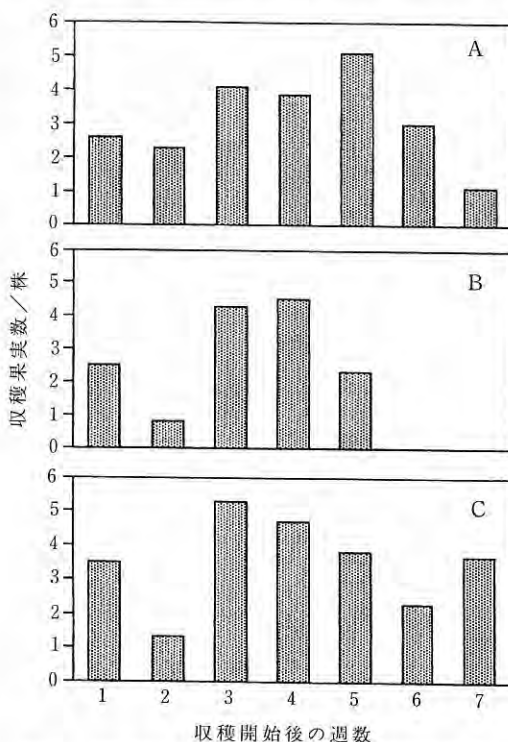


図1 ‘聖護院青長節成’の週毎の収穫果実数
培養液全量交換区 (A)
追加区 (B)
活性炭添加区 (C)

* 島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター

することにより水耕キュウリの収量低下を防ぐ方法が示唆された。

4. 活性炭に吸着された根の滲出物の分析

培養液を非交換する栽培で、活性炭添加すると果実収量の回復がみられた‘聖護院青長節成’の栽培実験で使用した活性炭の分析を行った。その結果、フェノール類が同定され、これらの物質が生育抑制物質である可能性が考えられた。

5. まとめ

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いる。培養液をリサイクルする場合、培養液中に生育を抑える物質が蓄積する可能性がある。

本研究では、水耕キュウリの培養液を交換せずに栽培すると生育後半の収量低下がみられ、培養液に活性炭を添加すると、後半の収量低下が緩和された。活性炭の分析からフェノール類が同定され、収量低下すなわち自家中毒を引き起こす原因物質であると考えられた。また、活性炭使用はコストや回収後の処理の点で課題が残るため、自家中毒の起こしにくい品種を台木に使用することで自家中毒を緩和する方法が考えられた。

今後は、環境や栽培法の違いにより自家中毒の現れ方について検討し、閉鎖系養液栽培におけるキュウリの自家中毒について研究を深めていきたい。



新製品の紹介

施設園芸用浄活水機 CASCADE (カスケード)

杉 山 由美子*

はじめに

養液栽培では特に水の善し悪しが生産性を左右するのは当然のことだが、そこで重要なのは、どういう水が植物を健全に生長させ、生産性を大きく向上させるかと言うことである。近年水質の悪化に悩む生産者は急増しているが、納得の行く水処理機器に出会えず、障害が深刻化しているケースも多い。

紹介するカスケードは、様々な産業分野で使用され、施設園芸では、専用機種が、養液栽培全般に限らず、土耕栽培・鉢物栽培など幅広く使用されている。

施設園芸に使用する水は多様（用水・地下水・水道水等）なため、従来のカスケードの前に個々の使用をしている水事情に即した前処理機（写真参考）を使用することによって多様性に対応している。

この施設園芸用浄活水機カスケードは使用している方々全員が、多くの成果をあげており、使用者の実際の成果を資料（事例集）として公開している。

1. カスケードの水の特長

11種類の天然ろ材で“大自然の水の浄化システム”を作り上げ、単に水を浄化するだけでなく、植物が本来持つ生命力を最大限に発揮させる、独特な活力を持つ水を作り出す。

①浄化：水中に溶存している物質の除去

（水中浮遊物・濁度・塩素・カルシウム・マグネシウム・鉄・マンガン等）

②活性：浸透力が優れている…きめ細かな水なので、植物体が吸収し易い

溶解力が優れている…肥料等を素早く均一に

溶かし、養液の下層にも沈殿がない

静菌性が優れている…水が腐りにくく、幾日も使用した養液もサラサラしている
消臭能力がある……ハウス内の異臭・悪臭を消して行く

2. 養液栽培での実効性

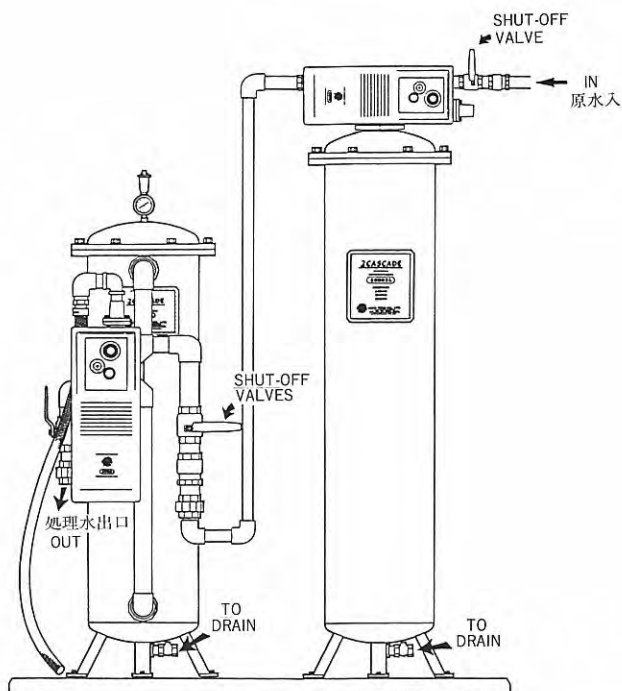
カスケードを使用した養液栽培生産者に全般に共通して現れている効果を記載する

- ① 養液が澄んでサラサラになる
- ② タンク内の汚れが付きにくく、清潔に保たれる
- ③ 肥料が均一に溶け、肥料成分吸収されやすくなる
- ④ 養液の組成バランスが安定する
- ⑤ 排水の組成バランスも安定しているので、排水も利用（半循環）できる
- ⑥ 肥料濃度に拘わらず組成バランスが安定するので、低ECから非常に高いECまで目的に応じた肥料管理がし易い
- ⑦ 根が活性化（老化しにくい）し、根量が増えて、良く発達する
- ⑧ 肥料成分をバランス良く早く吸収する（特に微量要素の吸収が良い）
- ⑨ 光合成を行なう為に必要不可欠な水と養分が効率よく十分に吸収される
- ⑩ 光合成の量が増大し、生育旺盛となる
- ⑪ 植物体が健全になり、病気や虫を寄せ付けなくなり、病虫害が激減する
- ⑫ 収穫ロスが減少する

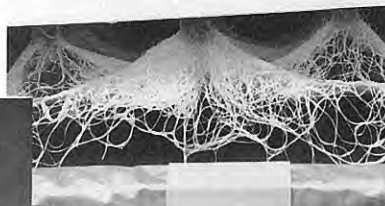
* アクアテック(株) アグリ事業部

- ・除鉄・除マグネシウムシステム
- ・養液栽培水処理システム
- ・除カルシウム・除マグネシウム

図の右側で水を濾過し、
左側で水を活性化します。



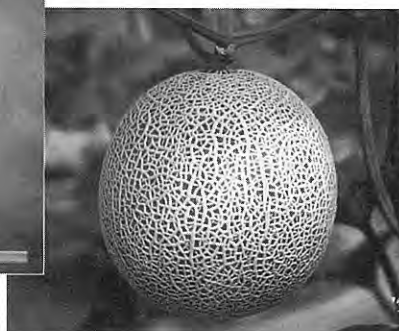
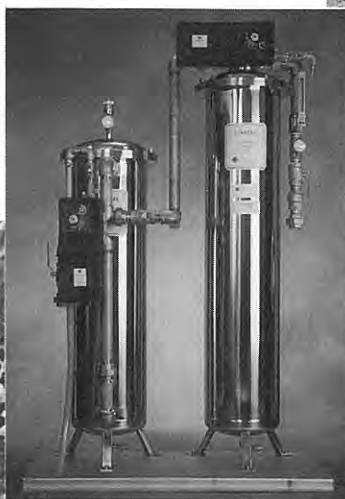
写真Ⅰ 超高EC管理による糖度
12.5度の高糖度トマト



写真Ⅱ 根量が飛躍的に増えた
ホウレン草



写真Ⅲ 樹勢旺盛な収量タイプトマト
の林立



写真Ⅳ 玉伸びにもかかわらずネット
の状態が非常に良いメロン



誌上シンポジウム

— 21世紀の養液栽培を展望する —

武市博昭*

本年2月養液栽培研究10周年のつどいのパネルディスカッションで生産者としての立場から発言する機会があった。21世紀を語る前に期待され乍ら今一つ伸び悩んで現状を総括しなければ次の展望はひらけないのではとして、(1)高コスト、(2)栽培技術面の不安、(3)デフレ下での投資意欲減退、(4)オーガニックブーム、(5)後継者不足等の農家事業、等をはじめに述べて、話題提供した。これらについては、新規参入者だけでなく、既設農家にとっても課題であると思われるので今までの経験や見聞をもとにもう一度考えを述べたい。

・コストの問題と情報交換

特に問題としたのはイニシャルコストと言われる部分である。我国には多数のプラントメーカーがあり、それぞれが独自のノウハウを持ち、アフターを約束することで発展させて来た面は認めざるを得ないが、ハウス温室を含めるとあまりにも高額に過ぎると思う。どう考えても経営的に成立しそうでない見積りを提示され断念するしかなかった生産者は少なくない。業界独特の商習慣や、今まで補助政策で行われて来た等供給側の言い分もあると思うが、広く養液栽培の将来を考える時、或はまぢかに迫った21世紀に果して通用するかどうか両者で良く考えなければならぬと思う。コスト低下について生産者に出来ることの一つに情報交換を活発にし、特に導入後の栽培指導や養液管理は、公共機関に依頼するなどして、メーカーや流通業者に迷惑を掛けない態勢を作ることがある。これは現場指導者を増やすことにもなるし、導入費に含まれるであろうあいまいな指導料的経費の削減

にもなり、コスト低下だけでなく、施設園芸全体の発展にもつながると思う。養液栽培は施設園芸全体の2%弱の現状から考えるとどこにでも指導出来る公務員が配置されている訳はないので、はじめは生産者は勿論業者側も正直に全てを公開し相談を持ち掛けることが指導者を育てる第一歩となる。両者間に信頼関係が出来る、結果的にイニシャルコストのみならず、ランニングコストの低下にもなる。これは経験上自信を持って言えるが、この中で技術情報をオープンにすることが一番難しいところである。自分の或は自社の技術が優れていて、他へもらすことは自分の首を自らしめることになると信じてとじこもってしまい気がついて見ると一番遅れていて、取り返しがつかず脱落していった例は少なくない。今一度本当に秘密にしなければならない程の技術なのか良く考えて見る必要はある。特にNFT、RWの様に新しく外国から入って来たものは、従来の意識を換えて取組むことが将来の発展につながると思う。

・社会情勢と農家の事情

生産設備に投資する時、従来の経験からあの時は高いと思ったけど今思うと安かったと言うようなことが今後もあるだろうと思い込むことは決断する時の一つのポイントになる。しかし「デフレスパイラル」などと言いだすと意欲はあっても踏み切れない。最近一部に言われた「調整インフレ」論は説得力があり正しいと思うし、景気対策として取り組んでもらいたい。その他にはオーガニックブームや、後継者の問題等数多いが、経営者が創意工夫を生かして経営努力をすることが何より重要である。

* 実家 (徳島県)

バラ切り花生産から見た養液栽培

佐野 幸一*

バラ切り花生産に占める養液栽培

まず国内におけるバラ切り花生産に占める養液栽培の概況を紹介する。1996年の農水省資料によると、養液栽培面積は226 ha で全栽培面積615 ha に対し約37%となり、その内95%はRWである。1985年に日本に導入されてから10年余で1000戸数に増加した。拡大した理由としては、連作障害対策からの回避（改植の容易さ）、規模拡大に伴う雇用労働の確保が容易（作業の単純化）、栽培方式の選択枝の増加（従来からの切り上げ仕立て方式に対し、アーチング栽培方式、ハイラック仕立て方式等が加わった）、苗の自家増殖が容易（挿し木苗、ミニプランツ等が利用増加）、後継者の確保に活路、収量収益の増加等があげられる。

私と養液栽培

昭和46年（1971）にれき耕でバラ栽培を開始して以来、当初は夏期休眠型のバラ切り花栽培だけであったが、10数年来、周年採花型と組み合わせで栽培を継続中。家族経営の領域は脱しきれないが700坪で年間約25万本の切り花を生産している。

次に現在の私の栽培方式を紹介する。

- 1) 掛け流し方式のRW耕, KK大洋興業製の灌液希釈装置による点滴灌液（220坪）
- 2) 非循環閉鎖型RW耕, タイマー制御による点滴灌液で非循環、無廃棄を実現, 10cm厚マット下部に湛水状態で栽培（25坪）
- 3) れき耕装置を活用した循環型RW, れき上面に防根透水布を敷きRWマットを置いて栽培, 灌液は散水チューブによる, 10数年, 水と肥料の補充のみで液の更新なし（310坪）
- 4) 少容量タンクによる循環型RW, 1/250勾配のRWベッドのサイドに配置したコルゲー

