



巻頭言

施設園芸の試験研究方向と養液栽培技術



高市益行*

本号(19巻1号)より、本誌の編集部会長を担当致します。今まで同様、会員皆様のご意見を反映した誌面にするため、新編集幹事の和田光生運営委員とともに、よろしくご協力をお願い申し上げます。

さて、農林水産省は2005年3月末に、農林水産業の各分野における10年先を見通して、今後5年間の研究開発の重点目標、期別達成目標を示した研究基本計画(平成18年度から22年度)を策定した。

(<http://www.s.affrc.go.jp/docs/kihonkeikaku/top.htm>)

施設園芸では、重点研究項目として「高収益型施設園芸生産システムの開発」が挙げられ、低コスト複合環境制御技術、果菜類の周年栽培に適合した栽培体系、大規模施設における経営シミュレータの開発などが盛り込まれた。また、「バイオマスの地域循環システムの構築」として、小規模・分散型のエネルギープラントの開発に取り組んでいく。

今後の原油価格の動向が心配される折、国家のCO₂排出量を削減する京都議定書がこの2月に発効した。これは、わが国において、2008年~2012年の間に1990年比で6%の削減(2004年には8%増加となっているので実質14%減)の実行を義務づけるものである。日本全体のCO₂排出量に占める農業部門の割合は少ないが、農業部門の中では施設園芸による化石燃料の消費は多く、今後の風あたりが厳しくなる気配である。

近年、フェンロー型施設や低コスト高軒高ハウスなどの新しい施設構造が普及しはじめたが、これに対応した省エネルギー研究はまだ少ない。従来の各種省エネ技術を見直し、現在の施設や栽培体系に適合するよう再構築する必要がある。自然エネルギーや新エネルギー(バイオマス、燃料電池など)利用では、将来に向けて、他産業と連携した事業的展開が必要である。

また、研究基本計画では、「IT活用による高度生産管理システムの開発」も挙げられ、低コスト・省エネ型閉鎖型植物工場の開発に取り組む。大型施設における各種装置の有効利用や作業技術の合理化のため、ロボット技術と協調作業システムによる超省力・高精度作業技術の開発も盛り込まれている。

以上の農林水産省の研究基本計画は、現在の技術レベルと将来展望にもとづいて選定された。私たち独立行政法人の試験研究機関では、上記の技術開発目標に沿って、現場ニーズを踏まえて、大学や企業と協力してプロジェクト研究として新技術の開発を推進する予定である。

最近、栽培施設の本体について、新材と工法の合理化で低コスト化ができる技術が開発された。また、環境制御システムでは、従来の機能集中型の制御用マイコンが不要な分散型ネットワークシステムが実用化の直前にある。これらの技術により、施設の初期設置コストの大幅な低減が期待できる。しかし施設の初期設置コストの約1/3を占める養液栽培装置・栽培ベッドについては、現在、大幅な低コスト化が見込める新展開が見あたらない。

養液栽培の設置面積は現在も徐々に増加しており、培養液殺菌や排水処理の分野で新技術も見られる。しかし、施設園芸全体では、施設設置面積が減少傾向にあり、あまり元気がない。養液栽培研究会は、試験研究機関と生産者、企業が生の意見を交換できる数少ない貴重な場である。今後、現状を打開して夢のあるブレークスルーを巻き起こすために、会員の皆さんの本誌への投稿や、意見・要望の積極的な提案を期待しています。

* (独)農業・生物系特定産業技術研究機構 野菜茶業研究所(本会運営委員)

内外のニュース

第56回日本養液栽培研究会・東京大会 2005年度総会について



権田 かおり*

第56回日本養液栽培研究会・東京大会・2005年度総会が2005年5月20日、農林水産省共済組合南青山会館にて開催された。

総会では、会長挨拶に続いて2004年度事業報告、各支部会の活動報告、決算報告、2005年度事業計画案、予算案などの説明が行われ、全会一致で承認された。

総会に引き続き行われた大会のテーマは「生産と研究・開発現場のホットライン」であった。新企画を盛り込んだ大会であったため、どれほどの方に参加頂けるか不安のなかでの開催であったが、全国各地から50名を越す参加があり、大変盛況であった。

大会に先立ち、来賓挨拶として、農林水産省生産局・野菜課の岡田正孝氏よりお話をいただいた。平成13年から3年計画で行われていた野菜の構造改革を今年度以降も継続するに当たり、今後の構造改革の方向として、業務加工用野菜に力を入れることが提案された。最近問題になっている輸入野菜が、相対的に外食・中食産業に多いという点に注目し、国産野菜のシェアを伸ばすことが狙いである。そのため、低価格安定の加工用に見合う低コスト生産を実現するための新技術の開発が必要である。一方、今年度から国の補助金の執行方法が変更され、高いリスクを伴う新技術への取り組みに対しては、地方自治体を通さず国から直接補助金を受けられることになった。このような点で、今日のような研究会は大変重要な意味をもっており、日本の野菜生産を根本から覆すような新技術の登場に期待したいとの内容であった。

続いて、競争的資金獲得に関する2課題の話題が提供された。まず、農林水産省農林水産技術会議事務局・先端産業技術研究課の小林康弘氏より、農林水産省における競争的研究資金の概要についてお話しください

た。競争的研究資金はいくつかの種類に分かれており、法人が実施する研究資金としては、独創的な発想に基づく基礎研究を目的とした「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」、新産業の創出や起業化を目指す研究のための「生物系産業創出のための異分野融合研究支援事業」がある。また、国（農林水産省）が実施する資金には、民間企業などによる実用化研究や短期集中的な研究開発のための「農林水産・食品分野における民間研究助成」として、「民間結集型アグリビジネス創出技術開発事業」、「地域食料産業等再生のための研究開発等支援事業」の2種類と、生産現場に直結する技術開発を目的とした「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」がある。それぞれの事業について、目的や内容、事業実施の流れの説明だけでなく、これまでに採択された主な研究課題、応募及び採択状況等についても情報を提供していただいた。実際にどの事業に応募すればよいかについては、それぞれの事業の違いや審査のポイントをよく研究し、自分の研究の狙いに最も適したものを選ぶことが大切であるとのアドバイスをいただいた。

農研機構野菜茶業研究所・果菜研究部の中野有加氏からは、現在取り組まれている量的管理法によるトマト栽培の研究の現状と、プロジェクト応募体験談をお話しいただいた。量的管理法は、作物に与える養分を濃度ではなく量として管理する点で濃度維持管理法と異なり、肥料の投入量の削減や環境負荷の低減などが可能である。同時に、草姿の制御が容易であるため、過繁茂を防止して果実品質の向上も図ることができた。また、3種類の栽培品種を比較した実験により、品種によって養分吸収特性が異なるため、それぞれの品種に合った養分供給を行う必要があると考えられた。今後は、必要な養分量を正確に知るために、草姿の数値化、

*千葉大学園芸学部

生育ステージや気象などの影響についての調査も行う予定である。続いて、量的管理法のプロジェクトを「トマト高品質多収生産のための養分オンデマンド管理法の実用化」として、他の機関と共同で農水省の「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」に応募した体験談も話していただいた。情報交換の呼びかけからメーリングリストの設立、参画者の決定、応募に至る経緯の紹介をいただいた。今回は残念ながら不採択であったが、反省点として、応募までの議論が不足していたこと、研究成果の蓄積が不足していたこと、具体性・新規性・独創性に欠けていたことなどが挙げられ、今後の応募について大いに参考になった。さらに、農林水産省の岡田氏からは、様々な立場の人の意見を聞き、いろいろな見方や方向性を検討することが重要であるというコメントをいただいた。

今大会では、「私も言いたい 会員の生の声を聞く」と題した、参加者から忌憚のない意見を聞き、研究会の活動に役立てていくとともに、参加者みんなで総合討論をしようという新企画が行われた。養液栽培が伸び悩んでいるなかで、日本養液栽培研究会の役割や今後の方向性を再確認することが狙いである。糠谷副会長、丸尾事業部会長の司会進行により、生産者サイド

と企業サイドから、それぞれ何人かの参加者が最近の悩みや要望などについて発言し、情報や意見の交換がなされた。討論では様々な意見が交わされたが、大企業の養液栽培への参入が相次ぐなかで、個人経営農家が今後どのような経営方針を打ち出していくべきかということが多くの方の関心の的であったようである。元施設園芸協会の高澤氏は、個々の農家に対して技術支援を行う必要があるとの見解を示された。討論の中で、篠原会長は、売り方を工夫して販路を切り開くことが大切であるという意見を述べられた。最後に、農水省の岡田氏が、正確な情報に基づいて正確な方向性を示すことが必要であり、外部組織と連携しながら、F T Aや大企業の参入といった社会情勢によってどれだけの影響があるのか分析し、正確な情報を得ることが研究会としてできることではないかと提案され、予定の時間を超過して討論会は終了となった。

中野氏が講演の最後で、産・官・学の立場の人たちが作り上げている日本養液栽培研究会の特色をうまく利用し、情報交換の場としてさらに活用することで、養液栽培の未来を担っていければと話されたが、今大会で試みられた生の声を聞いての総合討論によってその最初の一步が踏み出されたのではないかと感じられた。



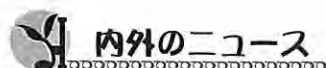
図 1



図 2



図 3



園芸学会平成17年度春季大会



福田 直也*

はじめに

私の所属する筑波大学において、平成17年4月3日～4日の日程で園芸学会春季大会が開催された。園芸学会は年2回開催されるが、今春季大会には800名以上の参加者があり盛況であった。発表件数もポスター発表162課題、果樹46課題、野菜48課題、花き47課題、その他83課題の合計386課題と多く、その発表内容も多岐に渡っている。ここでは養液栽培ならびに施設園芸に関係するトピックをとりあげながら、研究の今後の方向性について考えてみたい。

1. 野菜

トマト

トマトに関して、圖師ら（熊本県立大）の「塩ストレスと栽培時期がトマト果実のGABA（ γ -アミノ酪酸）含量に及ぼす影響」ならびに斎藤ら（筑波大学大学院生命環境科学研究科）による「塩ストレス処理および果房直下の側枝が養液栽培トマトの果実糖度と光合成産物転流に及ぼす影響」といういずれも塩ストレスと果実品質に関連する研究発表があった。圖師らは、血圧上昇抑制作用のあるアミノ酸の一種GABA（ γ -アミノ酪酸）が、塩ストレス処理を行ったトマト果実で増えたことを報告し、このような栽培法におけるトマト果実の新しい特徴であるとした。一方、斎藤らは、塩ストレス処理を行った場合に起こる光合成抑制を補う目的で側枝の利用を検討し、栽培条件によって異なるものの、果実肥大の促進や果実糖度の上昇など一定の効果が得られたことを報告した。塩ストレスによる高品質トマト生産というテーマは、ここ数年続けて様々な研究者によって取り上げられており、今後も、含有成分への影響や収量性の改善などといった研究が

続くものと思われる。

養液栽培技術として、無機要素の量的施与についても研究報告があった。中野ら（農研機構野菜茶研）は「トマト養液栽培の量的管理法における無機成分の施用量が収量および品質に及ぼす影響」として、吸水量を指標とした無機要素の量的管理法により、従来の培養液濃度を維持する管理と比較して収量はほぼ同じで品質が向上する可能性を指摘した。また、寺林ら（京都府大）は、「トマト水耕栽培における多量要素の定量施与管理法が果実生産量および養分吸収量に及ぼす影響」という課題において、中野らと同様に、量的施与でも従来の管理と同様の収量が得られることを示し、かつ量的施与法では、果実生産とは関係ない余剰無機要素吸収が抑制されることを報告した。

環境問題関連の課題としては、「閉鎖型養液栽培における給液法がトマトの生育および収量に及ぼす影響」ならびに「閉鎖型養液栽培におけるクリプトモス培地の連用がトマトの生育、収量等に及ぼす影響」として栃木農試の石原ならびに中山らが報告を行った。ここではクリプトモスを培地とした閉鎖型養液栽培システムについて検討しており、培地について連用は5年まで、また給液については、培地と毛管吸水槽両方への給液が望ましいことを報告した。

その他に、佐藤ら（神奈川農総研）による「トマト一段密植栽培における、施設密閉による高温処理が生育ならびに害虫抑制に及ぼす影響」と題した報告があった。これは、トマトの一段栽培において、着果後に温室を密閉することにより一時的に高温状態を作り出し害虫を減少させる方法である。多段収穫栽培では適用は難しそうであるが、一段収穫栽培の場合、コナジラミ類やハモグリバエ類に対して有効であることが報告されていた。

*筑波大学大学院生命環境科学研究科（本会運営委員）

イチゴ

養液栽培関連の報告では、吉田ら（岡山大学農学部）による「ピート栽培イチゴの生育・収量に対する根域容量の影響」と遠藤ら（静岡大学農学部）の「イチゴ‘章姫’の養液栽培における有機培地の連用が生育、収量に及ぼす影響」の二課題があった。吉田らは、プラスチックポット栽培の場合、根圏容量がイチゴの生育に及ぼす影響は少ないとした。一方、遠藤らは、有機培地連用の影響について、連用することにより液相率が増加し2、3月の収量低下が抑制されることを示した。

その他イチゴについては、四季成り性や高温期の収穫に関する課題が多かった。今田ら（農研機構東北農研）は、「イチゴの越年株利用による夏どり栽培における加温開始時期、加温温度、短日処理の有無の影響」と題して、イチゴのポット苗を冬の低温に当てた後加温し生育段階を進め、春から花芽を誘導して夏から秋に収穫する技術について検討した結果を報告した。また、宮崎総農試の深田らは、「一時的な高温が四季成り性イチゴの生育、花芽分化、受精に及ぼす影響」として、四季成り性品種「エラン」への高温の影響を評価した結果を示した。その他にも、四季成り性品種や夏どり栽培に関する課題があり、この問題への関心の高さがうかがえた。

その他

ハウレンソウについて、名田ら（三重大学生物資源学部）が「収穫直前の連続照明処理はハウレンソウの硝酸塩低下とアスコルビン酸増加を同時に誘導する」として、また林ら（千葉大学園芸学部）は、「養液土耕栽培によるハウレンソウの硝酸低減化技術の実用化に関する研究」という課題で報告を行い、いずれもハウレンソウ可食部中の硝酸イオン濃度低減技術を発表した。

福本ら（高知大学農学部）は、「養液栽培用育苗培地がナスの初期生育に及ぼす影響」という課題において、養液栽培用の育苗培地としてバーク堆肥、ココピートやヤシの実コンポストのような有機質培地が好ましいという報告を行った。茨城農総セ園研の安らは、「根表面の養分濃度を意識した給液管理がハクサイの生育に及ぼす影響」として、新しい給液法として根の

表面に常に安定した濃度の養分を与えることにより慣行法と比較して生育を促進させることに成功したことを報告した。

2. 花き

花卉では、養液栽培技術関連の課題が三課題あった。

渡邊ら（農研機構近畿中国四国農試）は、「キクの点滴灌水における灌水頻度が排水量と排水中の硝酸態窒素量に与える影響」として、花き栽培における排水の地下浸透の低減化を目的に、かん水頻度と排水量ならびに排水中の硝酸態窒素溶脱量を評価し、かん水頻度を増やすことにより排水量を抑制することができるとした。同様に、静岡農試の佐藤は、「廃液を出さない給液方式がバラロックウール栽培の収量品質に及ぼす影響」と題し、培養液循環型システムの場合、循環と新規培養液を補給する二つの給液システムをもつシステムや、廃液を循環しない再吸収式の栽培システムが良いことを示した。

その他に、井上・山城（大阪府大先端研）は、「サボテンの水耕 4. 培地の検討」として、サボテンの水耕に関して培地の比較を行った結果を報告した。

3. まとめ

施設栽培や養液栽培に関しては、全体として「品質」や「環境」などのキーワードに関する課題が多いが、新しい概念として「量的施与」もキーワードの一つになりつつある。また、イチゴでは「四季成り性」といったところがトレンドであろうか。今までは困難であったイチゴの周年生産技術も実用に近づいてきている感がある。

実際には、その他にも多数の発表課題があり、今回はその一部分を紹介させていただいた。詳しくは、「園芸学会雑誌第74巻別冊1」を参照して欲しい。こちらには、会期中に開催された小集会やシンポジウムの講演内容も掲載されている。こちらの購入については、以下のURLにある、園芸学会のホームページの「学会誌別冊バックナンバー購入のご案内」を参照していただきたい。

(<http://jsah.ac.affrc.go.jp/congress/bessatu3.htm>)

内外のニュース

国際園芸学会シンポジウム

第5回 園芸における人工照明に関する国際シンポジウム ～ISHS 5th International Symposium on Artificial Lighting in Horticulture～



福田 直也*

はじめに

2005年6月21日から6月24日までの期間、ノルウェーのリルハンメル市において、園芸生産のための人工照明技術に関するシンポジウムが開催された。リルハンメル市というと冬季オリンピックが開催された場所である。ノルウェーの国土は、緯度が50°以上と高いことから夏は夜中まで明るく、冬はほとんど日が昇らないという環境にある。当然ながら冬季間は、人工照明を使わないとまともな園芸作物生産は不可能である。ところが、裏を返すとこのことは、夏季は比較的涼しく日射も十分あることから、冬季の暖房および人工照明さえ確保できれば周年でさまざまな園芸作物を生産できるということを意味している。そんなノルウェーの施設園芸生産事情も交えながらシンポジウムの様子を紹介したいと思う。

1. プレツァー：6月21日

シンポジウム本番前に、現地の農家三軒を見学する機会があった。オスロのホテルを出発後、最初にAskerというところのRavnsborg gard農場を訪問した。こちらでは、高圧ナトリウムランプによる補光を行いながら、ハーブの周年生産を行っている(写真1)。ポットに培土を詰めて直接播種し、底面給液システム



写真1

上でそのまま成長させたものをラッピングして販売するという方式である。タイムやローズマリー、ペパーミントなど20～25種類のハーブを8400m²の温室内でブロック毎に管理している。毎週の出荷数は35000ポットであり、主に国内向けに出荷しているとのことであった。日射が7000lux以下になったところで8000～15000luxの光強度で補光を開始し、一日に合計16～20時間程度補光しているとのこと。意外なのが、遮光カーテンも利用しているというところ。35000lux以上になると遮光して、品質低下を抑えるということである。次に訪問したのが、LierにあるA. Eriksrud農場である。この農場では、総面積4000m²の温室でキュウリをハイガター式パーライト耕で周年生産しており、年間5作行い、m²当たりの収量は130kg(!)であるとのこと。もっともこの数値は補光をフルに活用した結果であるが、日本と比較しても格段に多いことが判る。なお、この農場は、ノルウェーでキュウリの補光栽培を導入した最初の農場の一つである。補光の光強度は25000luxとかなり強い。m²当たり200～300kwの出力となるように高圧ナトリウムランプを設置しており、一日20時間照明するらしい。試験農場的な意味もあり、ここでは株間補光(写真2)も試験導入していた。蛍



写真2

*筑波大学大学院生命環境科学研究科(本会運営委員)

光灯を畝の中央に配置することにより、効率的に植物体全体に光を照射するという試みである。このシステムでは、株間補光を基本として、植物体の大きさや日射量の変動から、天井部にあるランプの照射個数を調節する。この補光システム下での収量は、通常の補光と同程度であり、節電効果が期待できるということであった。この日の最後には、Hafskjold A/S農場を見学した。こちらは、バラ、レタスならびにハーブ類を、施設面積17000m²の温室において複合栽培している。レタスならびにハーブ類については、ガータートレイ式のシステム(写真3)で栽培している。レタスはバターヘッド、クリスプヘッド型など数品種を面積7000m²で栽培しており、播種後14~20日で定植、その後3~4週間で収穫できるということであった。ハーブの栽培面積は3000m²である。残りの7000m²でバラのロックウール栽培を行っている。バラは、品種によって異なるものの、m²当たり250~500本採花している。いずれの作物でも当然ながら補光は必須であり、10000~17000luxの光強度で一日20時間は補光を行うとのこと。いずれの農場でも共通なのが、栽培システムは



写真3

Priva社などオランダ製のものを利用しているということである。地理的にもオランダに近く、コスト的にも自国開発にはこだわらないようである。一方、補光システムはノルウェーのGAVITA社のものを使っている。光源と安定器が一体になっている照明システムであり、設置はかなり簡便化されている。また、どの農場も労働力に関しては、ポーランド人の季節労働者が中心となっていた。

この時期のノルウェーは、オスロなど南部でも日没

が夜中の11時くらいで日の出は3時くらいと明期は長時間となる。しかし、訪問した農場では、雲により少しでも日が陰るとすぐに補光が点灯されていた。北欧での安定的園芸生産のためには、光条件を安定させることが重要なのであろう。また、補光に関する重要な要素として、電気代が極めて安価であるということもある。聞いたところによると、1kwh当たりで約3円程度とのこと。時間帯にもよるが、電気代は日本の1/3~1/9である。このような安い電力コストが、補光を利用した園芸作物の周年生産を後押ししているところもあるのであろう。

2. シンポジウム：6月22日~24日

さて、本番のシンポジウムである。リルハンメル市にあるRadison SAS Hotelが会場であった。最初に実行委員長であるHans Ragnar Gislrerod氏による開会宣言ならびに国際園芸学会会長Norman E. Looney氏による挨拶があり、引き続いてシンポジウムが始まった。今回のシンポジウムでは、1) 園芸における人工照明の最新動向、2) 光合成、生長/収量ならびに生産物の品質、3) 光ならびにその他生長要因の最適化、4) 光による植物の生長制御、5) 植物形態形成、開花および品質の調節、6) 日長照明、7) 技術的ならびに経済的側面、8) 総合討論と結論というセッションを設定していた。その中でも特に2), 3) ならびに4) では、「生物学的側面」と題して、植物生理学的な部分における光の関与という少々アカデミックな内容を取り扱うという新しい試みがあった。その一方で、「技術的・経済的側面」に関してもしっかり議論しており、特にオランダからの参加者は、実用技術としての光環境制御を熱心に論じていた。セッション1で、招待講演者であるオランダのEp Heuvelink氏が、補光の活用により、ヨーロッパの場合、生産が不可能となる厳冬期にも生産できるようになることから施設利用効率上がり、炭酸ガス施肥と併用することによりトマトで100kg/m²(!)以上という超高収量を達成できることを力説していた。また、新しい試みとして、天井固定型ではなく、移動式の照明について検討した結果を紹介していた。残念ながらこの移動式光源については思うような成果を上げることはできなかったようである。

一方、フィンランドのTiina Hovi氏らにより、天井ではなく、株間に光源を設置する補光はキュウリでは効果を上げているという報告があった。この方式は、特に冬場の電気消費量を抑制する効果があるということで、収量への効果について天井固定型光源と差がないことから補光の新しい方向性になる可能性がある。その他に、補光を利用した周年生産の研究事例が報告されたが、いずれも高緯度地方の国であり、それらの国では、補光は安定的な園芸生産のためには必要不可欠な技術であるようだ。セッション2では、被覆資材による拡散光に関する議論があった。我が国でも同様の試験があったが、効果についてははっきりしないところがあったかと記憶している。オランダのSilke Hemming氏によると、トマトやピーマンについて、拡散光により下部葉での受光効率が改善され、特に夏季については収量増加効果が期待できるとした。

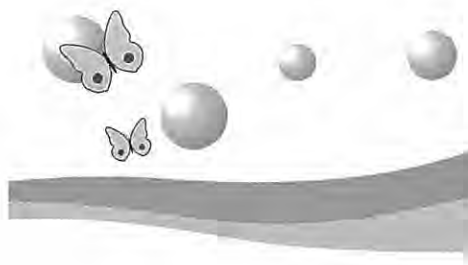
以上のようにこれらの高緯度地帯の国々では、いかに太陽光を効率よく利用するか、また、いかに不足する光エネルギーを人工照明で補い最大限の収量を確保するかというところに興味が集中している。一方、恐らく参加国中もっとも緯度の低いであろう我が国からは、千葉大学の古在氏が、いかに太陽を使わないで安定的に苗を生産するかというまったく逆説的な提案を行った。ここでは、人工照明による苗生産システムが紹介され、安定的に苗を供給することの重要性が力説されていた。同時に「植物工場：Plant Factory」の概念が紹介されていたが、ヨーロッパの人々にとってこの考え方は少々ショックだったようである。私の周