ト管で排液を回収（容量60ℓ）、再利用する。灌液希釈装置との併用で廃液0（ゼロ）年間肥料代坪100円を実現（140坪）。

現状における問題点

生産量の急激な増加が、バブル経済の崩壊と時を同じくして販売単価の低下を招き経営を圧迫してきている。特に初期投資及び運転資金がかかりすぎているRW栽培では、厳しさが顕著であるといえる。こうした現状では、今までのように大幅な栽培面積及び戸数の増加は無いと思われる。長引く不景気風はあらゆる消費意欲を減退させ、ますますその出口さえ遠い様に思われる。栽培している品種間による格差はあるが、卸売り市場価格1本100円以上、坪当たり売り上げ3万円以上を予定していた生産者にとって、1992年の82円をピークに下降を続ける単価は厳しい現状そのものといえる。更にそれに追い打ちをかけるように外国産のバラが急激に増加してきておりその動向にも目を離すことができない。

また、現時点で即、経営に影響する問題ではないが、マスコミで俄に取り上げられ世間を騒がしている環境ホルモンの話題も見逃すことはできないと思われる。現況ではほとんどのRWバラ切り花生産で廃液を出すことで継続可能な栽培方式をとっている。マット内養液濃度の管理が容易な方式がより安直な栽培方式であるからである。廃棄量が多いほど肥料関係業者は安泰であるし、栽培のシステムを販売する者にとっても失敗の少ない栽培方式として販売促進に有効であるからである。しかし農家にとって、それは経費の増大化だけでなく環境汚染という大罪を犯すことになることを着目すべき時となっている。大量に廃棄される硝酸態窒素等はその代表的な例である。一部の生産者はそれを土

* 実家（神奈川県）（本会運営委員）

耕用の灌水として使用することによってクリアーして考えているが、全て吸収されている筈がないし地下水の汚染源であることは見逃せない。栽培ベツト（根圏環境）を水分、酸素、イオンとそれぞれを把握してこそ栽培と言えるのであって掛け流し方式は本来、プロの農業者の選ぶべき手段ではないと考える。施設内又は限定された区域内で処理すべきものとする。RW栽培の盛んなオランダでの取り組みは、決して他人事と考えてはならない。

これからどうなるか、どうすべきか？

いつの時代でも、いかに低コストで良品を多取するかが最大の課題といえる。それには適切な養液管理技術の研鑽、即ち自己の栽培及び経営に適した施肥設計の確立に尽きる。必要なものを必要なだけ施用する。バブル経済と共に拡大したバラのRWは、養液に関する技術も育たない内に全国へと広まって行った。肥料の計算など出来なくてもRWはバラを育てることが出来ると考える生産者を多く生み出してしまっているのが現状ならば、指導機関に期待するものも大きい。更に進んで掛け流し方式からの脱却と閉鎖型循環方式への移行が養液伝染性病害の少ないバラ栽培においては、他の栽培品目に先んじて環境汚染型農業から環境に優しい農

業へ向かうことに繋がると思われる。培養液の加熱、紫外線照射、フィルター使用と現在検討されている各種の循環液処理技術の早期確立に期待を強くするものである。研究、開発に期待するだけでなく、我々自らの力で改善に努力しなければならない。私自身が現在取り組んでいる幾つかの循環方式についても、それぞれまだ改良の余地があり確立には時間がかかると思われるが、省力化の為と称して複雑なシステムを組み立てるより、平易で誰にでも運用が可能なシステムの確立をしていきたいと考えている。

施設園芸という囲まれた人工の環境をその栽培基盤としている我々は、少なくともその施設内は植物はもとより人間にとってもより良い環境でなければならない。使用する農薬も出来るだけ減らしたいし、作業は軽くてきれいで楽な方がよい。更には周囲にも悪影響を与えることなく共存できなければならない。

今後我々が求め追求していく方向は以上のような情勢をふまえ、経営する側だけに立つ技術の進展を期待するのではなく、循環型社会の構築のために寄与するものでなければならない。そこで農業の経営が出来るか、我々の器量が試される時代となるであろう。

養液栽培の経営的課題と 技術開発の方向

神田 多喜男*

I はじめに

愛知県における養液栽培は実用段階では昭和30年代後半にれき耕栽培として始まった。その後、れき耕の問題解決を図る中から水耕栽培が始まった。現在では、様々な形の養液栽培が行われている。作目としてはトマト、キュウリ、メロンなどの果菜類の栽培からミツバ、ネギなどの葉菜類、バラなどが栽培されるようになって

* 愛知県農業総合試験場農業専門技術員

ている。昭和40年代には栽培が不安定であったが、昭和50年代に入ると、徐々に安定し、現在では一つの栽培方法として確立している。ここでは、養液栽培発展のために検討すべき、経営的課題と技術開発の方向について述べる。

II 愛知県における養液栽培の状況

愛知県における野菜類の養液栽培面積は1987年に44.9haであり、県内の施設面積の2.5%を占めていた。その後、順次増加し1996年には

85.8ha になっている。施設面積がわかっている1995年には養液栽培面積の占める割合は4.6%である。全国の養液栽培面積は1993年に690.1haであり、愛知県はその内の10.6%をしめており、全国的にみると養液栽培面積が多い。愛知県の養液栽培戸数は1996年で396戸、1戸当たりの平均面積は22aである。栽培方式は湛液水耕が最も多く49%、ロックウールが29%、NFTが19%となっている。作物ではトマトが36%、ミツバが25%、ミニトマトが12%、イチゴが9%、ネギが8%などとなっている。最近では、イチゴの育苗施設や本圃にロックウール栽培が増加しつつある。なお、愛知県ではバラ栽培でもロックウールが実用的な方法としてすでに開発されている。

Ⅲ トマト栽培経営からみた養液栽培の特徴

トマトは養液栽培で栽培される作物の中でも最も面積が多く、技術的にも確立されている。そこで、トマト栽培経営から養液栽培の特徴を整理する。

経営的な特徴をみるため、愛知県下のトマト農家について平成7年度の実績を紹介する。A農家の経営主は50歳である。昭和50年からハイポニカ方式の水耕を始めている。現在経営面積は51aである。ハウスは全て硬質ビニールハウスであり、25aと26aの二カ所に分かれている。

通常の10a当たりの収量は25t程度であるが、平成7年度の収量は多く29.5tであった。売上額3,811万円、経営費2,360万円、農業所得1,451万円であった。この農家はスーパーと契約販売を行っており、3.3m²当たり25,000円となっている。10a当たりの経営費をみると、主なものは肥料費が30.9万円、減価償却費が120.4万円、水道光熱費が72.2万円、支払利息が26.6万円などである。この経営は、順次、規模拡大を行ってきており、養液栽培施設をいれた大型のハウスであっても、減価償却費は比較的少なくすんでいる。土耕栽培と比較すると、肥料費、減価償却費、水道光熱費が多いことなどに、養液栽培の特徴がみられる。

表1 対象経営の概要（平成7年度）

項 目	内 容
栽培作物	トマト（ハウス桃太郎）
施設種別	硬質ビニールハウス
栽培方法	ハイポニカ方式
施設規模	51a
労働力 家族	2.0人 雇用 5.0人
売上額	3,811万円
経営費	2,360万円
農業所得	1,451万円
栽培体系	トマト長期一作
定植日	7月25日及び8月1日 (苗は経済連育苗センターから購入)
収穫始め	9月中旬
収穫終わり	6月下旬
栽植本数(10a)	2,000本 (最終側枝を含み3,000本)
生産量(10a)	29.5t
産地規模	3戸
出荷方法	契約販売

表2 経営費の内訳（平成7年度）

費 目	養液栽培 ¹⁾
種苗費	145千円
肥料費	309
農薬費	118
小農具・修繕費	161
その他諸材料費	388
雇用労賃	723
福利厚生費	82
減価償却費	1204
水道・光熱動力費	722
土地改良費	14
支払地代	140
支払利息	266
支払保険料	86
公租公課	53
その他費用	66
合 計	4,477

Ⅳ 養液栽培の発展のための課題

1. 経営的な課題

愛知県内では、キュウリ、トマト、ナス、イチゴなど多くの作目で規模拡大を図り、優れた経営を行っている事例がある。これらの施設園芸経営を調査すると、3.3m²当たりの売上額が停滞し、また、その額は20,000円程度となっている。養液栽培による施設園芸を確立するためには、この3.3m²当たりの売上額の停滞の問題を解決することは、その発展のために重要である。その方法としては、①養液栽培によって単位面積当たりの収量を飛躍的に増大させる。②養液栽培によって極めて高品質な生産物を生産する。③契約販売など販売方法を工夫し、高価格で販売する。(A 農家はこの事例である)などが考えられる。その他には、①収量・品質の向上は望めなくても、作業環境や作業姿勢の改善によって、雇用労働力の利用を可能とし、飛躍的な規模拡大を可能とする。ことも一つの方法ではないかと思われる。

2. 技術開発の方向

養液栽培の導入の目的は、いろいろなものが考えられる。大きなものとしては連作障害の回避、作業環境、作業姿勢の向上による作業能率アップがある。しかし、養液栽培が普及する一つの要因にその技術がマニュアル化されているということがある。一般的にはこのように考えられているが、より深く技術の問題を考えると、養液栽培技術が工業技術のように完全にマニュアル化できないところに大きな問題がある。そこで、養液栽培技術の確立を図るため、つまり農業技術のマニュアル化を考えるために

は、農業技術そのものを見直すことが重要だと考えられる。

具体的に言えば、農業技術は「動植物を制御する技術」といえるが、農業技術は工業と異なり、制御する技術を組み立てるに当たっても動植物の主体性を考えた、動植物に対して謙虚な態度が求められる。つまり、制御する技術を組み立てる際に農業者においては動植物の状態、反応を捕まえる目を養うことが極めて重要になっている。この目がないかぎり、優れた技術となることはない。養液栽培の技術は、科学的な分析機器を用いて、工業と同じような生産体制を確立することを究極の目的としている。しかし、農業という「生」を対象とする産業ということをもう一度考えて、その上で技術開発に取り組むことが重要である。

V おわりに

今、農業を取り巻く状況は難しいものとなっている。それを打開する一つの革新的な技術として養液栽培が取り上げられている。それは科学的管理を導入しやすい技術である。本来、養液栽培は技術を資本によって代替することを目的としていた。それはある部分では成功したかにみえる。しかし、一方で経営者は高度な生産管理技術が要求されるようになってきている現実を十分に認識しなければならない。

時代は規模が一流であっても技術が二流であれば経営としてなりたない時を迎えている。養液栽培の一層の発展のためには、「生」をもう一度重視し、農業技術を養液栽培にあった形で捉え直すことが重要ではないかと考えている。

養液栽培に期待すること



大石 直記*

1. ツールとして有効な養液栽培

いまさら言うまでもないが近年の農業情勢は厳しい状況にある。野菜、花きの施設生産も多くの問題を抱えており、特に後継者不足は栽培面積の減少に多大な影響を及ぼしている。このような状況が生じた背景には栽培から流通、販売に至る様々な要因が複雑に関係しており、その原因を特定することは容易ではない。しかし、総じて言えるのは栽培等の技術的な個々の問題と言うより、むしろ他産業との比較においてその有利性、発展性が問われてきた結果と言うべきではないだろうか（図1）。言い換えると農業をいかに魅力的かつ発展的なものに再構築できるかどうか、今後の方向性を占う重要なポイントになると考えている。魅力と発展性のある施設生産のあり方は何通りもあると思わ

れるが、そのどれを実現するためにも養液栽培は重要なツールとなるであろう。

2. 養液栽培はまだ十分に機能していない

図2に示したとおり養液栽培は多くの優れた機能を持っている。その機能が十分に発揮された時、新たな可能性が広がってくる。例えば「連作障害回避」「栽培の平準化」といった機能が発揮されれば、誰がやっても所定の収量、品質が得られるようになる。これらの基本的な機能に関しては、これまでの技術改善によって大きな成果をあげている。しかし、最近の厳しい状況下ではこの機能だけでは経営として十分に成り立たない事例が出てきている。すなわち、土耕栽培に比べコストが余分にかかる養液栽培では、そのコストを回収するために何らかのメリットが不可欠だからである。したがって、今後

の養液栽培は「作業の省力化」「品質の制御」「環境負荷の軽減」といった機能をさらに発揮させることが重要である。例えば、養液栽培の導入によって大幅な省力化が可能であれば、大規模施設で雇用者を取り入れた大量生産を行うことができる。また、生産物の品質を制御することができれば、価格の安定化と高価格販売の可能性が開ける。さらに、肥料を垂れ流ししないですむようになれば、誰にも迷惑をかけないでより持続的な生産が可能となる。今後の養液栽培には、それらの機能