囲にいた人の反応は「なぜ太陽光を使わずに、わざわざ人工照明だけを使うのか？」というものであった。私が、日本の場合、冬季の低日射よりも夏季の高温が問題となり野菜などを施設で安定生産できず、太陽がむしろ邪魔になることがあると説明しても納得がいかないようであった。最後の総合討論でも、古在氏の考え方には賛否両論といったところだろうか。この部分は、太平洋側など冬でも日射が豊富な地域を持つ我が国と、冬の間はほとんど太陽を見ることができない国々との考え方の差であろうか。

3. まとめ（ちょっと大事なご報告）

ここでは、実用的な照明技術ということでシンポジウムの内容を紹介させていただいた。その他の課題については、誌面の都合上紹介を割愛させていただいた。なお、「Acta Horticulturae」という国際園芸学会雑誌において、今回のシンポジウムでのほとんどの発表内容について紹介されることになっているので詳しい内容についてはこちらを参照していただきたい（国際園芸学会ホームページ：<http://www.actahort.org/>）。

実は、このシンポジウムの最後にビジネスミーティングというものがあり、その場で次の開催地が日本になることが決定された。日本からの参加者が比較的多いということもあるが、ヨーロッパや北米など「補光大国」とは異なった視点からの開催が期待されているものと考えている。開催日程や場所その他まだ何も決まっていない状態であるが、決まり次第読者諸氏にも連絡差し上げたいと思う。



事例紹介

オゾンガスのハウス内散布による病害防除



廣瀬保祐*

私は、奈良県でハイポニカのトマト水平放任栽培を行っています。毎年、10月中頃から、ハウスを閉め切るために、いままで灰色カビ病と葉カビ病の発生とその被害に悩まされてきました。換気に気をつける11月頃から、光があたらずに黄化した葉、余分な葉、あるいは脇芽などを切り取った後（本来ならまめに掃除をしなければいけないのですが）、それらを地面に放置しておいたりすると、葉にカビが生えてきます。ハウスを閉め切っているため、サーキュレーター（換気の送風機）を常時稼働させているので、まさにハウス内に菌をばら撒いてしまっていました。このような植物残査をハウスに残さないようにすることが何よりも肝心ですが、生育しているトマトの病気の発生をできるだけ農薬の散布を減らして抑えたいと思っていました。オゾンガスをハウス内に放出することで葉カビなどの病気を抑えることができると知り、早速、導入しました。ガスの放出は、葉の蒸散が多く湿度の高い夜間（午後9時～翌朝午前4時）に30分間隔で30分、計8回稼働させています。1日あたりの合計稼働時間は4時間になります。1時間あたりのオゾン発生量は3.2gです。水平放任方式では、トマト植物体はちょうど藤棚のような格好で生育しており、葉の位置が高いためそれに見合う能力の高いサーキュレーターを使用しています。サーキュレーターの中にオゾンガスを送り込むようにしているので、ガスは拡散しハウス全体に充

満していると思います。この2年間はオゾンガスの濃度、稼働時間を変えていろいろ実験してきました。1～2か月齢の苗にオゾン障害が出たり、10時間も稼働させると正常な葉にもオゾンガス障害が発生したり、マルハナバチの幼虫の成長にも影響が出たりといろいろありました。ハウス面積は480坪ですが、先ほど示した条件で稼働させて、今は最高の状態です。オゾンガス処理を行うまでは、殺菌剤の散布を予防のため10～4月の間に4回ほど行ってきましたが、今年はまだ1回、予防のためしか使用していません。昨年は少し灰色カビ病と葉カビ病が発生しましたが、今年はまったく発生していません。この間、大阪の普及センターの方々が目にこられ感心していました。たまたま上手くいったのかも知れませんが、これまでなら冬の期間に葉が黄色くなり枯れると、胞子の様なものが葉にたくさん付着していたのがなくなり、枯れ葉もからっとしています。また、床面に残っていた枯葉も今までなら、蒸れてかび臭い臭いがし、明らかにカビが発生していましたが、カビの発生は認められません。

昨年の10月中頃より、ハウスサイドの開閉換気を一度もしておらず、天窓の自動開閉だけでできていますがまったく問題はありませんでした。人が作業をしない夜間に、ハウス内にオゾンガスを散布する方法で、これまでの薬剤散布回数が減り、非常に省力化ができ、トマトにも作業する人間にも良い技術だと喜んでます。



図1 水平放圧型栽培のトマトのようす

*廣瀬農園



図2 生産者の廣瀬さんと奥さん



図3 オゾン発生装置



循環式養液栽培システム自作体験記



中 川 浩 二 *

1. はじめに

養液栽培システムを自作するきっかけとなったのは、バラの循環式栽培システム現地実証圃である。設置面積が260㎡で、新たに給液装置が必要となり、農家と相談して自作することにした。実は、平成15年に千葉大学で開催された「養液栽培夏の学校」に参加させて頂き、その中で養液栽培装置の作成実習があり、講師であった宮城県農業園芸総合研究所の岩崎さんに相談すれば、何とかするような気がしたのである。岩崎さんには、結果として大変御迷惑をお掛けすることになってしまったが、突然お願いしたにもかかわらず、何度もメールで懇切丁寧なアドバイスを頂いた。失敗を繰り返しながら、完成に至るまでの養液栽培システム自作体験記を、苦労した点を中心にまとめてみることにする。

2. システムの概要

既存のロックウール栽培システムに、新規給液装置、排水回収用タンク、排水再給液用ポンプ、殺菌装置、制御装置等を新たに設置したものである。概要は図1のとおり。

＜循環式システム概略図＞

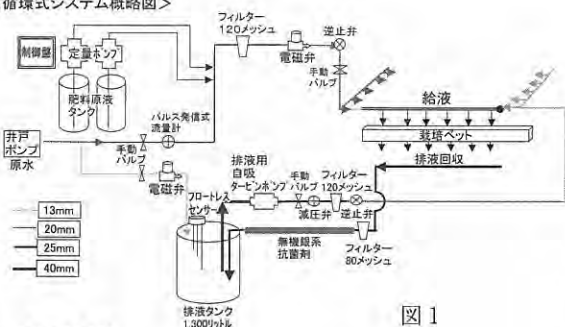


図1

3. 制御内容

1) 自動運転

①タイマー制御による新規養液給液

タイマーで設定した時間に新規養液を給液する。1回当たり給液時間は秒単位で設定する。

具体的な動作は、タイマーオンで新規給液用電磁弁が開き、原水が流れて、パルス発信式流量計が作動、流量0.1リットルで1パルス信号を発信する。このパルス信号3回を1回に変換し、電磁定量ポンプに信号を送る。電磁定量ポンプからダイヤル設定に応じた濃厚原液肥料が注入され、一定濃度の培養液をロックウールベッドに給液する。設定時間が来ると自動停止する。

②フロートレスセンサー制御による新規養液給液

排水タンクに取付けたフロートレスセンサーにより、一定量以下になると新規給液用電磁弁が開き、新規養液が給液される。設定量まで排水が貯まると停止する。

この給液中の、タイマー制御による新規養液給液は、自動的に解除する。排水再給液は、待機状態とし、停止後に自動的に給液を開始する。

③タイマー制御による排水再給液

タイマーで設定した時間に排水を給液する。1回当たり給液時間は秒単位で設定する。

具体的な動作は、タイマーオンで自吸タービンポンプが稼動し、排水タンク内に貯まった養液を再給液する。設定時間が来ると自動停止する。

2) 手動運転

①新規養液給液

自動・手動運転切り替えスイッチを手動に切り替えて、新規給液用スイッチを押すと、給液を開始し、設定時間が来ると自動停止する。

②排水再給液

自動・手動運転切り替えスイッチを手動に切り替えて、排水再給液用スイッチを押すと、給液を開始し、設定時間が来ると自動停止する。

③排水タンク給水

自動・手動運転切り替えスイッチを手動に切り替えて、給水スイッチを押すと、排水タンク内へ原水の給水が始ま

*広島県農業改良普及センター 花き普及課

る。再度給水スイッチを押すと給水が停止する。

4. 部品調達

最初、システムの概要はなんとなく頭でイメージできても、実際にどの部品を選択すればいいのか、どこに注文していいのか、特に制御盤内の電気部品についてはまったく見当もつかない状態であった。岩崎さんと何度もメールのやり取りをしながら、調達部品はほとんど決めて頂いた。調達先については、電磁定量ポンプ（(株)イワキ）、パルス発信式水量計（東洋計器（株））、プログラムコントローラーLOGO！（シーメンス（株））はメーカーから直接購入した。電気部品については地元の卸会社（ライト電業（株））をインターネットで探して卸値で購入した。水道工事関係のバルブやパイプは、大型建材専門店で調達した。部品一覧は次のとおり。

表1 調達部品一覧

名称	型式	金額
新規給液装置用物置		25,750
電磁定量ポンプ	EH-B30VC-200R4 (2台)	102,900
ストレーナー付フート弁	FSV-8X13 (2個)	2,940
パルス発信式流量計	LNB-25RC-01	17,325
制御装置一式		127,973
給液装置骨組工事一式		10,000
肥料原液タンク	100リットル (2個)	25,800
電磁弁	AC100 Φ20mm	中古品利用
スクリーンフィルター	AKY385 Φ25mm 120メッシュ	3,290
水圧計	AT-04 B-0613 0-0.4kg	3,465
手動ボールバルブ	Φ25mm	2,709
手動ボールバルブ	Φ25mm	1,700
配管用パイプ一式		4,000
自吸タービンポンプ（排液用）	三相200V 1.5kw	中古品利用
排液タンク	1300リットル	中古品利用
配管用パイプ一式		15,000
電磁弁	AC100 Φ13mm	15,000
スクリーンフィルター	AKY382 Φ25mm 120メッシュ	2,100
逆止弁	Φ20mm (2個)	5,314
樹脂製減圧弁	Φ25mm 45434-1-W	12,810
手動ボールバルブ	Φ25mm	1,942
手動ボールバルブ	Φ13mm	中古品利用
無機銀系抗菌剤		10,000
スクリーンフィルター	AKY382 Φ20mm 80メッシュ	2,100
合計		392,118

制御装置一式の詳細は次のとおり。

表2 制御装置一式（詳細）

名称	型式	金額
ブラボックス	OP2045	6,930
LOGO！本体	LOGO12/24RC	11,156
LOGO！増設モジュール	LOGODM824	4,462
サーキットブレーカ	BBC330N	3,098
サーキットブレーカ	BBC220N	2,205
24V電源	PS5RA24	3,623
押しボタンスイッチ	ABW110G・R・W	1,419
セレクトスイッチ	ASW210	620
フロートレスセンサー	PS-3S	5,490
フロートレススイッチ	AC100 61F-GP-N	8,130
端子台	T10-20	882
レール	アルミ製、長さ1000MM	473
裸圧着端子先開型	F1.25-3.5	378
	F-1.25-5	357
絶縁キャップ		500
電線等	ビニールキャブタイヤ・単芯電線	10,000
電源工事一式		68,250
合計		127,973

5. 組立作業・設置工事

まず、電磁定量ポンプや制御盤を設置する台を作成した。既存のシステムを参考に樹脂コーティングパイプを利用した。次に制御盤内の部品取付けと配線を行った。配線図は岩崎さんに書いていただき、そのとおり配線した。

次に現場で排液タンクと自吸タービンポンプの設置を行い、完成した給液装置を持ち込んで、配管工事と配線工事を行った。電源工事は地元の電気工事店に依頼した。完成した給液装置と制御盤は次のとおり。



図2
給液装置



図3
制御盤

6. プログラムコントローラーの設定

これが一番厄介であった。前記制御内容を、マニュアルを読んでプログラムを組んでみたものの、どうしてもうまくいかず、これも結局岩崎さんにほとんど作って頂いた。その後、制御内容を変えることが何度かあり、自分で変更したので、最近やっと理解できるようになってきた。紙面の都合上プログラムは掲載できないが、広島県農業情報ローカルネットワーク（<http://www.f-net.naka.hiroshima.jp>）の花き>バラ>の中に「循環式栽培システムの構築」という題で詳細を掲載してあるので興味のある方は参考にして欲しい。

7. 作業上の注意点

水道パイプ接続は確実に行う。のり付けしてプラスチックハンマーでしっかり打込む。ねじ込み部へのシールテープはしっかり巻いてパイプレンチでしっかり締める。電磁弁、フィルター、逆止弁等には方向があり間違えないこと。配線時に圧着端子の取付けは確実に行う。配線を間違えないこと。これらは、私が失敗した事例である。

8. 最後に

このシステムは今年の10月から今まで、大きなトラブルもなく順調に稼動している。岩崎さんをはじめ、多くの方々の御支援のお陰であり、心から感謝したい。



定年後からスタートした養液栽培



中山 道憲*

1. はじめに

徳島県海部町は県の南端に位置し、黒潮が沿岸近くを流れており、漁業や魚釣りが盛んな地域である。近くにはサーフィンで有名な生見海岸があるために、週末には多くの釣り客やサーファーが関西から訪れる場所でもある。また、町内には日本有数の清流と言われる海部川が流れており、中山氏の温室はその海部川の流域に位置する。中山氏は2003年4月までは、大塚化学(株)に約40年間勤務しており、養液栽培や養液土耕栽培を取り扱う研究・製造技術・営業とすべての部署を経験してきた。ここでは中山氏が、サラリーマンから定年退職後に農業を始めるにあたって直面した多くの苦労について紹介したい。

2. 高糖度トマト栽培を始めるまでの経緯

中山氏は、大塚化学の在籍時から「農家の儲かる農業とは？」という顧客重視の精神で、多くの製品開発や製造・販売業務に携わってきた。その一方で、これからの高齢化社会は、定年後のサラリーマンのように、素人でも比較的容易(マニュアル通り)に栽培できて、なおかつ経営的にも成り立つような施設園芸(養液栽培)があるべきだとの考えを提案していた。中山氏は、定年をむかえるにあたって、自ら提案していた農業を実践しようと決意、栽培作物としては高糖度トマトを選定した。その理由として、甘くておいしいトマトは消費者のニーズがまだまだ多いと考えられることと、収穫物の重量が軽いために(総収量が少ないともいえるが)、高齢者でも収穫・出荷の労力が少ないと考えたからである。また、大塚化学で研究していた高糖度トマトが、市場や消費者にどういった評価を受けるかを証明したかったこともある。

3. 農家になるために

中山氏は祖父の代からのサラリーマン家系で、親戚にも農家はいない。ゼロから農業を始めようと考えたものの、農家になるためには農地が必要で、農地を買うためには農家の権利が必要であるといったパラドックスに気が付くことになる。しかし、中山氏は営業時代からの人脈もあって、徳島県海部町の生花業者の紹介で中古温室付きの農地を購入することができた。中山氏は農地を購入するとともに、高糖度トマトについて徳島県の行政や、地域の農業委員会に対して積極的にPR活動した。また、大塚化学(株)栽培研究センターでの実務を農業経験として生かすことによって、徳島県としては初適用となる新規就農施設等支援資金制度を受けることとなった。特に就農計画の提出時には収益性の見込みに対する審査が厳しかったが、過去の研究テーマを引用して論理的な資料を作成し、行政に対してプレゼンテーションをおこなった。そこでも、人脈?というか、会社の後輩や研究員を大いに活用していたようである。

4. 耕種・施設概要

施設面積：1300m²

栽培システム：徳寿工業(株) 循環型RW方式

栽培品目：トマト(品種：ルネッサンス)

作型：年1作・促成長段栽培(8月定植～6月栽培終了)

作業人数：本人、パート1～2名



図1 ハウス外観

*執筆：岡 准慈 大塚化学(株)栽培研究センター(本会運営委員)

5. トマト栽培を始めて

農業を始めるために様々な難関を乗り越えて、2004年8月20日にはようやくトマトの初定植にこぎつけた。品種は、食味が優れていて、ホルモン処理やマルハナバチの必要がないルネッサンスを選定した。しかし、定植後すぐに台風16号の襲来を受け、ハウスの被覆材がとばされて一部の苗が被害にあった。施設については園芸施設共済のおかげで修復することができ、苗も部分的に植え替えただけで大事には至らなかった。収穫は12月初旬から始まり、非破壊糖度計で選別した後に、(株)アグリベストを通じて大阪や東京の市場に出荷している。一方で、地元の人々にも、どのような作物を作っているか知っていただくために、町内のショッピングセンターに出荷している。経営面積が13aと少ないために多量には出荷できないが、甘くておいしいトマトが口コミで広がり、購入した消費者から中山氏まで直接問い合わせがあったり、温室を訪問される常連客まで増えてきたとのことである。中山氏は、「大都市圏でなくても、高糖度トマトのニーズはまだ多い」と自ら生産した高糖度トマトに自信を持っている。今後は経営面積を30a程度まで拡張し、さらなる安定生産を目指す予定である。



図2 ハウス内



図3 ルネッサンス果実

6. 将来の展望

トマト栽培を始めてまだ1年に満たないが、「サラリ

ーマン定年後のゼロスタート農業」としては満足のできる品質の高糖度トマトを生産できており、規模拡大を視野に入れるとともに、農家としての第2の人生をスタートしたところである。健康面ではサラリーマン時代と変わらない規則正しい生活を送れるとともに、以前は80kg以上あった体重が、65kgまで減少しており、ダイエット広告の使用前・使用後の写真のように贅肉がすっきりと落ちて足取りが軽くなったとのことである。住居も海部町に家を構えて、水と空気のおいしい海部町を第2の故郷として健康な生活を送りたいと考えている。



図4 収穫果実



図5 出荷箱

7. 最後に執筆者から

サラリーマン時代の中山氏は私の直属の上司であり、本人が退職後にトマト栽培を始めると聞いたときには、「また悪い冗談を！」と私以外の社員も思ったであろうし、親切な方は「無理だから絶対やめておけ」と忠告していたと聞いている。しかし、今のトマト栽培に夢中になっている中山氏を見ていると、前文の心配が杞憂に終わったことを実感するとともに、改めて養液栽培の将来性を感じている。初期投資額が大きいという問題はありますが、肥培管理や病害虫防除などの栽培マニュアルとミスを最小限に抑えるための栽培指導体制、さらには生産物の販売体制が整っておれば、知識や経験の少ない方でも安心して養液栽培を始めることが可能であろう。



図6 中山夫妻と池田先生



PASONA O2（パソナオーツ）の紹介



岡 准 慈*

1. はじめに

2005年2月11日に東京大手前のオフィス街地下に、完全制御型の植物工場がオープンした。植物工場を運営するのは、大手人材派遣会社の株式会社パソナである。ホームページでの南部社長のメッセージを引用すると、都会の人々に農業を身近に感じてもらい、新しい農業を体験して、農業分野における雇用創出を目指すことを目的に開設されたとのこと。農業人口は減少の一途をたどっているが、一方で中高年のサラリーマンが職を失い、卒業後も定職に就けない若者も存在する。そこで、農業インターンプロジェクトを開催して、農業に対して意欲ある人材をサポートし、農業を新しい雇用の場として開拓したいとの考えがある。

ここでは、4月と5月に編集委員がパソナオーツを訪問したので、その概要について報告する

2. 栽培室について

パソナオーツでは、太陽光の届かない地下室で、LEDや植物育成用ランプなどの人工光のみを光源として、室温もコンピューターで管理している。都心の一等地での植物工場は、日本では初めての試みとなる。以下のとおり6室に分かれており、中央にはリラクセスできるカフェテリアがある。全面積は300坪で、栽培管理は3名が担当している。

Room1 花畑／赤色・青色・白色・緑色発光ダイオード（LED）による植物栽培

Room2 ハーブ畑／メタルハライドランプによるハーブ栽培

Room3 棚田／メタルハライドランプとナトリウムランプによる稲の栽培

Room4 果菜類栽培／水耕栽培によるトマト栽培

Room5 野菜畑／野菜の栽培

Room6 育苗室／21世紀型の植物工場

カフェテリア 6つの部屋の中央に位置する

3. 雇用創出に向けての

農業インターンプロジェクトについて

パソナでは2003年より毎年農業インターンプロジェクトを主催しており、2005年度は青森県の果樹農家と、秋田県の水稲・野菜農家で計12人の研修を行う。研修期間は6月～10月と長く、農作業実習を受けながら、自ら栽培作物の企画や生産、流通、販売までを実行し、農業経営者として将来独立できるようなプログラムとなっている。本年9月以降は改正農地法により株式会社の農業参入が解禁され、外食メーカーや食品メーカーを中心に農業への新規参入が加速すると思われる。近未来には日本の農業構造が大きく変わることが予想されるために、(株)パソナは農業分野における人事派遣のパイオニアを目指している。

4. おわりに

私がパソナオーツを訪問したときの第一印象は「植物をインテリアとした美しいショールーム」であった。人工光と空調面では趣向を凝らしてあるが、水耕はRoom4のトマトとRoom6のサラダナの2部屋である。また、インターンプロジェクトは果樹と水稲が中心で、施設栽培や養液栽培の研修はほとんどなかったようである。植物栽培や人工光のイメージはつかめるが、実際の農業に関係する資料室（図書・ビデオ）があってもいいと思った。パソナオーツの紙上館長は、施設園芸の研修も必要と考えており、日本養液栽培研究会の活動についても興味があり、研修の派遣や協力について検討したいとの意向をもたれていた。

*大塚化学株式会社 アグリテック事業部 栽培研究センター（本会運営委員）

株式会社パソナ

パソナオーター

<オープン時間：月～土 11:00～18:00>

住所：東京都千代田区大手前町2-1-1

大手町野村ビルB2F

TEL:03-6734-1070 <http://www.pasona.co.jp>



図4 Room4



図1 Room1



図5 Room5



図2 Room2



図6 Room6



図3 Room3



図7 カフェテリア

研究の紹介

施設園芸における労働衛生と環境制御



石井 雅久*

1. はじめに

これまでの施設園芸は、作物生産に対する最適性や経済性が優先されてきた反面、農作業に対する労働衛生環境への配慮は少なかった感がある。近年は、施設経営農家の高齢化や後継者不足が問題となる一方で、施設規模の拡大と雇用、施設の周年利用化によって経営を安定化させることへの期待が高まっている。このような情勢のなかで、施設園芸が持続・発展するためには、農作業が安全かつ快適に労働できる環境を創出する必要がある。

以下では、温室内の労働衛生を管理する上で重要な、温熱環境と空気質について調査した結果を示す。また、温室の労働衛生に関する環境制御上の問題点と今後の課題について、著者の観点から論じてみたい。

2. 温室における温熱環境の実態調査

温室内の環境を制御するという点からみると、日射、光質、気温、湿度、風速、ガス濃度等の物理量は各種センサで計測できるのに対し、人間の温熱感覚そのものは直接、計測することができない。そこで、各種の環境因子が人間に引き起こす感覚を予測する指標が必要となる。人間は体内で産出した熱をほどよく外部に逃がして熱の平衡状態を維持し、深部体温を一定に保っている。この人間と環境との熱交換に影響する要素を温熱環境要素という。温熱環境要素には、気温、湿度、気流、放射（環境側の要素）と作業量、着衣量（人間側の要素）の6因子があり、これらを一つの尺度で表現する指標を温熱環境指標という。

ここでは、代表的な温熱環境指標である湿球黒球温度（Wet Bulb Globe Temperature: WBGT）を用いて、形式や構造が異なる3種類の温室の温熱環境を評

価した例を示す。なお、温室内の湿球黒球温度は、乾球温度をTd、自然湿球温度をTw、黒球温度をTgとすれば、次式で求まる。

$$WBGT = 0.7 \times Tw + 0.2 \times Tg + 0.1 \times Td$$

一般に、高温抑制効果が高いといわれるフェンロー型温室の気温は、大屋根型温室と明確な差はなかった。また、日本体育協会が定める「熱中症予防のための運動指針」によって、両温室の温熱環境を評価すると、夏季だけでなく冬季も湿球黒球温度が高く、熱中症の発生に「注意」を要する温度域に達した。さらに、パイプハウスも同様に、外気温が比較的に低い春季においても湿球黒球温度が高く、「運動は原則禁止」の温度域に達した（図1）。以上より、わが国で広く普及している温室は、年間を通して暑熱環境下にあることが明らかとなった。