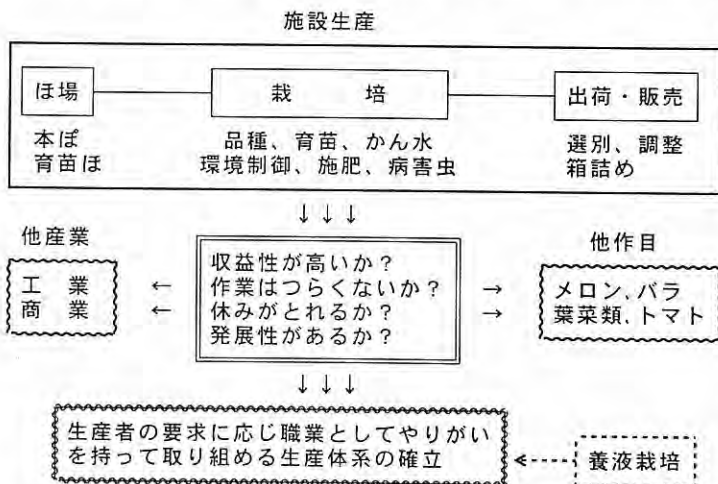


図1 これからの農業には職業としての魅力と発展性が不可欠で、養液栽培はこれを実現するためのツールとして有効

* 静岡農試園芸部（本会運営委員）

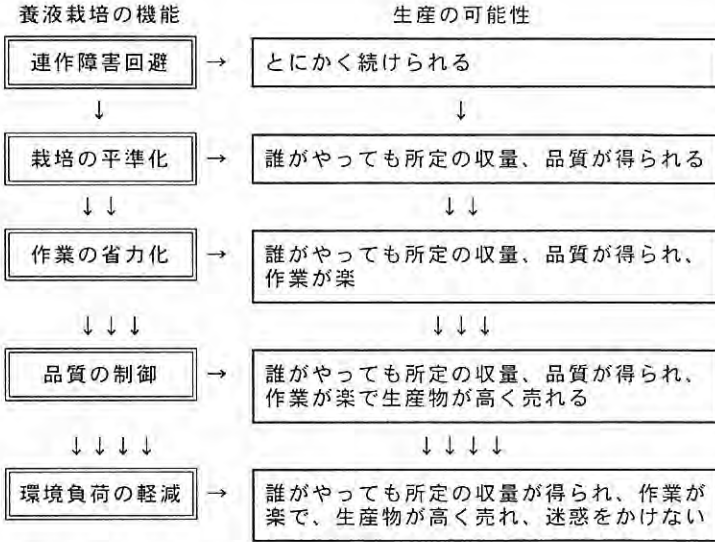


図2 養液栽培機能の活かし方次第で理想の生産体系の構築が可能

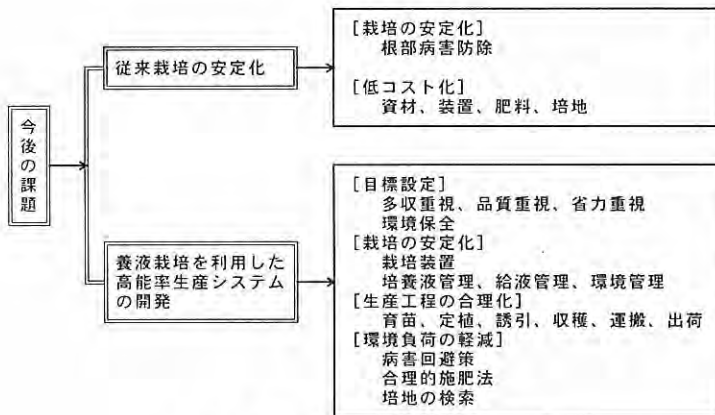


図3 養液栽培における今後の課題

を十分に発揮させるための技術開発が求められている。

3. 技術開発への取り組み方

養液栽培における技術的課題は多いが、これらを著者なりに割り切ってしまうと(a)従来栽培の安定化と(b)養液栽培を利用した高能率生産システムの開発とに大別できる(図3)。

(a)については、培養液、給液管理技術の確立によって栽培の安定化が実現した。残された根本的課題は根部病害防除対策と低コスト化であ

ろう。培養液殺菌については物理的殺菌法やフィルター技術の適用が試みられているが、実用段階に入っていると必ずしも言えない。また、低コスト化についても肥料、施設等での動きはあるが、全体的にまだ不十分である。今後、これらの課題を総合的に解決することが急務である。

一方、(b)は設定した生産目標に応じて必要な個別技術を開発するとともに、個別技術を組み合わせその目標が達成できるように組立てを図るシステム開発を示している。例えば最近日本への導入が進んでいるオランダ式のトマト養液栽培法は「大規模施設における多収獲生産」を目標に、施設構造、培地、培養液から誘引法、品種、ルール式作業車、温度管理法に至る個別技術が統一的に組み合わせられ、結果として極めて合理的な養液栽培システムが成り立っている。このような効率的なシステムを日本における諸条件(気象環境、食文化、流通特性等)、あるいは地域の諸条件(県民性、特産物等)に合わせて開発してゆくことが、

今後の日本型養液栽培の発展につながるものと考えられる。また、このような取り組みの積み重ねが、結果的に養液栽培機能を十分に発揮させることになると思われる。

4. おわりに

以上に述べた「養液栽培に期待すること」は同時に私の養液栽培に対する夢でもある。今後の技術開発に対する姿勢として「もし自分が養液栽培をするならこうするね!」というものを少しでも具体化してゆきたい。

21世紀に向けての施設園芸の課題

大 出 武 久*

1. 企業から見た施設園芸の現状

当社が施設園芸業界に参入したのは1970年からである。この間やってきた仕事は使うと便利、使うと楽しい、使うと省エネができるという利便性商品をずっと一貫して作り、提供してきた。

今振り返ってみると、始まった頃は非常に施設園芸農家は元気があって、補助金なんかあてにしないで、自分の資本を投下してどんどん面積を拡大していくような時代が続いていた。ところが、今は補助金の枠も取れないし、思うように事業展開もできない状況である。

園芸施設設置面積が五万ヘクタールを超えるまでに発展した中で施設園芸業界は多くの恩恵を受けて来たわけであるが、今我々自身が真の意味で反省しなければいけない時期にきているのではないだろうか。

それはどういう反省かというと、利便性商品をあまりに大量に供給し過ぎてきたのではないかということである。

当然、利便性商品はひとたび使うと非常に便利だから、コスト高になるということがわかっていてもどうしても使わざるをえない。それがどんどん重なって行って、どんどんコスト高になっていく。

これはもう一度我々は原点に戻って、生産農家が投資に見合った生産性をあげられるように、あるいはどうすれば再生産が可能になるかということを根本的に考えないとマーケットそのものが衰退するのだろうということを強く危機感として今感じている。

2. 日本の資材はなぜコスト高なのか

当社が自動カーテン装置をもって業界に参入

した頃、日本の施設園芸が発展していく中で今の技術だけで生き残れるかというテーマを設定し、その答えを求め続けていた。単に資材を開発して販売するというだけでは将来勝ち残れない、施設栽培の技術を持たないといけないとの考えがあったからである。昭和56年のことで、養液栽培の研究開発に着手、60年に初めてフィールドにかけた。

しかし、養液栽培研究会が山崎肯哉、堀裕両氏らを発起人として発足した62年頃は初めてマーケットに出した商品が思うように進まず、たいへん苦勞していた時期であった当時、社員は100名足らずであったが、30名ぐらいのスタッフを養液栽培システムの研究に投入しており、なんとしてもこの技術を確立するという意気込みで努力し続けた結果、今日非常に沢山の皆さんからご愛顧頂けるようになった。

徳島県の精農家で、やはり養液栽培に取り組んでいる武市博昭氏は、「日本の資材は高い」という指摘をしている。まさにそうだろうと思う。当社もダッチライトタイプの温室を実験農場に導入して、コスト調査とか建設にかかわる工数チェックを行い、データ化しているが、それを見ても明らかに日本の施設・資材は高すぎると感じる。

そこでわれわれは、これから国内の競争だけではなく海外の資材とも競争を強いられることは必死である。

競争のベースになっているのはどこなのかというと、日本の資材の中にはたとえば栽培装置を導入した後、その栽培が円滑にいくための指導に非常に多くのお金がかかっている。

ところが、いまはまだ日本にはコンサルのシステムがないし、そういうものに費用を払うと

* ㈱誠和、代表取締役

いう習慣がないので、どうしてもハードの中に入り込まざるをえない。一生懸命勉強している人は長時間にわたって指導を必要としない。そういう場合も、後の指導がコストにのっているのは不合理ではないかといった意見が導入ずみの農家の方から出てきている。ハードの中にそれにかかわる必要なものが全部のせられているのはある意味ではコスト高になっている要因でないだろうか。

今後おそらく海外の資材と競走するという形になれば、ハードはハードで競争する、栽培については汎用のソフトがあって、その汎用ソフトが非常に安いコストで手に入る。そこは第一ステップで、次のステップは、今度は自分は自分のソフトが欲しいということになると、そこからはアドバイスではなくてコンサルの世界に入ってくる。自分の技術を自分で確立するいうところでコンサルの契約をし、そこで費用を払うという形になると、まったく違う姿になってくるだろう。いずれその時期はくるのではないが、しかも、案外早くくるような気がする。

3. トータルシステム構築が課題

そのハード屋が行うべき仕事とは何かというと、建物の強度がどうかといったことであり、生産性を上げるためにはこうでなければといった理論武装がされていない。

必然的に農家の注文が優先していくということから、どうしても合理化された温室なりハウスにならない。

ソフトをきちんと確立して、でき上がったソフトに屋根をかぶせるという感覚になれば、まったく違った形になってくるのではないか。そういう意味でこれからはコスト意識を変えていかなければいけないのではないだろうか。

そうした考えに立って私どもはお得意先であるハウスメーカーなり温室メーカーにでき上がった商品を提供するのではなくて、ハウス、温室設計にあたって積極的にコストダウンの提案をはたらきかける動きを始めたと思う。

ハウス、温室の強度部材とわれわれが必要としている機能部材をうまく共用させられれば、相当大きくコストダウンを図ることは可能だし、組み立てのための工数も大幅に下げられる

だろう。

おそらく単独で取り組んでいったのでは限界があるのではないか。システム全体をそれぞれにかかわる企業が情報交換しながら取り組んでいかなければならない時期にきたと判断している。

4. 21世紀の養液栽培の位置づけ

当社が高収益のトマト生産技術を確立しようということで養液栽培システムに取り組んで8年になる。672平方メートルのダッチライト温室を4ブロックに分けて、3段階の密植栽培をやっている。これはある時期だけ作るということではなくて、スタートしたら一年中切れることなく収穫し続けるというスタイルで年間約十回転する。上下二段の栽培で、育成期は日射条件が良い上段に置き、熟成期は下段に下ろす。

当然、養液は育成期は新しいものを使い、上で排液した養液は熟成期にある下段へ全部吸収させていくという形で外への排液は出さないというクローズシステムの考え方である。要するに養液は再利用して、条件が悪くてもよいところで使いきってしまうという考えである。これだと培養液の量も非常に少なくてすむし、いまの通常おこなっている育苗用キューブで三段階の栽培ができてしまう。

年間総収量は10アール当り50トンに到達した。ただし、販売可能数量はいまの市場条件が厳しいために、出荷できる量は40トンである。そのギャップ10トンはどう販売可能数量に近づけていくかという努力をしているところである。害虫には天敵を用い、殺虫剤は使用していない。

天敵の活用については非常に難しさがあって、天敵の量を多くすると寿命がつかまってしまいうるか、要は餌がなくなってしまうで死ぬ。そこで、栽培作物以外に天敵の寿命を延ばすための餌を供給するということで、通常の1.5倍ぐらいまで寿命を延ばせるようなソフトが確立できた。

このトマト養液栽培システムが少なくとも販売可能数量50トンの領域に達したところでマーケットへ下ろしていきたいという考えで、いま仕上げの時期にきている。

施設園芸の展開方向と養液栽培

新 本 英 二*

1. わが国の施設園芸の発展経過と現状

わが国の施設園芸が本格的に発展したのは、戦後になってからであるが、所得の向上に伴う消費の周年化等を反映した昭和40年代以降の発展は著しく、昭和35年当時5千ヘクタールにも満たなかった園芸施設の設置面積が、平成7年には5万ヘクタールを超えるまでになった。また、その間に石油危機を経て、二層被覆、複合環境制御といった省エネ技術や、養液栽培のような新たな技術が実用化されてきた。

昭和50年代以降をみると、厳密には施設園芸には分類されないものの、雨よけ栽培やトンネルといった簡易な施設化が進んだが、現在、簡易施設化は一段落し、頭打ち傾向にある。また、同時に進んだコンピュータ制御等の最新技術を取り込んだ施設の高度化は、現在も順調に進みつつあるが、なおその全体に占める割合は小さく、養液栽培も年々増加し、平成7年では762haとなっているものの、面積シェアとしてはわずかな状況である。

水耕栽培面積の推移

(単位: ha)

	野菜	花	計
平成3年	435	63	498
5年	539	153	691
7年	541	223	762

他方、施設園芸農家戸数は、昭和60年頃をピークにやや減少傾向にあり、近年の施設園芸面積の拡大は、農家の減少を上回る速度で進む一農家当たりの施設面積の拡大によるものとなっている。

農家1戸当たりの園芸施設の規模は、順調に拡大しており、昭和45年から平成7年までの間に、露地野菜の作付け面積の規模は1.4倍にしか拡大していないが、施設野菜は2.5倍に拡大している。

2. わが国の施設園芸の抱える課題

順調に拡大してきた施設園芸も、近年では施設園芸農家数が減少に転じており、大きな転換期にあるが、その要因としては、労働過重の問題が大きいものと考えられる。

施設園芸の中心であるトマト、きゅうり、いちご等の果菜類生産における労働のピークは収穫作業にあるが、その機械化は進んでいない。このため、施設園芸農家は、他の農業分野に比べ長時間労働を強いられており、更に、施設内は高温多湿の状態に置かれており、労働環境も厳しい状況にある。このような労働過重が主な原因で、施設園芸は収益性が高いにもかかわらず、いちご等の品目で栽培面積が減少していると言われている。

このような中で、施設園芸の省力・快適化を早急に実現していくことが求められているが、このためには、軒高い施設の導入による作業性の改善、自動カーテン装置・環境制御装置等による温度管理等の自動化、養液栽培の導入等による園芸施設の高度化が求められている。

3. わが国の施設園芸の将来展望

わが国の施設園芸は、以下のような有利な点があり、今後、さらに発展する可能性を秘めている。

- ①収益性が高いこと等から、他の農業分野に比べ、多くの新規就農者がいること。
- ②品目により異なるものの、家族労働を前提にした場合には、最大の経営規模は5千m²程度と考えられることから、経営耕地面積の不

* 農林水産省農産園芸局野菜振興課

足が規模拡大の制限要因とはならない場合が多い。

このような利点を生かすためには、今後も規模拡大を進めるとともに、上に述べた課題に対応できるような施設の高度化を進める必要がある。施設の高度化を進めるためには、現在の割高な建設コストの低減を図るとともに、高度な施設に見合った新たな生産技術を確立する必要がある。また、投資に見合った安定的な所得を確保するためには、消費ニーズを的確に把握

し、これに対応した契約的取引等の販売戦略が求められる。

なお、環境問題に対する国民の意識が高まりつつある中で、農業についても環境にやさしい生産の推進が求められている。また、消費者の健康、安全志向の高まりの中で、食品の安全性に対する関心も強くなっている。こうした環境、安全といった面にも十分配慮した施設園芸の展開が求められる。



海外文献の紹介

無土壌培地への粘土の添加は温室作物の生長を促進し収量を高める

Clay Addition to Soilless Media Promotes Growth and Yield of Greenhouse Crops
David L. Ehret, Bernie J. Zebarth, Jim Portree and Tim Garland (1998) Hort Science 33 (1): 67-70.