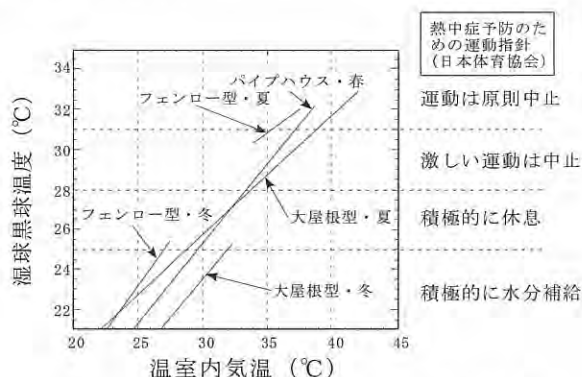


図1 各温室の気温と湿球黒球温度の周年変化（奥島ら，2000）

3. 温室における空気質の実態調査

オフィスビルや工場、公共施設などの一般建築物内の空気質は、様々な法律や基準によって管理されているが、温室内の空気質は把握できていない。そこで、

*独立行政法人農業工学研究所

トマトを生産する茨城県内のフェンロー型温室（養液栽培）および栃木県内の大屋根型温室（土耕栽培，養液栽培）において，室内外の空気質（浮遊粉塵，浮遊性カビ）を調査した．浮遊粉塵量（以下，粉塵量）の測定には，パーティクルカウンター法（ 1L min^{-1} で2分間吸引），浮遊性カビのコロニー数（以下，カビのコロニー数）の測定には，吸引サンプリング法（ 1L min^{-1} で30分間吸引， 25°C の恒温で48時間培養）を用いた．

各調査日とも，フェンロー型温室内の粉塵量およびカビのコロニー数は，室外と明瞭な差はなく，室内外の空気はほぼ同じ清浄度であった．なお，室外の粉塵量およびカビのコロニー数は，各調査日間に大きな変化がなかったため，平均値として示している（図2）．一方，大屋根型温室も，室外と室内の粉塵量に差はなかった．さらに，土耕栽培温室と養液栽培温室の粉塵量は同じ 10^5 のべき乗単位にあり，両室の空気質は同じ清浄度であった．ただし，6月21日の養液栽培温室は，室内の粉塵量が室外よりも約 3×10^5 個 L^{-1} 程度多かったが，これは測定の約1時間前に実施された室内清掃の影響が残っていたと考えられる（図3）．すなわち，清掃時は粉塵が容易に舞い上がり，長時間，室内を浮遊し続ける．しかし，この粉塵量のオーダーは，一般建築物よりも少なく，クリーンルームに近い清浄度であった．

以上より，温室内の空気質は室外と同じであり，清浄度はきわめて高いことが明らかとなった．一方，養液栽培は土耕栽培と比べてクリーンなイメージが定着しているが，空気質面では両者に明瞭な差はなかった．しかし，温室内を浮遊する粉塵や微生物の管理は，農作業に対する労働衛生という観点だけでなく，園芸作物の病害防除という観点からも重要であり，細心の注意をはらう必要がある．

4. おわりに

わが国で広く普及している温室（フェンロー型温室，大屋根型温室，パイプハウス）内の空気質については，

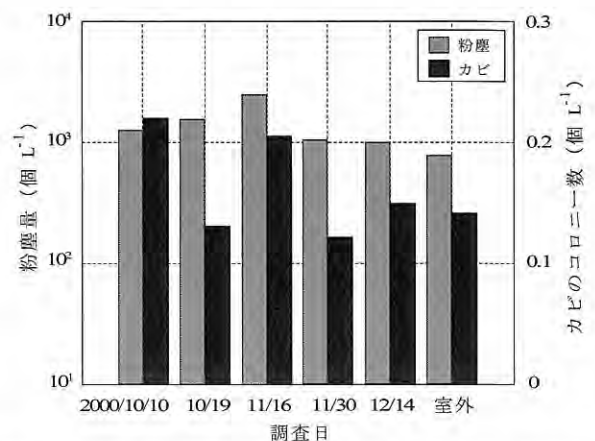


図2 フェンロー型温室内外に浮遊する粒径 $1\mu\text{m}$ 以上の粉塵量およびカビのコロニー数（奥島ら，2001）

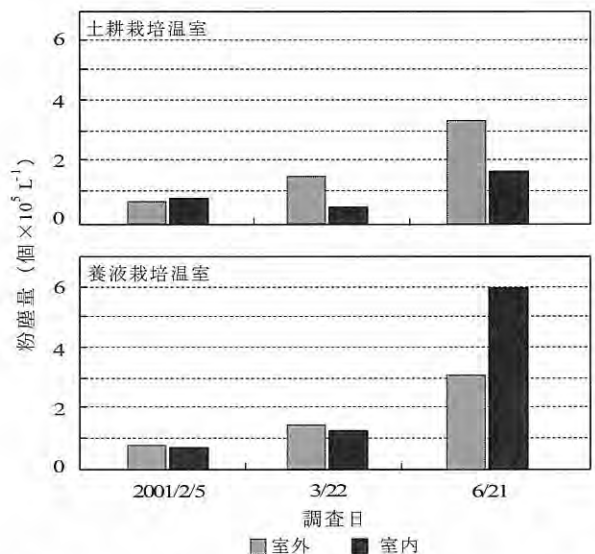


図3 大屋根型温室内外に浮遊する粒径 $0.3\mu\text{m}$ 以上の粉塵量（奥島ら，2001）

衛生上の問題はなかった．しかし，温熱環境については配慮する必要がある，温室内で作業するときには積極的に水分を補給するなど，熱中症の予防対策を講じる必要がある．古来より，日本家屋は「夏を旨とせよ」いわれてきたが，これは現在の温室にも通じる考え方である．今後は，周年利用化に向けた温室構造および環境制御システムを開発する必要がある．また，温室の環境制御ロジックに，農作業者の安全・快適性を考慮した温熱環境指標を組込むことも重要である．



北米における接木苗生産と利用の現状



久保田 智恵利*

1. はじめに

果菜類の苗の接木技術は、これまで東アジアおよびヨーロッパにおいて積極的に導入され利用されてきた。Lee (1994)の報告によると、日本では果菜類（スイカ、キュウリ、メロン、トマト、およびナス）の栽培面積の59%、韓国では同様に81%に相当する割合で、接木苗が利用されているという。1990年代初めに接木技術はアジアからヨーロッパに普及し、農業削減、土壌病害の克服などに大きく貢献してきた（Oda, 2002）。また、大量生産に適した接木方法の開発とともに大規模な接木生産施設がヨーロッパにおいて展開した。

果菜類栽培において接木利用によって得られる利点は、1) 土壌伝搬性の病原菌耐性および線虫耐性の獲得、2) 収量増大、および3) 「樹勢強化」により環境ストレスに対する植物の耐性向上、などが挙げられる。東アジアおよびヨーロッパにおける接木苗の利用は、これまで、上記(1)を主目的として行われてきたものであり、その結果、接木苗の利用は露地栽培および施設内の土耕栽培においてが一般的である。

北米における接木苗の利用は、東アジアおよびヨーロッパに大きく立ち遅れた。しかしながら、近年のオランダ式大規模施設園芸・養液栽培技術に基づく作物生産法の普及と施設面積の急速な拡大に伴って、接木苗導入による収量増大、品質向上が注目を集め、接木の技術と利点が北米の施設園芸生産者に知られるようになってきている。温室栽培、特に養液栽培における需要が主であることは、北米における接木苗利用の大きな特徴である。しかしながら、このことは本来利益を得るはずの露地生産者が接木に興味がないというわけではない。露地生産者からの需要がまだ少ないのは、

接木の利点などに関する情報が北米においてまだ少ないこと、接木を生産する苗業者が限られていること、接木苗の価格が露地生産用の苗のその数倍以上の高価格であること、が挙げられる。また、北米における大型温室作物生産者は概してヨーロッパ（特にオランダ）からの移民であり、移民と共に接木などの技術を導入してきた。このような高度な技術を有する生産者からの需要と、本国に勝る成功をもとめる文化的背景と努力が、北米における接木苗生産の原動力になっている。北米施設栽培において注目度の高い接木苗生産と利用の現状を報告する。

本報告の一部は2004年7月に米国園芸学会大会ワークショップにおいて講演し、プロシーディングスとして投稿したものをもとに、修正・加筆したものである。

2. 北米各国における接木苗生産

北米における接木苗需要は主として温室養液栽培生産者からによるものである。従って接木苗技術の普及はアジア、ヨーロッパの諸国におけるそれと比較して非常にユニークな経緯を経ている。NAFTA（北米自由貿易協定）を背景に、接木苗の生産と販売は農産物同様に、国内だけでなく国際市場を舞台としている。以下、カナダ、米国、メキシコの順に現状を概略する。

カナダの接木苗生産は、施設園芸が盛んなブリティッシュコロンビア州およびオンタリオ州において行われている（2004年現在の総生産数：年間2千万本）。北米における接木苗の急速な需要増大を背景に、カナダの接木苗生産者のいずれもが、生産規模を拡大しつつある。ブリティッシュコロンビア州の接木苗生産会社（2社）は、各社とも年間1千万本近くを生産する。ブリティッシュコロンビア州の接木苗生産会社は州内のみならず、米国、メキシコの温室作物生産者へ接木苗

*アリゾナ大学農学生命科学部

を販売している。実際、これらの接木苗生産会社の主要顧客リストの上位は米国内の企業数社（いずれもトマト養液栽培）が占める。これに対して、オンタリオ州の接木苗生産はどれも比較的小規模（年間10～75万本）である。オンタリオ州の接木苗生産はそのほとんどが州内での需要に向けたものであり、一部を米国の近隣の州へ販売している。

カナダで生産される接木苗は開花前の花芽を有するほどの大苗またはプラグ苗の形で販売される。ユニークなのは、接木プラグ苗を購入したものを、自社の温室で数週間育てて大苗に仕立ててから、それをまた販売すると言う「中間業者」も存在することである。プラグ苗は大苗よりも2週間ほど短い生産期間であり、輸送しやすいことから遠距離への販売はプラグの形態で行われることが多い。輸送方法は、大苗の場合にはトレーラー（空調機付）による陸上輸送であり、プラグの場合には空輸となる場合が多い。長時間の輸送は苗質低下をもたらすため、トレーラーによる陸上輸送は最大で3～4日程度である。

米国における施設園芸はカナダに大きく遅れを取ったものの、近年のメキシコの施設園芸ブームの影響を受けて、施設園芸の総面積は拡大しつつある。残念ながら米国における接木苗生産業者はまだ存在せず、米国の生産者はカナダから接木苗を購入せざるを得ない。例えば、アリゾナ州にある企業は100 haに近い温室面積を持ち（全米最大）、房どりトマトやミディトマト（カクテルトマト）の周年生産を行っており、年間75 kg/m²ほどの高い収量を誇る。その高い収量を支えている技術の一つに接木苗の導入がある。現在、ここで使用されるトマト苗はすべて、カナダ・ブリティッシュコロンビア州から陸上輸送される接木苗（2本立て）である。トマト接木苗を利用する際に、従来の1本立て苗ではなく、2本立て苗とすることは、北米では一般的である。これは、面積あたりの移植苗数を半分にすることにより、接木苗導入のコスト（栽培面積あたりのコスト）を抑えるためである。接木苗の場合には1本立ておよび2本立ての苗を利用した場合に、栽培面積あたりの収量には差がないこと（アリゾナ大学、未発表データ）から、2本立て苗の利用は有効なコスト削減対策である。自根苗の場合には2本立てとする

と1本立てに比較して10～15%程度の収量減となることが確認されている。このことは、台木のもたらす発達した根系が、地上部の旺盛な生育と収量を維持しているためと考えられる。

メキシコの施設園芸の伸びは目を見張るものがある。1991年における施設（野菜類）面積はわずか50 haであったが、1999年には600 ha、2004年には2200 haというように年率で数十%の勢いで拡大している（AMFI統計データ）（Steta, 2004）。このことを背景に接木苗の需要も急激に高まっている。ハリスコ州にある米国系企業（温室面積330 ha、房どりミニトマト生産）は独自の接木苗生産部門をもち、自社内で使用する苗を供給している。また、メキシコ・米国国境に近い生産者はカナダから接木苗を輸入する。カナダからの接木プラグを買い受けて、大苗に仕立ててから売る中間業者も存在する。また、露地向けの接木苗生産も多く行われている。メキシコにおける施設栽培向けの接木苗生産数はおよそ1千3百万本と推定される。露地向け接木苗の生産数はさらに多いと推定されるが、実際の数値は不明である。

3. 北米における接木の生産方法

北米において、接木方法としてはプラスチック製の接木チューブを用いる方法が一般的である。接木後の養生法（施設）はさまざまである。カナダにおいては温室内での養生・順化が一般であるが、メキシコでは一部、人工光を利用した養生設備が導入されている。数日間の養生後、穂木の活着を確認した後、ピンチ（成長点の除去）を行い、側枝を2本伸長させる。2本立ての接木苗の典型的な生産方法では、接木位置を子葉の直下とすることで、子葉腋から2本のシュートを同時に伸長させることができる。ピンチ後、芽が伸長し始めたところで販売されるのが2本立ての接木プラグ、さらに2から3週間ほど生育させ、花芽が目視できるようになったところで販売されるのが大苗である。

4. 接木苗利用の問題点と研究課題

北米は接木苗利用に関しては歴史が浅く、日本での生産量に比べるとまだ10分の1以下であるが、その伸び率と需要・供給のアンバランスは興味深い特徴であ

る。また、広大な面積を有する北米ならではの輸送・貯蔵などに関する特有な問題点が存在する。

(1) 接木苗生産者が限られること

この問題は特に米国において深刻である。米国の大型温室作物生産者はいずれもカナダの接木苗生産会社と契約を結び、接木苗を導入している。アリゾナ州最大の温室作物生産者は、年間を通じて5百万本ほどのトマトの接木苗をすべてカナダから購入している。空調機付の大型トレーラーが毎月10数台、カナダから2日間をかけて苗を輸送する。インタープランティングという方式で1年365日途切れ目なく生産を続けるこの企業にとって、良質な大苗を導入することにより、移植から収穫開始までの期間を削減することは重要である。

小規模な温室生産者にとって、接木苗生産者が限られることは深刻な問題である。東海岸の生産者は、オンタリオ州の接木苗会社複数にコンタクトをとったところ、いずれも2年さきまで予約生産でいっぱいであり、これ以上の発注を受け付けられないと言う。

(2) 輸送可能距離に限界があること

接木苗生産者が限られることから、温室生産者は接木苗を遠隔の苗生産者から購入することを余儀なくされる。大苗を導入するためにはアリゾナ州ウィルコックスの生産者はカナダから2日間の陸上輸送、メキシコ・ソノラ州の生産者はカナダから4日間の陸上輸送を得て接木苗を獲得する。メキシコへの陸上輸送は、途中、メキシコ米国国境において、検疫とトレーラーの交換（カナダトレーラーからメキシコトレーラーへ荷物の積みなおし）をするという。受け入れ側温室会社の担当者がこの積みなおしに立ち会う。陸上輸送によるカナダ産接木苗の導入はメキシコ北部に限られ、それ以南では苗の品質低下のため現状では困難である。アリゾナ大学C E A C植物生理研究グループではかねてから輸送期間中の苗の品質低下に着目し、これを維持する技術の開発を行っている（例えば、Kubota et al., 2004）。

(3) 接木可能な品目および台木品種が限られること

北米において接木苗が利用される品目は、トマトが主である（90%以上）。ナス、キュウリの接木苗も導入されているが、オンタリオ州などで少数あるいは試験

的に生産されている程度で販売数は非常に少ない。メキシコではトマト以外の果菜類の接木苗も生産されているがこれらは露地生産用であり、それら品目の実際の接木生産数は不明である。現在、北米において入手可能な台木品種は3～4種程度しかなく、マキシフォート（De Ruiter Seeds社）はその中でも最も使われる典型的なF1台木（トマト）である。北米での栽培品種と台木との不和合性などについてはまだあまり研究例がないようである。

(4) 接木苗の利用が温室栽培に限られること

北米における果菜類の生産はまだ露地栽培によるものが多い。生食用トマトの施設栽培面積は北米3国を合わせてもわずか1,776haであるのに対し、露地生産（生食用トマト）のそれは115,417haである（Cook and Calvin, 2005）。これらの露地生産者が接木苗の利点を知り、かつ苗生産者が低価格の露地用接木苗を供給するようになれば、接木苗の利用総数は数十倍に跳ね上がる。人件費の安いメキシコを生産基地として米国以北に接木苗を供給するという形態は大きな可能性があり、事実、このような方向性を検討している北米の種苗会社も存在する。また、米国農務省は臭化メチルの代替技術対策開発のための研究助成金を有しており、そのひとつとして接木苗・生産利用に関する研究補助を行っている。

5. 終わりに

接木苗は多くの国々で効果的な農業技術として発展した。北米においては、これらの国々に大幅な遅れを経て、近年、独自の発達を遂げつつある。北米における温室作物生産会社および苗生産会社からの接木苗利用および生産に関する興味はさらに増大を続けると期待できる。接木苗の利点、生産技術に関する知見を得ることにより、温室生産者だけでなく、露地生産者も利用可能な技術となり、農薬使用量、施肥量、水利用量などの削減につながる可能性がある。

引用文献

Cook, R. and L. Calvin. 2005. Greenhouse Tomatoes Change the Dynamics of the North American Fresh Tomato Industry. Economic

Research Report No. (ERR2) 86pp,
<http://www.ers.usda.gov/publications/err2/>
 Kubota, C., M. Kroggel, D. Solomon, and
 L. Benne. 2004. Analyses and optimization of
 long distance transport-ation conditions for high
 quality tomato seedlings. *Acta Horticulturae*.
 659:227-234.
 Lee, J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables. 1.
 Current status, grafting methods, and benefits.

HortScience. 29:235-239.
 Oda, M. 2002. Grafting on vegetable crops. *Sci.*
Rep. Agric. & Biol. Sci., Osaka Pref.
 Univ. 54:49-72.
 Steta, M. 2004. Mexico as the new major player in the
 vegetable greenhouse industry. *Acta*
Horticulturae. 659:31-36.



海外文献の紹介

■灌水方法と栽培時期が水耕栽培ズッキーニの生育、収量、果実品質、養分吸収に与える影響

Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of
 hydroponically cultivated zucchini squash as
 affected by irrigation systems and growing seasons.
 Youssef Rouphael, Giuseppe Colla. 2005.
Scientia Horticulturae. 105:177-195.

ズッキーニは地中海地方で重要な商業作物の一つであり、イタリアでは12,200haの栽培面積がある。春から夏または夏から秋にかけて施設内で、点滴灌水システムを用いた養液土耕栽培を行うのが一般的である。この20年間で養液栽培が増加してきているが、ズッキーニに関する研究報告は少ない。本研究では二つの栽培時期（春－夏と夏－秋）と二つの循環型の灌水システム（点滴灌水と底面灌水）でズッキーニ ‘Afrodite’ (Syngenta) を栽培し、栽培期間、収量、吸水量、果実品質、総栄養吸収量、培養液組成を比較した。バーミキュライトに播種後、本葉2枚展開時（播種15日後）に混合培地（ピート：軽石（直径5－10mm）＝1：2、体積比）を3.4 L 充填したポット（直径17cm、高さ19 cm）に移植した。ポットは長さ6 m、幅0.26m、傾斜1.5 %のベンチに設置し、栽植密度は2.1 株/m²とした。気温が25℃以上で換気をした。栽培期間中、ECは2.4dS/m以下で推移し、培養液は交換しなかった。

春－夏では点滴灌水に比べ底面灌水において収量が18%減少したが、一方で乾物重と単糖類含有率が増加するなど、品質が向上した。夏－秋では収量に差は現れなかった。栽培時期に関わらず、栽培終了時の培養液濃度は点滴灌水に比べ底面灌水で低くなった。

総収量および可販果収量は春－夏に比べ、夏－秋でそれぞれ35%、33%減少した。果実あたりの重量に差は認められなかったため、弱光により雌花の数が減少したものと推察された。一方、夏－秋では収穫日が10日早まった。これは夏－秋の高い平均気温が果実成熟を促したためと考えられた。また、糖・デンプン含量が増加するなど、品質が向上した。これは夏－秋の栽培後期における気温の低下、葉面積の低下により蒸散要求量が減少したためであると考えられた。

培養液中の無機成分の経時変化は元素によって増減が異なり、点滴灌水では急激な変化を示したのに対し、底面灌水ではゆるやかな変化を示し、培養液の循環利用における施肥管理労力の軽減が期待できた。ズッキーニは水利用効率が高いことから、地中海地方のような水資源が限られた地域における培養液循環型システムと組み合わせた栽培は有効であると考えられた。



アメリカ・ノースカロライナ州見聞

浅尾 俊 樹*



図1 園芸学部Kilgore Hall

2004年4月から12月まで、アメリカ・ノースカロライナ州立大学園芸科学部のピート教授のところに研修へ行く機会を得た。今回は、ハイドロポニックス（第18巻2号）で塚越氏（千葉大）が報告された部分を除き、当地で見聞したことを報告する。

ピート教授の研究室では、パーライト耕による高糖度トマト生産の研究が行われていた。ホーグランド液をベースにした培養液に塩化ナトリウムを添加し、EC値を7ぐらいまで高めていた。トマトの品種はトラストなどを使用していた。対照区と比べてその糖度にあまり差がなく、食べてみても日本の品種と比べて甘さを感じなかった。ただ、高ECにも関わらず、尻腐れ果がほとんどみられなかったのはその使用品種によるのかもしれない。また、キンポウゲ科の多年草であるBlack cohosh（北米東部原産）という薬用植物（図2）の養液栽培の試みが行われていた。主に根茎利用されるが、エアロポ



図2 Black cohosh



図3 エアロポニックシステム



図4 エアロポニックシステム（内部）

ニックシステム（図3、4）では困難のようであった。

ピート教授は野菜の授業を担当し、その中には講義と実習（図5）、そして生産者や市場の見学などが行われていた。見学には大学所有の15人乗りバンが2台利用され、ときどきピート教授も運転していた。



図5 ピート教授の授業（トマトの誘引）

パーライト耕（培養液は垂れ流し）でトマト‘トラスト’（図6）を栽培している農家を見学した。家族経営で約200m²のビニルハウス1棟で1年1作作られていた。ハウスの上部には外気を取り入れるためのダ

*島根大学生物資源科学部



図6 パーライト耕（トマト）



図7 外気吸入用ダクト

クト（図7）が設置され、温度上昇を緩和していた。

各種トウガラシを生産（栽培、出荷）している会社を見学した（図8）。メキシコ人を労働力として使い、主に契約しているレストランに出荷していた。

トタン板のようなものでできている地方市場の建物では、タバコの集配（ノースカロライナ州ではタバコ博物館もある昔ながらのタバコの産地である）や野菜の競りが行われていた（図9）。日本と同じように競り人が大声を上げていた。



図8 トウガラシの選別・出荷



図9 地方市場の競り



図10 イチゴ（露地栽培）



図11 感謝祭用カボチャ栽培

大規模農家では、イチゴ、感謝祭用カボチャ（図10, 11）を栽培し、ビニルハウスでは有機質肥料を液肥にし（水を加えてしばらく置き、上澄みを利用）、3種のレタスを混植栽培していた（図12）。パキュームシーダーや収穫機など充実していた。来客用に遊園地を敷地内に作り、そこにはコーンを使った砂場（砂の代わりにコーンの種子）やカボチャ飛ばしなどがあり、小学校からの遠足も受け入れていた。

1年に一度（秋）State Fairが開催される。普段駐



図12 有機質液肥を使用したレタス栽培



図13 品評会（State Fair）

車場であったところに突如遊園地が現れる。日本では考えられないジェットコースターや観覧車などの施設（足場が板で高さ調整されるなどとても危険？）が作られる。その中では農産物の品評会も行われていた（図13）。

ノースカロライナ州は日本にとってあまり知られていないところだが、ライト兄弟が行ったフライト地が大西洋側にあり、ナショナルパーク（図14）になっていた。

下手な英語で養液栽培とオーガニックとのコンビネーションを提案した時、「それはアメリカでは考えない」と言いながら、最後まで親切に面倒見ていただいたピート教授に他のスタッフとともに感謝したい（図15）。研修期間中、「これがアメリカンスタイルなんだね。」と、互いに言い合ったキム氏とは来年、韓国で行われる国際園芸学会で再会することを楽しみにしていた。