北アメリカ、ヨーロッパでは温室野菜・観賞植物を主に無土壌栽培で育てている。土壌の主成分である粘土は、水耕栽培の培地に用いられていないが、水耕装置に粘土やゼロライトのような大粒子の鉱物を加えると培地のカチオン交換容量が高められることによって植物の生育が促進されることが知られている。また、カナダのブリティッシュコロンビア州では安価で高収量が得られる培地としてオガクズ培地の利用が普及しており、北アメリカの他の地方やヨーロッパではその利用に関心が高まっている。そこで、オガクズ培地に粘土を加えることによる植物の生育に及ぼす影響について検討した。

粘土としては非膨潤性緑泥石雲母粘土 (non-swelling chlorite mica clay) <0.3mm, オガクズとしてはググラスモミとアメリカツガの混合オガクズを用いた。培養液濃度はmM単位として NO_3^- :14.5, PO_4^{3-} :1.5, K^+ :4.9, Ca^{2+} :5.5, Mg^{2+} :2.7, SO_4^{2-} :2.7また、 μM 単位として

Fe^{2+} :18.8, Mn^{2+} :5.5, Zn^{2+} :0.9, Cu^{2+} :0.2, B :18.8, Mo :0.1であった。PHは5.5-6.0, ECは1.5-1.8dS/mであった。キュウリは28lのオガクズを詰めた袋で栽培し、粘土を培養液に0, 1, 5, 10g/Lとなるように加え毎日灌漑することによって培地に粘土を加える方法と移植前に粘土をオガクズに0, 4.3, 10.7, 21.4, 42.8g/L直接添加する方法で実験を行った。ゼラニウム、ハウセンカでは、前者の方法でポットに詰めた培地に粘土を添加した。

短期間栽培のキュウリ(0, 1, 5, 10g/L)では粘土の濃度の増加に伴い収穫果実数は多くなり、1個体当たりの成熟果の総新鮮重も増加した。また、未成熟果の新鮮重には粘土濃度の影響は小さかった。長期間栽培のキュウリ(0, 4.3, 10.7, 21.4, 42.8g/L)も同様な傾向を示した。ゼラニウムとハウセンカでは粘土濃度が高い処理区で花数が増加した。ゼラニウムでは花の新鮮重と地上部の新鮮重・乾物重が増加し、粘土を加えた区では葉脈間クロロシスの発現が防止された。オガクズに粘土を加えることにより、マトリックスポテンシャル-1~-100kPaにおいてオガクズの含水量と培地の仮比重は増加したが、孔隙率、空気率、CECは変らなかった。

(名城大学 村瀬美智子)



－ いわゆる養液土耕について －

－ 養液土耕の考え方 －

概念－いわゆる養液土耕について

加 藤 俊 博*

はじめに

現在施設園芸においても環境に負荷が少なく、持続的な環境保全型生産システムの確立が求められている。「養液土耕」栽培システムが養液栽培の第4の波として、野菜、花き農家の熱い関心を集め、全国的に展開し普及しようとしている。生産性の向上、高品質化が可能で、かつ、低コストで省力化でき、しかも環境問題をクリアできる新しい生産システムとして期待されている。連作障害対策、施肥管理の手間やわずらわしさおよび重労働からの回避、さらには快適な労働環境作り等の課題をかかえる施設園芸農家にとって、「土の良さ」を生かし、養液的栽培を行う灌水同時施肥システム「養液土耕」が魅力のある生産システムとして施設園芸農家の関心の高まるのは当然である。

養液土耕とは－養液土耕の概念－

「養液土耕」とは点滴養液土耕栽培のことで、点滴灌水（ドリップチューブの利用）により、土壌のもつ機能（緩衝能）を活かしながら、「作物の生育ステージに合わせ、作物が必要とする肥料・水を吸収可能な状態－液肥－で、リアルタイム栄養診断、土壌溶液診断を利用して過不足無く与える栽培方法」のことである。海外では施設園芸において「ファーターゲイション・灌水同時施肥」が古くから行われているが、イスラエル等の水の貴重な国ではドリップを利用した灌水施肥栽培－ドリップファーターゲイション（点滴灌水同時施肥栽培）が行われている。

* 愛知農総試山間農業研（本会運営委員）

栃木農試花き部の岡部らは、この施肥管理法・生産システムを養液土耕として実用化を図った。この養液土耕栽培システムは図1に示すように点滴灌水により、必要最小限の養水分を供給し、根域を深さ25cm程度に制限するため（作物によってはこれより深くする）、任意に養水分をコントロールすることが可能で、生育コントロール、草勢コントロールすることが容易である。一定量の養水分を、少量ずつ1日当たりの灌水量を何回にも分けて与えることにより、養水分が地表より25cm程度に均一に浸潤し、ここに細根が集中して発達する。又、養液土耕栽培は基本的には基肥無しで追肥主体の施肥とするため、作物の定植後の活着は良好で根系の発達もよく、養分の過不足によるストレスと水分の過湿・過乾によるストレスは少なく、しかも、セル苗等の幼苗でも過繁茂とならず草勢コントロールは容易である。

これに対して、灌水施肥システムは、点滴灌水に限らず均一な灌水チューブ等を利用して、またリアルタイムな土壌診断、栄養診断を活用して効率的な灌水同時施肥を行う栽培システムである。根域は必ずしも25cm程度に制限せず、養液土耕よりも深くして、生産力の向上を図る。従来からある土耕の液肥施用栽培と異なる点は、養水分供給を土壌水分、気温、日射量などのデータをもとに、自動化・システム化することと、リアルタイム土壌診断・栄養診断を利用したリアルタイム施肥管理法であることである（図2）。

この灌水施肥栽培についてはすでに花きのカーネーション、バラ等の切り花で導入事例は多く、全国的に普及し、施肥量の節減と高品質生産を実現している。

ところが、従来の施設園芸における慣行施肥体系では、畜糞堆肥、有機質肥料、化成肥料等に由来する塩類集積が顕著なため、塩類集積対

策が欠かせない。また、従来施設園芸ではノズル灌水、チューブ灌水を用いて、経験的判断により、一度に多量灌水（数日分）して、灌水間隔で調節してきた。そのため土壌条件によっては養分の流亡も少なくない。しかも、灌水除塩、排土客土、クリーニングクロップの利用等塩類集積対策無しには生産力の維持向上ができない。

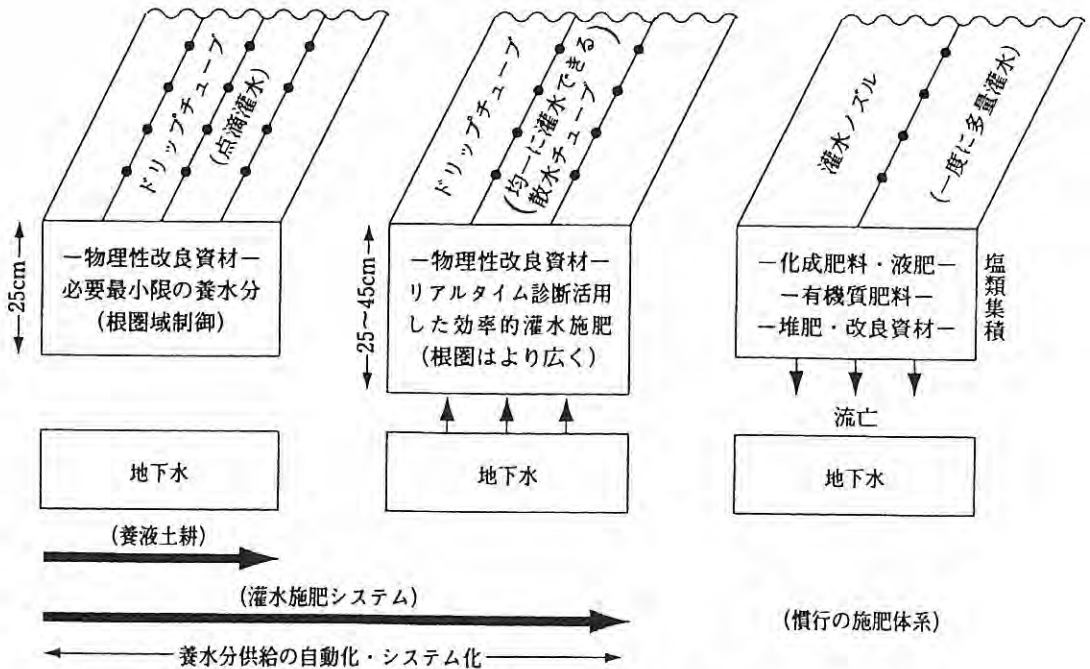


図1 施設栽培における灌水システム・養液土耕の概念（愛知農総試・加藤）

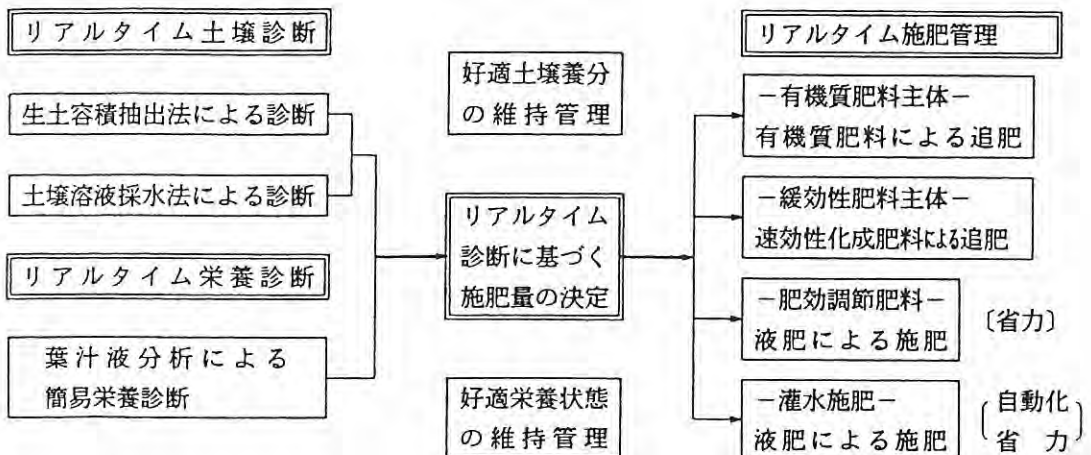


図2 リアルタイム診断を活用した効率的施肥（愛知農総試・加藤）

勘あるいは経験的な判断による施肥では、必要以上に施肥する場合が多く、適正な施肥はなかなか困難である。そこで、効率的かつ適正な施肥を行うため、積極的な施肥診断・栄養診断を行い即、その診断結果を活用して、追肥の量、時期の決定に役立てる。すなわち生産現場で簡便な手法で行う「リアルタイム土壌溶液診断」、「リアルタイム栄養診断」により、作物の生産性及び品質の向上に積極的に結びつける施肥管理法として適する灌水施肥システム・養液土耕栽培が、21世紀に向けて環境調和型の生産システムとして期待される。特に、養液土耕は点滴灌水を利用して、施肥量及び灌水量をより節減し、塩類集積を回避し、かつ作物の吸収特

性に合わせて効率的な施肥を実現できる持続的生産システムとして早急に技術確立する必要がある。

おわりに

大規模経営に適し、比較的導入コストも安く、システム化、自動化が図られ、低コストで、省力化・生産性の向上・高品質・均一生産を可能とし、かつ、環境に負荷を与えない環境調和型の生産システムとして期待される点滴養液土耕栽培——養液土耕——をより安定させ、さらに普及させるには、試験研究、メーカーによる技術確立だけでなく普及、行政、農業団体等関係機関の支援が必要と考える。



海外文献の紹介

循環式養液栽培トマトの培養液から単離されたバクテリアによるフェノール物質の分解

B. Waechter-Kristensen, P. Sundin and P. Jensen. 1994. Degradation of phenolic acids by bacteria isolated from hydroponic tomato culture with circulating nutrient solution. *Acta Horticulturae* 381: 611-614.