図14 ライト兄弟ナショナル・パーク



図15 右よりキム氏、ピート教授、ベス（院生）、クリス（リサーチ・スペシャリスト）、私

ワンポイントメモ

～植物無機栄養ならびに培養液用肥料について～

■モリブデン（Mo）

モリブデンは植物にとって最も必要量の少ない必須元素である。しかし、モリブデンは土壌が酸性になるほど鉄やアルミニウムと結合し不溶化する割合が増えるため、石灰が充分施されていない酸性の新規開墾畑で欠乏障害が発生しやすい。一方、モリブデンは微量元素のなかで必要量が最も少ないにも関わらず、他の微量元素に比べ過剰障害がでにくい元素である。植物は吸収した硝酸態窒素をアンモニアに還元してタンパク質をつくるが、モリブデンは硝酸を還元する酵素（硝酸還元酵素）の構成成分であるため、畑作物にモリブデンが欠乏すると生育が衰え、植物体内に硝酸が蓄積する場合が多い。また、マメ科植物の根には植物が直接利用できない分子状の窒素（ N_2 ）を利用可能なアンモニアに還元する根粒菌が生息しているが、モリブデンはこの還元反応を触媒する酵素の構成成分で

もある。このように、モリブデンは植物の窒素代謝にとってきわめて重要な役割を果たしている。また、ビタミンCはモリブデンが欠乏すると減少し、逆に、施与すると増加することから、ビタミンCの生成にモリブデンが関与していると考えられる。

モリブデンの欠乏症状は作物によって多少異なるものの、葉の湾曲（内側にカップ状に曲がる）、中肋に沿って葉身が付着した鞭状葉、葉の黄化ないし黄化斑点などの症状が認められる。モリブデンは植物体内で移動しやすいため、欠乏症状は古い葉や組織から現れる。作物としてはカリフラワーやブロッコリなどのアブラナ科野菜で欠乏症状が発生しやすい。なお、実際の養液栽培ではモリブデンの欠乏症状が現れることはまずない。

研究の紹介

培地の物理的特性の解明から 高設栽培イチゴの高生産性をめざす



遠 藤 昌 伸*

1. 緒言

近年、栽培管理や収穫などの作業姿勢改善を主目的として、各地で高設式のイチゴ養液栽培システムの普及が進められている。イチゴの養液栽培には、1980年代にNFT栽培が、1990年代にロックウール栽培が導入されたが、現在ではヤシ殻、ピート、パーク等の有機培地の利用が増加している。培地はそれぞれに固有の物理的特性を有しているため、培地毎に適した給液管理を行う必要がある。イチゴは他の作物に比較して根系が浅く、果実肥大時には軽度の乾燥ストレスでさえも減収となるが、その一方でイチゴの根の酸素吸収量は多く、保水性の高い培地では過湿となり酸素不足となる危険性がある。培地中の液相・気相のバランスは、イチゴの生育・収量に影響する大きな要因である。しかしながら、固形培地耕の普及が進んでいるにもかかわらず、培地の物理的特性がイチゴの生育にどのように影響するかは十分に検討されていない。この関係が理解できれば、給液管理方法の決定が容易になると考えられる。また、有機培地は培地資材の分解等により、使用年数が増すにつれその特性が変化するため、培地の連用による特性変化と生育、収量との関係についても検討する必要がある。

そこで一連の研究において、培地の物理的特性とイチゴの生育との関係性についての基礎データを得ることを目的とし、ヤシ殻とピートの混合比率や使用年数の異なる培地を用いてイチゴを養液栽培し、生育・収量と培地の物理的特性の関係について調査している。ここでは、2003～2004年の結果を紹介する。

2. 材料と方法

1) 耕種概要

2003年9月29日にイチゴ‘章姫’を、培地を詰めた

発泡スチロール製ベッド（長さ70cm、幅20cm、深さ12cm、容積12L）に8株ずつ定植し、点滴チューブを用いて掛け流し式栽培を行った。培養液は山崎イチゴ処方を用い、定植後4週間は2/3単位（ $EC \approx 0.50 dS \cdot m^{-1}$ ）を、4週間後の10月28日より1単位（ $EC \approx 0.85 dS \cdot m^{-1}$ ）を施用した。排液のECが上昇したため、2004年1月20日から3月15日までは2/3単位を施用した。給液は4回/日行い、排液率30%を目標に天候に応じて1回当たりの給液量を処理区ごとに調節した。栽培期間を通じて、1芽仕立てとして、株当たりの葉数を6～8枚に維持し、花房当たり7花に摘花した。2004年5月24日に実験を終了した。

2) 処理区および調査項目

ヤシ殻とミックスピート（ピートモス：パーミキュライト：パーライト＝75.0：12.5：12.5）の混合比率を3：7，5：5，7：3，10：0とした4種類（Coir3，Coir5，Coir7，Coir10と略記）の培地（1年目）に、昨年の栽培で1度使用した同様の4種類の培地（2年目）を加え、計8処理区（培地4種×使用年数2）とした。反復は10ベッド/処理，80株/処理とした。実験期間中、生育、収量を適宜調査し、2月に圃場より培地を採取し三相分布（ $-1.5 kPa$ 時）を測定した。また1年目の処理区では、培地の含水率の日変化、気孔コンダクタンスの日変化等を調査した。

3. 結果および考察

1) ヤシ殻とピートの比率および使用年数がイチゴの生育、収量に及ぼす影響

図1に時期別の可販果収量の結果を示した。A期（11/25～1/5），B期（1/6～2/2），D期（3/30～5/24）の可販果収量には、ヤシ殻混合比率および使用年数による差がみられなかった。またB期の収量は、

*岐阜大学大学院連合農学研究科（静岡大学）

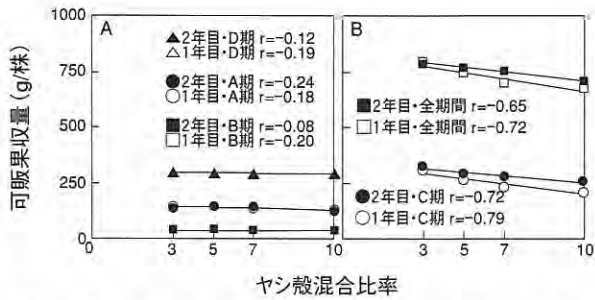


図1 ヤシ殻とピートの混合比率と使用年数がイチゴの可販果収量に及ぼす影響

成り疲れのためか、他期に比べ極めて少なかった。一方、C期（2/3－3/29）および全期間（11/25－5/24）では、1、2年目共にヤシ殻混合比率が高いほど減少する傾向がみられた。しかし、ヤシ殻混合比率による可販果収量の減少程度は、1年目に比べ、2年目の方が小さかった。なお、Coir3では使用年数による差はみられなかった。収量の減少の直接的な原因は1果実重の低下によるものであった（データ略）。一方、植物体の生育は、いずれの期間においてもヤシ殻混合比率および使用年数による差はみられなかった（データ略）。

2) ヤシ殻とピートの比率および使用年数が培地の三相分布に及ぼす影響

図2に培地（ -1.5kPa 時）の三相分布の結果を示した。液相率は、いずれの使用年数でもヤシ殻混合比率が高いほど減少する傾向がみられた。しかし、Coir3での使用年数による差は小さかったが、ヤシ殻混合比率による差は使用年数が増すにつれて小さくなった。気相率は液相率と逆の傾向を示し、固相率には顕著な差が生じなかった。栽培期間中の培地中の水分は給液・排水・吸水等により当然変動するため、栽培期間中の

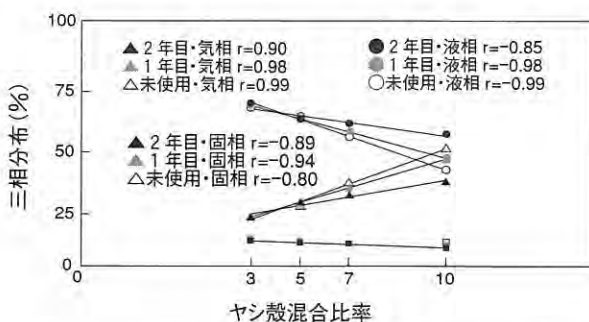


図2 ヤシ殻とピートの混合比率と使用年数が培地の三相分布（ -1.5kPa 時）に及ぼす影響

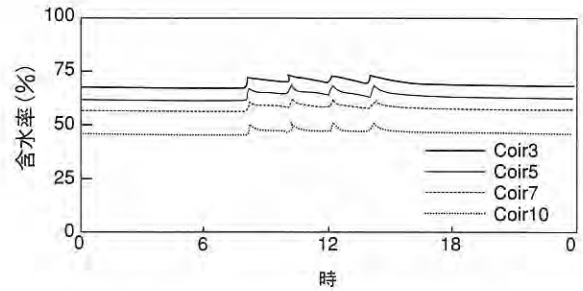


図3 ヤシ殻とピートの混合比率が異なる培地（1年目）における含水率の日変動（2003年12月～2004年3月、晴天日の平均値）

含水率の日変動を1年目の培地において測定した。その結果、含水率はCoir10で低く、ヤシ殻混合比率が低くなるにつれて高くなる傾向がみられたが、日変動はいずれの培地もほぼ平行に推移した（図3）。栽培中の日平均含水率は、ヤシ殻混合比率と高い負の相関（ $r=-0.98$ ）がみられ、比率が高いほど減少する傾向がみられた（データ略）。

3) ヤシ殻とピートの比率がイチゴの蒸散・吸水に及ぼす影響

イチゴの蒸散作用に及ぼす培地の影響を確認するため、気孔コンダクタンスの日変動を調査した。気孔コンダクタンス値が高い場合、蒸散が活発なことを示している。気孔コンダクタンスの日変動はB、D期では、ヤシ殻混合比率による差はみられなかったが、C期ではヤシ殻混合比率が高くなると減少する傾向がみられ、特に午後で顕著であった（図4）。また、1月から4

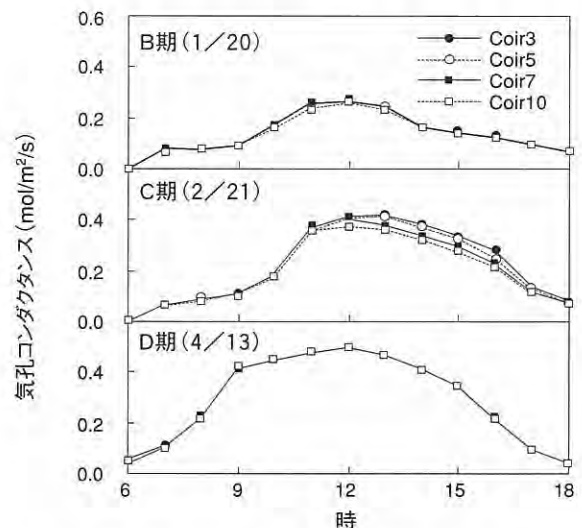


図4 ヤシ殻とピートの混合比率が異なる培地（1年目）における気孔コンダクタンスの日変動

月にかけて、そのピーク値が増加する季節変動がみられた。C期の午後における気孔コンダクタンスおよびC期の吸水量は、ヤシ殻混合比率と負の相関関係（それぞれ $r = -0.88$, $r = -0.61$ ）がみられた（データ略）。

4) 培地の物理的特性とイチゴの収量の関係

1, 2年目のデータをまとめたところ、培地の液相率と収量との関係には、C期および全期間で高い正の相関がみられた（図5）。一方、A, B, D期では相関が低かった（データ略）。

本実験の結果、2・3月において液相率が低いほど蒸散・吸水が抑制され、収量が減少する傾向を示した。この収量の減少傾向は培地を連用することにより小さくなった。これはイチゴの栽培において重要な液相率

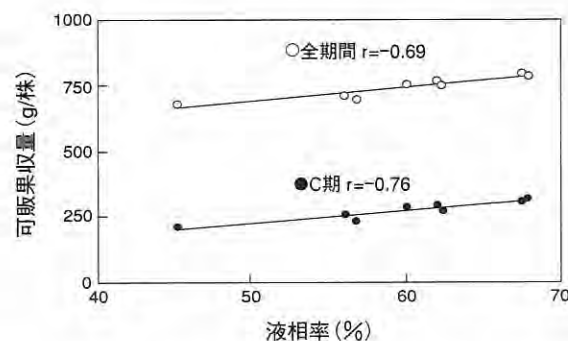


図5 培地（-1.5kPa時）の液相率とイチゴの可販果収量との関係

が、培地の連用により増加したことが原因と考えられた。今後は2・3月の収量差の原因について検討し、さらに収量差を減少させるための給液管理及び水分管理の指標を作成する必要がある。

海外文献の紹介

■硝酸塩の光比例施用が噴霧水耕栽培レタスの生育に及ぼす影響

The effect of light-dependent application of nitrate on the growth of aeroponically grown lettuce (*lactuca sativa* L.).