1997年よりスウェーデンでは、環境汚染防止のために温室からの培養液廃棄が制限される。閉鎖系養液栽培の普及がすすめられているが、培養液中に有機化合物や微生物が蓄積したり、植物病原菌の拡大が懸念されている。培養液中に蓄積される化合物の中でフェノール物質が特に注目されている。そこで、本実験では、*p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid および caffeic acid が培養液から単離されたバクテリアによって減少されるか検討した。

トマトを5ヵ月栽培した後の培養液からバクテリアの単離を行った。次に、単離されたバクテリアを48時間純粋培養し、フェノール物質(50 μ mol *p*-hydroxybenzoic acid および caffeic acid)を含む培地に添加し、暗黒下で22℃、72時間攪拌しながら培養し、フェノール物質の濃

度を測定した。

培養液から32菌株(84%グラム陽性、16%グラム陰性)が単離された。72時間培養後、培地のフェノール物質濃度は低くなり、*p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid および caffeic acid はそれぞれもとの量から平均40、30および80%減少した。

培養液から単離され、純粋培養されたバクテリアを使用した場合、前実験で行ったような培養液を使用する場合よりフェノール物質の減少率は低かった。このことは、フェノール物質が複数の微生物により最も効果的に分解されることを示している。閉鎖系養液栽培でのフェノール物質の濃度は、おそらく環境にいる微生物によって比較的低いレベルに保たれている。しかし、低濃度のフェノール物質であっても植物に悪い影響を及ぼすらしい。したがって、培養液中のフェノール物質など植物の生育を抑制する有機化合物の種類や濃度を知ることは、閉鎖系養液栽培での作物生産において重要である。また、そのような物質を消費する微生物は、閉鎖系養液栽培を行う上で重要な働きをすると思われる。

(島根大学生物資源科学部 富田浩平)

ドリップ・ファーターティゲーション について

ガディー・ゴールドスタイン*

1. はじめに

ドリップ・ファーターティゲーションの考え方を当社のエコ・システム“A&G ファーターティゲーション・システム”を例にとりて説明したい。なお A&G ファーターティゲーション・システムには土耕，非土耕用両方に適用可能であるが，今回は土耕用に絞った。

2. ドリップ・ファーターティゲーションとは：

ドリップ「点滴」とファーターティゲーション「ファーターライザー＋イリゲーション＝肥料＋灌水」を結びつけた養液点滴灌水の意味である。

A&G ファーターティゲーション・システムはセンサーとコンピューターによる24時間自動制御によるハイテク養液点滴灌水である。更に A&G では土耕用のものを A&G ソイルファーターティゲーションと称している。

3. ドリップ・ファーターティゲーションの考え方

点滴された養液灌水は地表面から下方及び外側へ浸透していく。そして植物の根域の周りに円錐型の湿った土壌を作る。この円錐状の湿った土壌の大きさ，形は，点滴量，点滴時間及び土壌の性質によって変わってくる。

他の条件が一定であれば，“より重い”土壌の場合は浅くかつ広い円錐状になり，その浸透力は毛細管現象であるのに対し，“より軽い”土壌では水の動きは主として重力により，円錐形はより狭く且つ深くなる。（図1）

原理的に点滴灌水での養液灌水の分配パターンは三つの相を形成する。

- (1) 転 移 相：点滴源あるいはその周辺近くで水で飽和し，空気量が少ない相。
- (2) 湿 潤 相：転移相の外側に形成され，主として根が発達する相，この

中では水は毛細管現象と重力によって広がって行く。

- (3) 湿潤前面：水の量は点滴源から離れるに従って減少し，空気相は改善される。最終的に湿潤前面で水分は土壌の初期水分と同じになる。

植物の主根帯は円錐の内部に伸びて行きその範囲は限定される。それにも拘わらず収量は他の方法に比較して増大する一方，水と肥料の節約になる。この理由は円錐形の内側では生育条件が最適で，水と肥料が植物にとって利用しやすい状態にあるからである。円錐形の内側の最適湿潤条件は水及び肥料の適量且つ頻度高い供給から得られ，また土壌中の好ましい通気条件を与えこれは植物の適切な生育にとって重要な因子となる。

これらが養液点滴灌水の特性と言える。

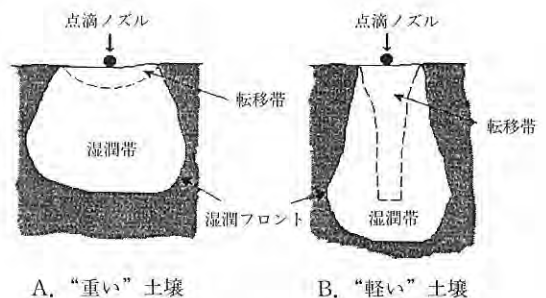


図1 点滴源からの養液灌水の土壌への分布

4. ドリップ・ファーターティゲーションの利点

- 1) 土中水分と空気のバランスが植物にとって最適に保たれ，同時に養液点滴灌水される植物はすべて，必要な空気と水を同量ずつ与えられる。

* (株)A&G コンサルタント代表取締役

- 2) 肥料と水は、生育段階に応じた正確な必要量が植物に与えられる。
- 3) しかも、毎日供給されるから、植物は必要量の肥料と水を正確に過不足なく毎日摂取して行く。
- 4) 水は土中水分センサーから、コンピュー

ターにデータが送られ、最適量の水分が植物に供給される。

- 5) 植物は、生育期間中必要量の養分のみを与えられるから、摂取が容易で、その他の全エネルギーを施三「果実、野菜、花」にむけられるので、素晴らしい結果が得られる。

5. A&G ドリップ・ファーターゲーション・システムの機器構成

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. 水量計 | 8. マイクロスプリングラー |
| 2A, 2B 電磁弁 | 9. ドリップライン |
| 3A サンド・フィルター | 10. ポットドリッパー |
| 3B スクリーン・フィルター | 11. マットテーブル灌水 |
| 4. 水圧計 | 12. 土中水分・温度センサー |
| 5. 灌水コンピューター | A, B 液肥タンク |
| 6. 避雷装置 | A1, B1 液肥混入ポンプ |
| 7. ポンプ | |

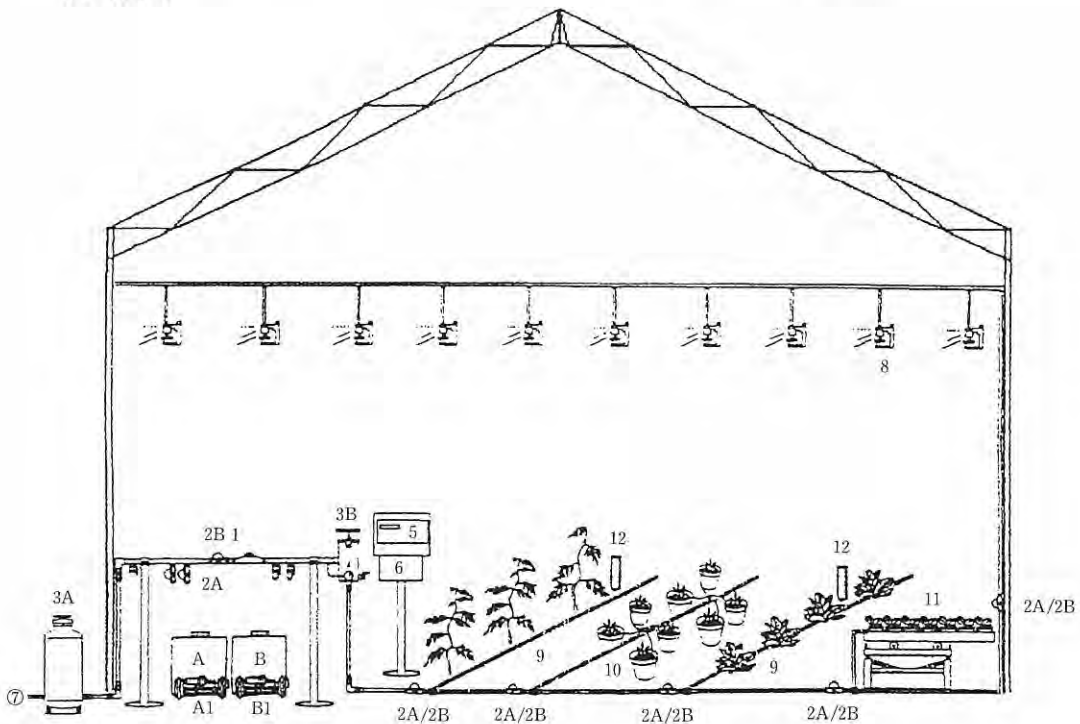


図2 A&G ファーターゲーション・システム概要

6. ドリップ・ファーターゲーション・システム構成主要機器詳細

1) A&G 灌水コンピューター

- ・ 施肥と灌水量を電磁弁毎に設定する。
- ・ 電磁弁毎に異なる時間で施肥・灌水をスタートさせる。

- ・ 灌水開始時刻や灌水の中止をコンピューターが判断する。
- ・ 各電磁弁毎の施肥と灌水量のデータはすべてコンピューターに蓄積される。
- ・ 各センサーからのデータもコンピューターに蓄積される。

図 5 に閉塞危険を示す水質分類の例を示す。

A&G コンサルタントでは次のような各水質に応じたフィルターを提供している。

図 5 ドリップ・イリゲーションにおいて閉塞危険を示す水質分類

閉塞要因	閉塞危険		
	少ない	普通	大きい
物理的要因 懸濁個体 *	< 50	50-100	>100
化学的要因 pH	<7.0	7.0-8.0	>8.0
溶解個体 *	<500	500-2,000	>2,000
マンガン *	<0.1	0.1-1.5	>1.5
総鉄分 *	<0.2	0.2-1.5	>1.5
硫化水素 *	<0.2	0.2-2.0	>2.0
生物学的要因 バクテリア菌数 **	<10,000	10,000-50,000	>50,000

- ・ 井戸水等に含まれる微細な砂を取り除くサイクロンフィルター
- ・ ステンレス製の網目でゴミを除去するスクリーン・フィルター
- ・ 砂を使用した多目的フィルターで、農業用水、川や池の水処理用のサンドフィルター
- ・ 鉄、マンガン除去フィルター
- ・ カルシウム除去用フィルター

4) 各種センサー

肥料と水を必要な時に、必要なだけ与えることがドリップ・ファーターイゲーションの目的であるので、その基礎になる現状の把握をオンラインで各センサーからの情報によって行う。

5) 肥料混入器

ドリップ・ファーターイゲーションの利点の一つに必要な時に、必要なだけの肥料を与えることであり、このためにも肥料混入器の性能が大切である。

A&G コンサルタントはこの目的に対応する肥料混入器を用意している。

- ・ WP-10型, 60型

水の圧力で作動するダイヤフラム式、小型肥料ポンプ、構造簡単、且つ安価。

- ・ ダビデ型 比例配合フィーダー

外部エネルギー源を必要とせず、水力モーターが配合ピストンを作動させ、配合ピストンは肥料を肥料タンクから正確な量を吸い上げる。このフィーダーは同時に異なる肥料を 4 種類まで配合することが出来る。

配合器の能力は型式によって異なる。

(下表参照)

6) その他

据え付け作業の簡素化、配管の耐候性のために配管及びその接続部にポリエチレンが使用される。

形式	灌水流量	配合流量
H-301G	30 - 750L/時間	0.2 - 2.5L/m[0.02-0.25%]
H-302G	60 - 2,000L/時間	3 - 10 L/m[0.2-1%]
H-305G	500 - 5,000L/時間	1 - 5 L/m[0.1-0.5%]
H-308G	500 - 8,000L/時間	
H-312G	700 - 12,000L/時間	
H-325G	100 - 25,000L/時間	

7. ドリップ・ファーターションの計画 に際し必要な検討項目

- 1) 地形図
- 2) 設備のレイアウト
- 3) 気候
- 4) 土壌の種類
- 5) 植え付け植物
- 6) 水源「種類、圧力、供給能力、水質」
- 7) 労働力

8. ドリップ・ファーターション・システム導入の効果

- 1) 省力化
元肥と生育に応じて追肥を施す必要がない。作物の生育ステージに応じ、各紙センサーとコンピューターが常に最適の施肥・灌水を行い毎日の作業が大幅に軽減出来る。
- 2) 従来の土耕感覚で栽培出来、失敗がない。長年の経験を生かせることが出来る。
- 3) 栽培、管理の均一化がはかれる。
養液点滴灌水はコンピューターで管理されるので、ムラがなく、大規模の栽培でも施肥・灌水が均一になり、生育のムラがなく、規模の拡大が容易である。
- 4) コスト削減が出来、また、連作障害も回避出来る。
センサー等により常に施肥・灌水をおこなっており、肥料のコストも大きく削減出来る。しかも、過剰養分の集積が起こらず、連作障害が避けられる。
- 5) 環境汚染が少なくなる。
施肥・灌水の適正化により土壌の汚染が少なくなり、また、植物が健全に生育することにより、病虫害の発生が大幅に減り、農薬の使用が大きく削減される。
- 6) 品質の向上と収量アップが実現出来る。
施肥・灌水のコントロールにより、収量が大きく増加する。品質的にも高糖度で、

しかも、ビタミン等の含有量が高く、美味しく健康に良い、高付加価値の栽培が可能で、収益の増大が期待出来る。

- 7) 大多数の作物の栽培が可能である。

幅広い適用作物のそれぞれに施肥・灌水栽培マニュアルが用意されている。

9. A&G ファーターション・システム導入の概算コスト

本システムの導入コストは圃場の規模、顧客の要求レベルによって変わるがその一例を示すと

- 1) 菊等の温室での場合
 - ・ 300坪程度で、坪当たり、3,500-5,000円が目安である。
 - ・ 1,000坪以上になると、坪当たり、3,000円目安となる。
- 2) 野菜栽培の場合
 - ・ 300坪程度で、坪当たり、3,200-4,000円めやす。
 - ・ 600坪程度で、坪当たり、3,000-3,500円目安。

10. ドリップ・ファーターション・システムの今後の課題

ドリップ・ファーターションは非土壌栽培にはかなり普及してきたが、土耕の持つ利点とドリップ・ファーターションの持つ特性を十分に活用することで一層の効果が期待できるので土耕分野での今後の普及が期待されている。

そのためには第7項で述べた計画に際して必要な検討項目を充分につめておくことが大切である。

一方メーカーサイドとしての課題は

- 1) 計画に対する具体的検討マニュアルの支援。
- 2) 使い易いシステムの提供。
- 3) 導入しやすいコストでのシステムの提供。

養液土耕栽培の現状について

大 岡 信 夫*

I. はじめに

施設栽培は、食生活の多様化や高度化、外食需要の増加等を背景とし安定生産、安定供給を目指して順調な発展を遂げ、一戸当たりの経営面積も増加を続けている。

一方では、各地で養分の過剰蓄積や不均衡による生理障害、土壌劣化の打開策が大きな問題となっている。更に、近年は輸入農産物の増加、作物価格の低迷による生産意欲の低下、環境に配慮した LISA 農業の確立など取り巻く環境は厳しい。又、高齢化の進行、後継者不足、新規就農者不足は 5 年後、10 年後の産地の維持を極めて厳しいものにしており、意欲の有る生産者の『ゆとり』を持った規模拡大、平準化されたシステムによる新規就農の奨励、省力・軽作業化による高齢者の支援は益々重要度を増して来ている。

II. 養液土耕栽培とは

土壌の持っている良さを活用して、

作物の生育に合わせ、

必要な時に、必要な量を、

灌水施肥する栽培方法である。

養液土耕栽培は、省力性では土づくりが不要なロックウールや水耕など本格的な養液栽培に負けるが、灌水と施肥が同時にできる省力性と、施設費が養液栽培より安いというメリットがある。又、土に負担をかけず、土の持っている良さを引き出し、活用する省力システム栽培であり、あらゆる作物の良品多収が可能となり、しかも産地の水質や土質の影響を受けない低コストの省力栽培が実現でき、規模の拡大にも対応できる画期的な栽培技術である。

III. 養液土耕栽培の特長

①省力栽培

元肥の施用を必要としないため定植までの作業が楽になる。定植後の灌水・施肥は液肥混入機とタイマーで行い大幅な省力になる。

②低コスト栽培

特別な培地や施設を必要としない地床利用システムで、わずかな投資で導入でき、施肥効率が上がるためランニングコストも経済的である。

③環境にやさしい合理的施肥

養液栽培の考えを取り入れ、土壌溶液あるいは土壌の水抽出液濃度を EC メーターで測定し、根圏環境を数字で把握することにより、常に最適な状態で肥培管理ができる。

④ノンストレス栽培

必要な時に必要な量の養分と水を与える栽培であり、過剰施与によるストレスが回避できる。又、養液土耕専用肥料を使用し塩化物等の蓄積による塩類ストレスを回避する。

⑤そろった生育

精度の高い液肥混入機と給液ムラのない点滴チューブを使うことにより、生育が均一となり地上部管理が楽になる。

⑥未来型農業の実現

高品質・高収量が期待でき、しかも省力・低コストで規模拡大が可能となり、環境付加軽減の未来型農業を実現できる。

IV. 弊社の養液土耕栽培の特徴

①1 液肥培管理が可能

土耕専用の培養液（養液土耕 1～5 号）を使用するためシステムが簡便・低コストである。操作、メンテナンスともに簡単である。

②作物・作型別マニュアルの提案

養液土耕栽培の開発当初より、養液土耕栽培はハードとソフトの組み合わせによる新技術の提案と認識していたため、ハードを生かすため

* 大塚化学(株)

のソフトが充実している。

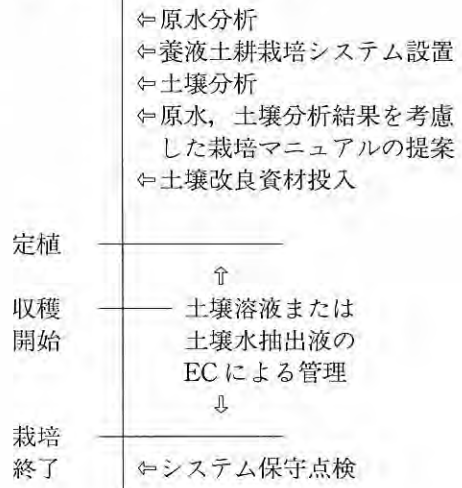
③状況に合ったハードの選択

単一管理で十分間に合う作物から、定植日のズレや吸肥特性の違いにより肥培管理を異にする作物まで生産者の状況に応じたハードの選択ができる。

V. 養液土耕栽培の技術のポイント

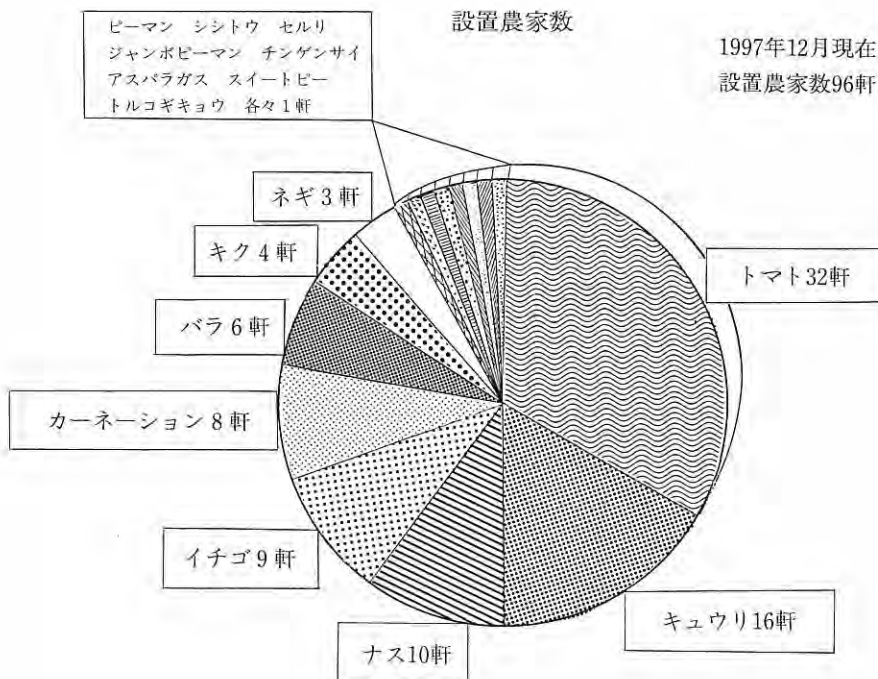
- ①従来どおりの土壤消毒・抵抗性品種
- ②良質の有機物で根圏域の物理性の改善
- ③均一灌水ができる点滴チューブ
- ④培養液の使用（ノンストレストタイプ）

VI. 養液土耕栽培の進め方



テストセールの状況

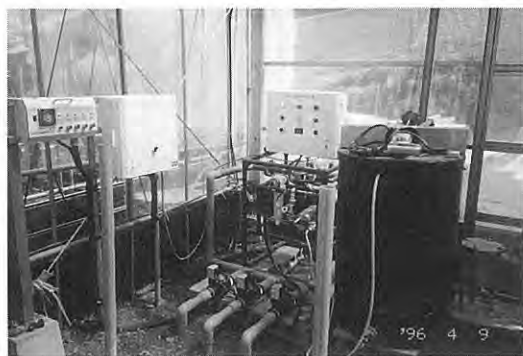
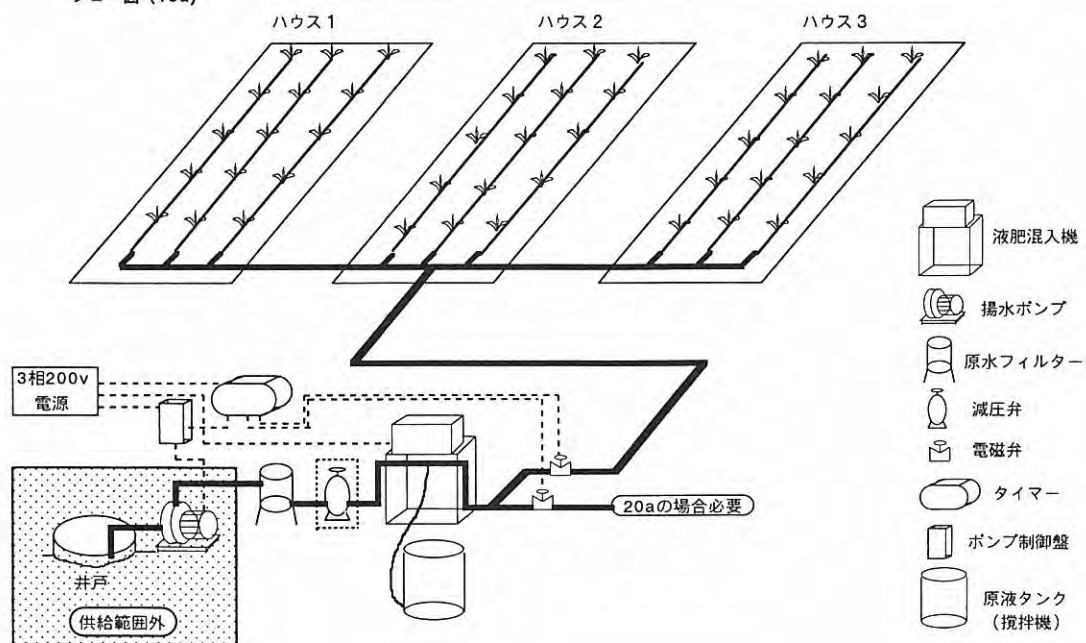
平成7年～9年
中四国6県限定販売



養液土耕栽培システム

間口 m	奥行き m	棟数	面積 m ²	畝数/棟	畝配管数	チューブ数	チューブ長 m	流量L/min
5.4	62.0	3	1,004.4	3	1	9	558.0	71.3

フロー図 (10a)



養液土耕栽培システム



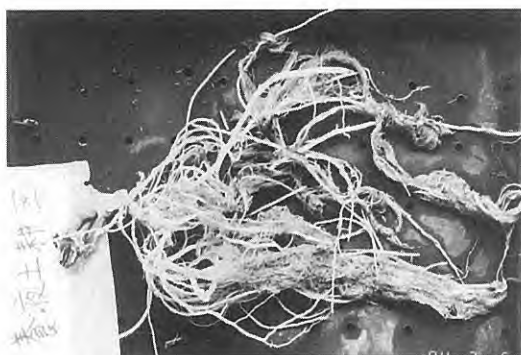
液肥混入機



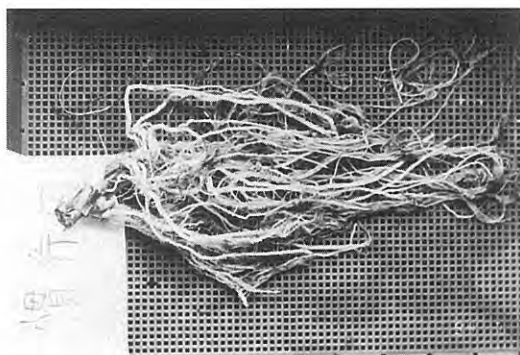
定植直後のトマト



生育中のキュウリ



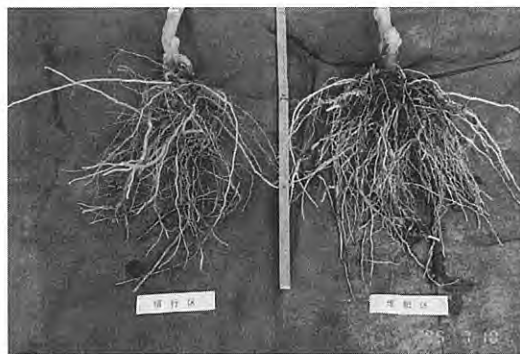
栽培終了時のキュウリの根の比較 養液土耕区



栽培終了時のキュウリの根の比較 対照区



生育中のナス



生育中のナス栽培終了時のナスの根の比較
(左：対照区，右：養液土耕区)



カーネーションの畦配管



生育中のスプレーギク



生育中のバラ



生育中のスイートピー

養液土耕法による切り花 栽培技術の開発

鈴木 智 久*

養液土耕法による切り花栽培を導入している生産者は、栃木県内では30名程度である。品目は、カーネーションが全体の6割以上を占めており、スプレーギクおよび輪ギクでは数名、その他りんどうなどに導入されている。

現段階では、情報交換の場としての研究会を組織して、現地検討会や勉強会を重ねていく中で、手法の統一や技術の向上に努めている。その中で今回紹介するのは、栃木農試で構築した養液土耕法を最も忠実に栽培技術として導入しているスプレーギクの生産者の事例である。

1. 養液土耕システム

液肥混入機と灌水装置およびタイマー付き制御コンピューターが一体となったシステムで養水分を管理している。各ハウスに対して、異なったプログラムを組み込むことができる。各圃場には、15cm目7条植えのベットに30cm間隔でドリップチューブが置かれてある。このチューブは、一定以上の水压をかけると1分間に38mlの灌水を行うことができる。つまり、灌水時間が決まれば、一定面積の一日当りの灌水量を調節することができる。また液肥濃度と灌水量で、一日当りの液肥施用量が計算できるので、土壌診断や植物体の簡易栄養診断の結果を踏まえてから液肥施用量を容易に変更できる。

2. 簡易栄養診断の利用

養液土耕法を確実に利活用するためには、リアルタイムで植物体内の栄養状態と植物根の周囲の土壌溶液中に溶解している無機養分の状態を把握する必要がある。この情報を得ることにより、植物体内の養水分の過不足に対して速やかに対処することができ、高品質スプレーギクを安定して生産することが可能となる。栃木農

試では栽培技術の一環として利用できる簡易栄養診断法について各品目別に検討してきており、養液土耕システムの導入に際しては必ず習得すべき診断法としている。簡易栄養診断は、植物体樹液中および土壌溶液中無機栄養成分の両方を測定することで、植物体がどの程度無機栄養成分を吸収しているかと植物根付近の土壌溶液中の無機栄養成分がどの程度残存しているかをリアルタイムで把握することができる。植物体樹液および土壌溶液中無機成分濃度の簡易栄養診断法は次の手法でサンプリングされる。

植物体樹液浸出のためのサンプリング部位は、最上位完全展開葉直下の茎を用いる。採取後速やかに2mm厚程度にスライスして0.2gを試験管に採り、原則として2mlの純水を注いで浸出した10倍希釈液を測定試料とする。浸出液温は概ね20℃、浸出時間は30分に設定する。

土壌溶液は、表層5cmを取り除き5～20cmの層位の土壌を4号鉢に採り、ひも底面吸水により24時間給水してから排出液を採取して測定する方法を試験場では勧めているが、生産者では現在のところ、針型土壌溶液採取器を用いる場合が多い。

その結果を判断すれば各無機栄養成分の過不足が一目でわかり、次の日からの養水分管理に確実に反映させることができる。

3. 養液土耕法の利用

ここで、養液土耕システムを利用して作付した1作を1例として紹介したい。

スプレーギクでは一般的に周年栽培が行われており、栽培時期別に品種や栽植密度、電照による栄養生長期間がそれぞれ異なっているし、養液土耕システムによる肥培管理についても例外ではなく、液肥による施肥量やかん水量は時

* 栃木県農業試験場花き部

期別に大きく異なっている。このことをあらかじめご理解いただきたい。

ここでは5月定植7月下旬出しの作型で夏秋タイプスプレーギクを栽培した1作について、具体的事例を紹介する。

(栽培概要)

1996年4月20日に220穴セルトレイに挿し芽処理したセル成型苗を5月1日に栽植密度3.3 m²あたり170本で定植した。5月11日に摘心して3本仕立てとした。

深夜4時間電照による栄養生長期間は6月12日まで約1ヶ月間とした。7月1日まで、シェード処理による短日処理を行い花芽を誘導した。以後は自然日長で栽培した。収穫は7月30日から随時行われた。品種は、イエローシュエズ、モナコ、テネシー、コリンズ、バレリーナの5品種で、簡易栄養診断にはイエローシュエズを用いた。

(養水分管理)

定植後1週間はかん水のみで、活着が始まってから液肥を日の出1時間前の3:00AMに施用した。液肥は、微量元素入りのチッソ、リン酸およびカリウムの液肥と第一リン酸カリを適宜混合して用いた。その後10:00AMまでかん水のみを行った。かん水量は土壌pF値が

2.2程度になるように設定されていた。なお、かん水量および液肥施用量の実績は表1に示した。

地温の高い時期であり、窒素およびリン酸をはじめとした無機成分の栽培土壌からの供給量が多いために、液肥による施肥量はかなり少なくすることが可能であった。

(簡易栄養診断結果)

現地実証ほ場の一環として、栃木農試において週1回簡易栄養診断を実施した。その結果を図1に示した。

植物体樹液の硝酸態窒素濃度は5月29日から6月13日はほぼ一定水準で推移した。短日処理を開始した6月13日までは調査開始時から緩や

表1 液肥による成分別施肥量，かん水量
(5月定植7月出しの作型)

期 間	成分別施肥量(kg/10a)			1日当り 灌水量 (リットル/m ²)
	窒素	リン酸	カリ	
5/1～5/10	0	0	0	3.6
5/11～6/11	1.44	0.81	2.45	3.6
6/12～7/15	0.11	4.76	3.17	2.7
7/15～	0	0	0	2.7
施肥量合計	1.55	5.57	5.62	

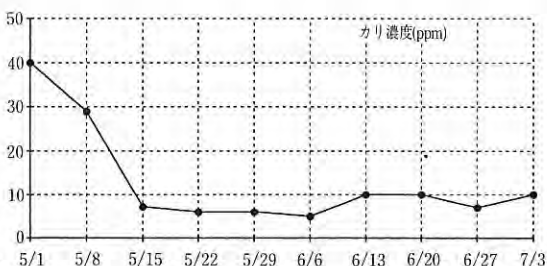
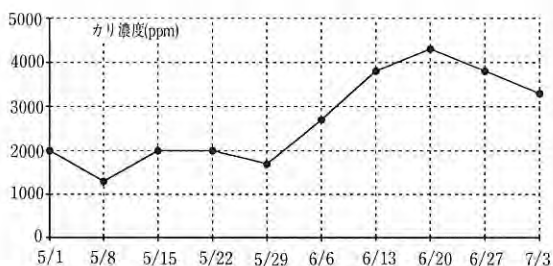
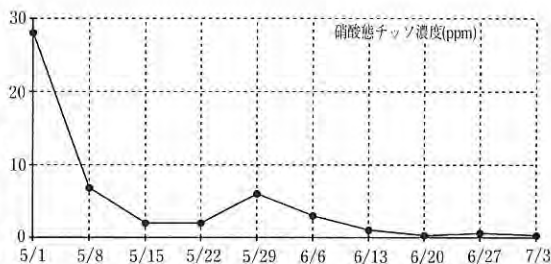
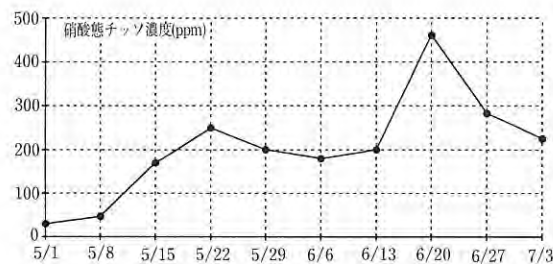


図1 植物体樹液(左)および土壌溶液(右)中無機成分濃度の推移

表2 切り花品質調査結果

	切り花長 (cm)	生体重 (g)	花首長 (cm)	茎 径 (mm)	着色花数
収 穫 サンプル	89.3	50.1	1.7	5.8	8
出 荷 規 格	2 L85以上 L75～85 M65～75	50以上 35以上 25以上	10以下	正常 〃	5 輪以上 〃 4 輪以上

注) 出荷規格は栃木県での設定。

かに増加する傾向にあったが、6月20日に上昇した後、短日処理を終了した7月3日まで減少する傾向が見られ、その後は急激に上昇した。カリウム濃度は6月13日までは緩やかに上昇し、以後は硝酸態窒素濃度の推移と同様であった。結果として、植物体樹液中無機成分濃度は環境変化に敏感に対応する傾向があることが分かった。

土壤溶液中硝酸態窒素およびカリウム濃度は定植日から1週間はやや高い濃度で経過したが、以後硝酸態窒素濃度は5 ppm 以下、カリウム濃度は10ppm 以下で推移しており、土壤溶液中の硝酸態窒素およびカリウムが有効に植物体に吸収されたと判断できる。

結果として、花芽分化を誘導するための短日処理前後で植物体内の栄養状態に変化が見られ、生育ステージ毎に養水分管理をその都度見直す必要があることが分かった。また、土壤溶液の数値は各無機栄養成分の残存を調べることができ、養分の過不足の判断材料の1つとなり得ることが分かった。

(切り花品質調査結果)

7月30日に収穫した切り花(品種:イエローシューズ)の品質調査結果を表2に示した。表

2に付記した市場における出荷基準と比較すると、2Lの出荷基準をクリアしており切り花品質としては十分であった。また、同サンプルを用いて、室温20℃設定300lux 蛍光灯24時間照射の条件下で鮮度保持試験を実施した結果、花および葉の切り花観賞は3週間の品質を保持していた。

おわりに

養液土耕法は、栽培床(土耕)の表層から約25cm以内に必要最小限の養水分を供給して、植物の根域をその範囲内に制限して栽培しようとする手法である。また、簡易栄養診断を確実に実施することで、栽培ほ場の前歴の影響や地温の栽培時期別の変化による土壤中無機成分濃度の変動などにも柔軟に対応できる。特に今回の事例のように、栽培土壌から供給される無機成分を効率よく利用して、施肥量を減らすことが可能であり、栽培土壌の塩類集積だけでなく、植物体の養分過剰吸収による切り花品質の低下を回避することができる。

この栽培方法は、栽培土壌の持つ養分供給力を生かしつつ、植物体にとって望ましい土壌条件を維持しつづけることができる、土耕栽培の1つの形であることを明言したい。



連載

—やさしい養液栽培— 植物工場について

福田 直也*

植物工場とは？

一般的な「植物工場」に対するイメージは、クリーンな環境の中、完全自動制御でいろんな作物の生産を行っているといったところであろうか。現時点において「植物工場」についての厳密な定義はなく、概念的なものである。「植物工場」は、基本的に水耕栽培の延長上にあるものとされている。ただし、水耕栽培は植物の根圏環境を植物の生育に適した条件にするが、植物工場は根圏以外の要因についても複合管理し、総合的に植物の生育環境を最適にするものとされている。「植物工場」は、宇宙空間など不毛な場所で植物を栽培し、人間の食料を生産するものとして開発されてきた。しかし、通常的环境下でも安定した作物生産技術として将来的に利用可能ではないかと考えられてきている。鈴木ら(1994)は、植物工場は、(1)施設を周年的に利用でき、そこで生産される野菜は予め出荷日出荷数量が予想でき、なおかつ作物の成長制御が可能、(2)年間を通じて、品質の変わらない野菜・苗などが生産できる、(3)生育・栽培環境が自動制御されている、(4)生産(生育)の行程、例えば播種、移植(株間広げ)、収穫などがある程度自動化されている、などの特徴を備えているものとした。このような条件を満たすためには、植物の生育する環境を常に最適な条件に維持することが必要となり、結果的に「植物工場」は温度管理を行うための空調設備や、炭酸ガス制御装置、人工光源などを備えたものとなる。

植物工場の現状：

「植物工場」は、植物の生育に必要な光を完

全に人工光源から得る(完全制御型)のか、あるいは太陽光を利用しつつ不足した場合に人工光で補う(太陽光併用型)かによって大きく2種類に分けられる。完全に人工光のみで植物の生産を行った場合、場所や季節を選ぶことなく計画的にかつ周年で植物の生産を行うことができる。一方、太陽光を利用する場合、光源のための電力が少なく、かつ比較的強い光が生育時に必要な植物を栽培することができる。どちらのタイプが電力コストや設備費などで有利であるかは結論がでておらず、現時点ではそれぞれの特徴をいかしつつ両方のタイプが混在している状況である。小倉(1998)によると、1997年12月現在営業運転を行っている施設は16あり、その施設面積は15,000m²、生産量は550tとなっている。これらの施設はここ数年で建設されたものが多く、いずれも農水省の助成制度を利用して建てられている。栽培品目のほとんどが葉菜類であり、サラダナ、ホウレンソウなどが多い。トマトなど生育時に強い光を要求する作物は、完全に人工光のみで栽培するのは難しく、結果的に葉菜類の生産が主流となっている。

植物工場を支える技術：

- 1) 栽培装置：狭い面積を有効に利用するために、作物の立体的な配置や移動といった方法が採られたり、また、移動の際、植物の大きさに合わせて植物と植物の間隔を自動的に調節するスペーシング機構が開発されている。栽培システムとしては、前述のような立体的な配置や自動スペーシング機構に対応できるように、培地を使用しない湛液式、NFT、噴霧耕などが採用されている。

* 筑波大学農林学系(本会運営委員)

2) 空調：完全制御型植物工場の場合、人工光源からの熱を処理する必要がある。そこで、完全制御型植物工場での熱負荷を下げるため、光源を水で循環冷却する機構や排熱可能な反射傘また赤外線を除去するフィルターなどが使用されている。一方、太陽光併用型植物工場では、人工光源からの熱負荷は少ないものの、外部からの熱の流入量が多い。そのため夏期の暑熱対策が困難であるとされている。現時点では、空調と遮光を組み合わせた環境制御を行っているが、植物の好適環境に制御するのは難しい。赤外線を選択的に遮断する被覆資材を利用するなどの工夫が必要であると思われる。

3) 人工光源：植物工場で使用されている人工光源は、植物育成用蛍光灯、HID ランプ（陽光ランプ、高圧ナトリウムランプ、水銀ランプ）である。植物育成用蛍光灯は、熱放射が少なくて植物工場に理想的な光源であるが、強光強度を得るのが難しい。一方、HID ランプは、高出力を得られるものの、熱負荷が高い。また、高圧ナトリウムランプなどの場合、植物の正常な形態形成に必要な短波長の光が少なく、光の“質”の面でも問題がある。将来的には、熱負荷が少なく植物の生育に必要な光の強度・質ともに十分な新しい光源が必要である。現在、LED、マイクロウエーブランプ、光ファイバーといった光源について植物工場での利用が検討されている。

植物工場の今後：

技術的には、発光効率が高く熱の放射が少ない光源や、完全な清浄野菜を目指して培養液殺菌システムの開発が必要になると考えられる。

また、このような制御された環境に適した品種も必要となるであろう。一方、経済的な課題については問題点が多数ある。特に設備投資が大きく、補助金がないと競争力のある生産物をつくることは難しい。品質において特徴のある生産物をつくるなどの工夫が必要となるだろう。現時点での植物工場は、レタスなど“完成品”を作ることを目的としている。しかし、レタスやホウレンソウなどの葉菜類を植物工場で栽培する場合でも、市場に出すのに十分な大きさになるまで生育させるにはある程度の期間が必要である。植物工場のような生産設備では、栽培期間が短い方が経営的に有利であることから、生育期間の短い苗の生産を目的とすべきだという声もある。苗生産であれば、現時点でも植物体の扱いを完全自動化することが可能であり、年間当たりの収益性も良くなる可能性がある。

植物工場は、既存の農業体型とは異なる生産システムである。安定した生産性という特徴を生かした苗生産や、あるいは高度な生産管理を行うことによる特異な生産物を市場に供給することによって、既存の農業と共存かつお互いに補う関係となれば、将来発展してゆくだろう。

引用文献

- 鈴木皓三・丸尾 達・石井雅久・松尾幸蔵.
1994. 植物工場の概要. p.1-4. 伊東正監修.
都市型植物工場デブコパイオトリ. 東京電力株式会社技術開発本部開発研究所
小倉東一. 1998. 植物工場普及の現状と課題.
日本植物工場学会 SHISTA REPORT No. 14: 15-23.



質疑応答

温室の高温対策について

回答者 磯 崎 真 英*

Q. 細霧冷房の高温対策としての効果は？

A. 細霧冷房は気化潜熱冷房の一種で、その他の方式としてはパットアンドファン、ダクトチラー、ウォーターカーテンなどがある。これらはいずれも温室内に外気を導入し、その空気流内で水分を蒸発させることにより、温度を低下させる仕組みになっている。細霧冷房で噴霧される水の粒径が0.01mm以下では植物体に付着することはほとんどなく、また相対的に粒子の表面積が大きいので、容易に空気中の熱を吸収する。ところが0.01mm以上になると植物の表面が濡れやすくなり、連続的な利用が難しくなるため、現在では1～10分稼働させて4～15分止めるなどの断続的な利用法が検討されている。

三重県農業技術センターでは平均粒径0.005mm以下の粒子を噴霧できる細霧冷房装置を、相対湿度が70%以下になると自動的に稼働する

ように設定し、その効果を検討した。その結果、晴れた日には細霧冷房の使用により、通常の温室と比較して最高約10℃室温を低下させたが、雨の日には70%に設定してあるため稼働時間も短くなるが、稼働している時の効果も極めて低く、また、夜間は相対湿度が高いためほとんど稼働することはない。効果がでないことが明らかになった（細霧冷房を稼働させる相対湿度の設定値を70%以上に上げることで雨天時、夜間にも温度を低下させることが可能と予想されるが、病害の面から考えると必要以上に高湿度を保つことはあまり好ましいものではないので、本試験では70%とした）。これらのことから、昼間の温度降下のみをねらうのであれば、なるべく粒径の小さな細霧冷房装置が適するが、粒径の大きな装置は農薬散布、葉面散布など多目的な利用が可能となるので、目的に応じた選択をする必要がある。

表1 気化潜熱冷房の種類

名 称 例	基 本 構 造
細霧冷房	温室の吸気口または温室内に直接水滴粒を噴霧する。
パットアンドファン	壁面に水を流下または滴下させるためのパッドを取り付け、それを通して温室内に吸気することで冷房する。
ダクトチラー	温室内に設けた通気性のあるダクトに水を噴霧する。
ウォーターカーテン	温室屋根部を2重に構成し、この空間に水滴粒を噴霧した空気を吸入する。

(「最新施設園芸の環境制御」より)

* 三重県科学技術振興センター農業技術センター
(本会運営委員)

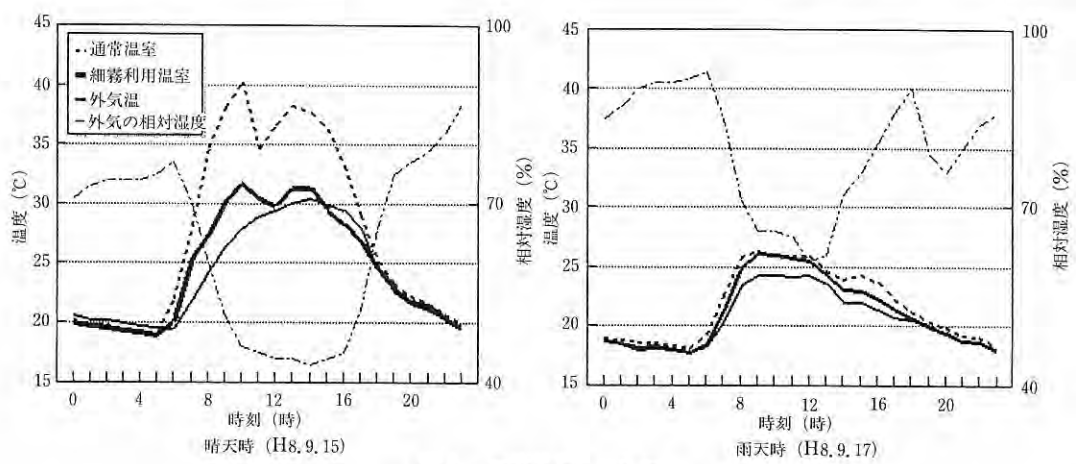


図1 細霧冷房*の効果

* OP 超細霧システムを使用 (吐出量120ml/分, 圧力70kg/cm², 平均粒径0.005mm 以下)。温室には何も栽培していない状態で調査した。また、細霧冷房装置は湿度が70%以下になったときに自動的に稼働するように設定した。(三重技セ, 未発表)。

書 評

「最新 施設園芸の環境制御技術」

編者 (株)日本施設園芸協会 発行所 (株)誠文堂新光社

定価 5,000円

大 石 直 記*

「環境制御技術」というタイトルから受ける印象に比べ、その内容は極めて広範にわたっている。「環境制御」を主テーマにしているものの、むしろ施設生産全体に関わる新技術を総合的に解説した参考書と言った方が適切ではないかと感じられた。序章にも述べられているとおり、本書は(株)施設園芸協会が設置した「21世紀施設園芸研究会」環境・施設部会において論議された内容に基づいて刊行されたものである。したがって、技術の内容もさることながら、21世紀に向けてその技術がどのような問題点を抱え、今後どのような改善・開発が必要なのかという提言が興味深い。

「第1章 植物生産システムの展望」では、あと2年たらずに迫った21世紀における植物生産全体のあり方とその課題が論じられている。それはいわゆる施設園芸と言う範囲を遙かに超えて、地球的あるいは宇宙的視野からみた植物生産システムのあり方とは？という質問に答えている。生活環境・地球環境問題、エネルギー・物質収支的問題いうと難しく聞こえるが、今後の農業は好むと好まざるとに関わらずこれらの条件を無視してはやっていけないことを伺わせる。

「第2章 作物の生理生態からみた最適環境制御技術」では野菜、花き、果樹の生理生態に影響を及ぼす環境要因と最適な環境制御が概説されている。野菜では光、炭酸ガス、温度の影響、花きでは温度(DIF)、光量・光質の影響、果樹では光量・光質、温度、土壤水分、炭酸ガスの影響についてそれぞれ分かり易く解説されている。

「第3章 施設内環境制御装置」では、各環境制御機器別に制御方式と装置の特徴及び今後の技術的課題が述べられている。

暖房装置については、エネルギー源として石油、太陽熱、風力等の自然エネルギー、温排水、コジェネレーションの利用が解説されている。また、暖房設備の設置ノウハウも述べられている。冷房装置については、気化潜熱冷房、低温熱源冷房、ヒートポンプの特徴と今後の課題が解説されている。従来の施設園芸は暖房技術を中心に発展してきたが、施設の周年利用、作業の快適性を考慮すると、冷房の重要性がますます増加するものと思われる。換気装置については、自然換気と強制換気に大別しその特徴が解説されている。換気の役割として湿度、炭酸ガス、風速、風向も制御できる換気システムの開発が望まれる。なお、強制換気の設計に関する計算例は参考にした。空気攪拌装置については、その特徴と効果が述べられている。本装置は従来の小規模施設ではあまり導入されてこなかったが、大規模施設では光合成の促進、作物生育の均一化、ムレの防止、水・薬剤散布法として効果をあげている。炭酸ガス発生制御装置については、ガス発生方式、制御装置、発生源別ランニングコストが解説されている。炭酸ガス施用はその特性を正しく理解し、効果的に利用したいものである。光環境制御装置については、光源・照明器具を中心にその特徴と使用方法が述べられている。十分な実用化のためには補光ランプ等の効率化が望まれる。かん水については、通常のかん水法及び土中かん水の特徴と事例事例が解説されている。農産物品質の向上を実現するためかん水技術は重要な役割を占め

* 静岡農試園芸部 (本会運営委員)

ることが予想され、さらなる技術開発が望まれる。湿度制御装置については、除湿及び加湿制御の特徴と今後の湿度制御のあり方が述べられている。湿度制御も光や温度制御と連携しながら施設内環境の最適化を図る必要がある。この章の最後に総合制御システムというまとめがある。ここでは合理的な施設管理を実現するために、環境情報に限らず生育から販売に至るあらゆる情報をネットワーク化することの重要性が強調されている。

「第4章 栽培関連装置」では、育苗、省力機械、養液栽培装置等の解説とその技術的展望が述べられている。育苗関連については、育苗施設の配置、は種機、接ぎ木養生装置等各装置の特徴が示されている。栽培ベンチ・ハンドリング・システムでは、固定、移動を含む各種栽培ベンチ、施設内作業装置（作業車、移植装置等）の特徴が示されている。生産者の高齢化、人手不足が深刻化する今後の施設生産にとって省力・軽作業化、自動化の推進は重要なポイントと思われる。土壌診断と土壌改良では、土壌の化学性、物理性、生物性の診断の現状と今後の方向、また土壌改良の方策がまとめてある。養液栽培装置では、湛液、ロックウール、NFT、砂耕の特徴と今後の課題が示されている。また、植物工場については完全制御型、太陽光利用型（補光併用）についてそれぞれの特徴が示されている。

「第5章 病虫害防除」では施設内で用いる防除装置、養液栽培における培養液の殺菌法の

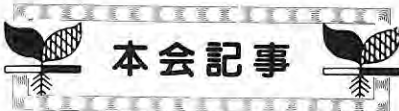
概要が述べられている。特に養液栽培における培養液殺菌は根本的な解決策が見当たらないだけに、今後の技術開発が望まれる。

「第6章 生物利用」では、近年導入が進んだ訪花昆虫（マルハナバチ）及び天敵による害虫防除が概説されている。消費者や作業者の健康に配慮するとともに環境負荷を軽減するための取り組みがますます活発化するとと思われる。

「第7章 ポストハーベスト関連装置」では、農産物の鮮度保持技術、予冷装置の特徴が概説されている。消費者へ新鮮な農産物を供給するため、鮮度保持、品質保証技術の進展はますます加速するものと思われる。

「第8章 施設園芸環境制御技術の展望」では環境制御技術全体における今後の課題が述べられている。高位生産・品質向上、省力、作業の安全・快適化のための環境制御及び環境負荷の軽減と石油エネルギー投下の低減を指向した環境制御の必要性が強調されている。また、生産物流通環境や情報化時代に応じた技術開発の取り組みが21世紀の環境制御技術を切り開いてゆくものと展望している。

以上のとおり本書の内容は極めて豊富であり、最新技術のアウトラインを知るには充分であろう。ほとんどの項目について施設・装置関連メーカーの専門家が執筆しているため、その内容は実用的で解りやすい。特に、各項目ごとに述べられている「21世紀への課題」は、今後の技術開発のゆくえを占う上で参考になると思われる。



本会記事

第17回運営委員会

日 時 1998年5月11日(月) 13:00~17:00

場 所 京都府立大学農学部

出席者 17名

議題1. 新運営委員の所属部会部について以下のように決定した。事業部会(糠谷; 部会長, 寺林; 庶務, 伊達; 会計, 和田), 企画部会(池田; 部会長, 篠原; 企画, 加藤俊; 集会, 磯崎, 高市, 和田), 編集部会(橘; 部会長, 福田; 幹事, 佐野, 大石, 皿井, 磯崎), 情報(大石; 部会長, 小屋垣内, 常磐, 富田, 高市, 伊達)。
議題2. 第38回養液栽培研究会・福岡総会では, 10/22に久留米ハynesホテルで総会, 研究会を, 10/23に花, 野菜の2コースを設けて見学会を行なうよう計画中である旨, 高市委員より紹介があった。

議題3. 第35回養液栽培研究会・高知総会の会計報告の紹介が福元高知総会準備委員長の依頼を受けた寺林委員よりあり, 意義無く承認した。

議題4. 池田副会長から10周年記念式典・祝賀会, 記念シンポジウムの実施状況が, 伊達委員からは会計報告がなされ, 余剰金324676円を特別会計に繰り入れることを了承した。

議題5. 篠原委員より, 98施設園芸展報告の協賛状況とブースでの収支についての報告があり, 余剰金241762円を特別会計に繰り入れることを了承した。

議題6. 加藤委員より, 第37回養液栽培研究会・愛知大会の実施要領について説明がなされた。

議題7. 寺林委員より, 「京都大会」についての実施要領についての提案がなされたが, 研究会が短期間に集中していることから, 8/24開催予定を1999年2月27日開催とし, 「第39回養液栽培研究会・京都大会」に名称を変更することとした。

議題8.

1) 糠谷委員より, 1997年度事業報告(案)について説明がなされ, 一部間違いを訂正した後,

これを承認した。

2) 伊達委員より, 1995年度決算(案)および特別基金会計報告についての説明がなされ, 「10周年記念出版」を内容が明確になる表現とすること, その内訳を後日明確にしておくこととし, 原案を了承した。

議題9.

1) 糠谷委員より, 1998年度事業計画(案)について説明がなされ, 種々議論の後, これを承認した。

2) 伊達委員より, 1998年度予算(案)について説明がなされ, 繰越金が多すぎる点を事業部会で検討し, 再度審議することとした。

議題10. 福田委員から, 1997編集部会会計報告, 編集部会開催予定, ハイドロポニックス第12巻1号の発行予定, 原稿料の4000円から5000円への値上げ, 編集部会の銀行口座の開設等につき説明があり, 原案を意義無く了承した。

議題11. 大石委員から, ニュースレターの編集方針, インターネットホームページの開設, 花卉・野菜の養液栽培調査の実施について試料により説明があり, ほぼ原案を意義無く了承した。なお, インターネットについては, プロバイダーと契約をして, 開設することとした。

議題12. 会員管理の不備について, 糠谷委員より提案がなされ, 佐藤印刷から引き上げ案を含めて今年1年かけて検討することとした。

議題13.

1) 海外研修視察については, 来年度以降に実施する日程案をコーディネータ(大石, 伊達)が作成し, 福岡総会までに公表することとした。

2) 1999年度以降の総会開催候補地について企画部会から紹介された。

3) 環境基準対策への取り組みを討議する作業部会の人選を企画部会に依頼した。

福岡総会の前日(10/21)に合同部会を開催することとした。会場については, 高市委員に一任した。