Jernej Demšar, Jože Osvald, and Dominik Vodnik.

2004, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129:570-575.

硝酸塩はメトヘモグロビン血症や胃ガンの発生要因となることから、野菜の硝酸塩含有量低減化のための研究は数多くなされてきた。レタスにおいては、硝酸塩の施用を制限することで、硝酸塩含有量を効果的に下げることができるが、収量そのものの低下を伴うことがある。本研究では、過去1時間の平均光量子束密度 (PFD) に応じて、濃度の異なる培養液を施用するようコンピュータ制御された噴霧水耕（エアロポニク）システムを用いて、レタスの収量を維持しつつ、硝酸塩蓄積を抑える施用法を検討した。

結球性レタス ‘Vanity’ を供試した。処理A（対照）は、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度 $8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ の培養液を供給した。処理Bは、PFD $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上（光飽

和）、 $600\sim300$, $300\sim20$, 20 以下（夜間含む）の4段階で、培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をそれぞれ8, 6, 4, $2 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ とする培養液を供給した。同様に、処理Cは8～1, 処理Dは8～ $0.5 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ の培養液とした。硝酸塩以外の要素はすべて同じになるよう調整し、給液は5分間隔で1分間行った。

硝酸塩供給量は、処理Aに対し、処理Bでは約50%、処理C, Dでは約70～80%削減された。葉中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、初春の実験ではそれぞれ9, 63, 92%減少し、晩春の実験では23, 58, 76%減少した。処理Dでは、収量が約25%低下したが、処理B, Cでは、処理Aと同等の収量が得られた。また、葉中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が低下しても、光合成の効率やクロロフィル含有量に影響は見られなかった。

以上の結果から、一定の低濃度培養液を供給するのではなく、光条件の変化に応じて培養液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を変える施用法は、収量を低下させず、葉中の硝酸塩含有量を低減するのに有効であることが分かった。

新製品の紹介

隔離栽培用肥料「タンクミックスA&B」

三 好 規*



1. はじめに

近年、作業姿勢改善や土壌病害回避の目的で土壌から植物を隔離した少量培地耕が注目されている。特にイチゴの高設栽培は全国的に普及が進んでいる。これらの栽培の肥料には通常2種類の濃厚原液を使用する養液栽培用肥料を用いることが多い。しかし、液肥混入機の導入コストが高いことや養液管理が煩雑なことから、1液で栽培できる肥料を望む声が多い。今回は隔離栽培に適した1液型の肥料「タンクミックスA&B」を開発したので紹介する。

2. 特長

タンクミックスAとタンクミックスBを1つのタンクに溶かすことによって、植物に必要なすべての肥料成分がバランス良く含まれる濃厚原液ができる。この濃厚原液はカルシウム含量と硝酸態窒素比率が高く、養液栽培用処方とほぼ同じ組成である。

製品（図1、表1）



タンクミックスA
10kgポリ袋入り 農林水産
省登録 生第84976号

タンクミックスB
20kgキュービテナー入り
農林水産省登録 生第84973号

図1

3. 濃厚原液作成方法

まずタンクミックスA10kg（粉体）を約150Lの水に溶かし、完全に溶けてからタンクミックスB20kg（液体）を加え、最後に水を加えて200Lにする。（図2）

4. 使用方法

上記方法で作製した濃厚原液の窒素濃度は1.35%（13,500ppm）なので、これを適宜希釈し培養液とする。

①水にタンクミックスAを入れる。 ②良く攪拌し完全に溶かす。



③タンクミックスBを入れる。 ④最後に水を加えて200Lにする。



図2

*大塚化学（株）アグリテクノ事業部 栽培研究センター

表1 製品成分量 (%)

	TN	AN	NN	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	MnO	B ₂ O ₃	Fe	Cu	Zn	Mo	CaO
タンクミックスA (粉体)	11.0	1.2	8.7	13.0	35.0	-	0.18	0.18	0.2	0.003	0.009	0.003	-
タンクミックスB (液体)	8.0	-	8.0	-	2.0	3.5	-	-	-	-	-	-	11.0

表2 成分量の比較 (タンクミックスA&Bは30kg中の、大塚ハウスA処方は25kg中の成分量を示す：標準培養液10トン相当)

			TN	AN	NN	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	MnO	B ₂ O ₃	Fe	Cu	Zn	Mo	CaO
タンクミックスA	10kg	タンクミックス	2700	120	2470	130	3900	700	18	18	20	0.3	0.9	0.3	2200
タンクミックスB	20kg	A&B	(100)	(4)	(91)	(5)	(144)	(26)	(0.67)	(0.67)	(0.74)	(0.01)	(0.03)	(0.01)	(81)
大塚ハウス1号	15kg	大塚ハウス	2600	230	2330	120	4050	600	15	15	27	0.3	0.9	0.3	2300
大塚ハウス2号	10kg	A処方	(100)	(9)	(90)	(5)	(156)	(23)	(0.58)	(0.58)	(1.04)	(0.01)	(0.03)	(0.01)	(88)

上段:成分量g 下段:()全窒素を100としたときの成分比率

5. 成分 (表2)

タンクミックスA10kgとタンクミックスB20kg中に含まれる成分量を示した。下段には比較のため大塚ハウスA処方の成分量を示した。

まとめ

タンクミックスA&Bは少量土壌培地耕において養液栽培用肥料と同等の肥効を示すことがわかった。適応作物と栽培システムについては、イチゴとトマトの社内試験の結果からヤシガラやロックウールのいずれの培地においても問題なく使用できることがわかった。培地を使用しないNFTやDFT等の養液栽培への適応は現在試験中である。

昨年9月に発売してから全国でイチゴ、トマトを中心に広がりを見せている。多くのユーザーから、肥培管理が簡単になり、生育も良くなったと高い評価をいただいている。

タンクミックスA&B データ

場所:香川県農業試験場三木試験地

期間:2004.2~2004.5

作物:イチゴ(とちおとめ) 20株

栽培システム:ハンモック型

有機培地

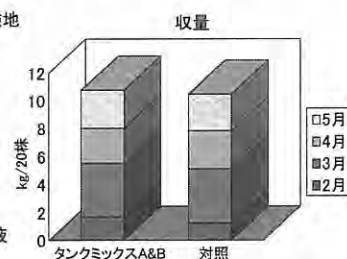
タイマー給液

培養液掛け流し

試験肥料:タンクミックスA&B

大塚ハウスA処方(対照)

窒素濃度を同一にして給液



結果:タンクミックスA&Bは大塚ハウスA処方と比較して、生育、収量、平均果重、糖度に差は認められなかった。

糖度調査	3月	4月	5月	平均
試験区	8.9	9.0	8.7	8.9
対照	9.8	8.1	9.1	9.0

タンクミックスA&B データ

場所:大塚化学(株)栽培研究センター

期間:2004.10~2005.4

作物:トマト(ハウス桃太郎) 10株

栽培システム:PSK-6000(矢崎化工(株))

ヤシガラ50L/5株

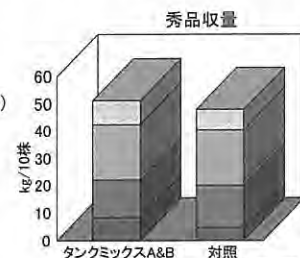
タイマー給液

培養液掛け流し

試験肥料:タンクミックスA&B

大塚ハウスA処方(対照)

窒素濃度を同一にして給液



結果:タンクミックスA&Bは大塚ハウスA処方と比較して、生育、収量、糖度に差は認められなかった。

□5月
■4月
■3月
■2月



果樹の養液栽培の最新トピックス

果樹の養液栽培の現状と課題

養液栽培は、連作障害を回避する一方法として始まったが、1960年頃からは野菜の栽培技術として急速に発展・普及・定着し、今日では、養液栽培された多くの野菜が消費者に供給されている。また、花卉類においても、特に切花生産を中心に養液栽培の実用化が図られている。しかし、古くから露地で大木仕立てを基本としてきた果樹栽培では、このような栽培方法については見向きもされなかった。少なくとも十数年前まで、果樹の養液栽培が実際に導入されることなど想像もできなかった。ただし、果樹においても種々な樹種で生育段階や栽培時期によって、どのような無機栄養素が、どの程度必要なのかを明らかにするための実験手法として、固形培地（砂、石英砂、礫など）に果樹の苗木を植え付け、培養液を循環させる方法あるいは湛液方式などが利用されていた。これらは果実の生産を意図としていないが、明らかに養液栽培と言える。

近年、種々な果樹の施設栽培が急速に増加し、その面積は総果樹栽培面積の約5%にも達している。これに伴って、特殊な栽培形式や管理技術が必要となり、それらについて多面的に研究が進められた結果、その一つとして根域制限栽培が注目されるようになった。根域制限栽培は、根を一定の範囲内に保ち、土壌水分と施肥量を厳密に管理する栽培方法であり、この点では養液栽培に近い栽培システムであると言える。また、最近になって高品質果実生産（高糖・着色向上）、収穫期の拡大（早期成園化・早期出荷・周年生産）、生育制御（栽培環境の制御・わい化）、生産性の向上（密植栽培・高収量）、作業性の向上（病害虫の回避・栽培管理の省力・自動化）、施設の有効利用、環境保全型農業、経営改善などの観点から果樹においてもイチ



松井 弘之*

ジク、ブドウ、ニホンナシ、モモ、ブルーベリーなど種々な果樹で実用化を目指した養液栽培の研究が行われるようになった。その中でも栽培面積はまだ少ないが、イチジクでは野菜のような感覚で、挿し木苗を単年度あるいは複数年度用いる方法で二期作栽培の実用化が図られている。

筆者らは、1975年にブドウ‘デラウェア’や‘巨峰’を供試し、噴霧耕栽培を試みた。ただし、当初は果実生産を目指したものではなく、養液栽培を行うことにより、これまで困難であった果樹の根の研究が容易にできるのではないかと考えた。しかし、実際には土耕栽培と噴霧耕栽培とで発生する根の生長や形態に著しい違いが認められ、この手法では土耕栽培と同様の根が得られないことが判明した。ところが、このような栽培方法でも、一番果収穫後、休眠に入る前の新梢を切り戻しせん定すると充実した二番枝が得られ、品質の優れた二番果が生産できることが分かった。また、1994年頃からは亜熱帯性果樹で休眠が浅く、下位節から順次成熟し、いや地が回避でき、さらに二期作や周年生産の可能性があることから成木を用いたイチジクの養液栽培を試みてきた。その結果、ブドウよりも容易にイチジクの二期作が可能ことが判明した。しかし、ブドウやイチジクの養液栽培を行ってきた中で、土耕栽培と同様あるいは土耕栽培では生じないような多くの問題点のあることも同時に明らかとなった。特に、これまで果樹を対象とした養液栽培は野菜のそれに順じて行われてきたが、果樹と野菜とでは生理・生態的に大きな違いがあり、根本的に果樹に適した養液栽培システムや栽培管理法の改善が必要であることを強く感じた。

昨年、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構、生物系特定産業技術研究支援センター主催によ

*千葉大学園芸学部

る「果樹の環境保全型養液栽培技術」の現地見学・検討・講演会が豊橋市で開催された。これは果樹の養液栽培に携わっている人々が集まった初めての場であり、討論の中で多くの問題点が浮き彫りにされた。それらの一部を列挙すると；

- ①栽培装置と培土：ベッドの容積（深さ、幅）、培土の有無と資材の種類、
- ②樹種・品種と作型：適応した樹種と品種、一期作・二期作・周年栽培、
- ③培養液の管理：組成・濃度（特に微量要素）、更新時期、pH、温度、給液量（回数、時間）、殺菌・殺虫法、廃液処理と再利用、いや地物質の除去、
- ④栽培管理：樹形・整枝、栽植や新梢密度、冬季や夏季の断根、二期作や周年栽培用二番枝の確保、休眠の制御、根圏温度の制御、日長の制御、植物生長調節物質の利用、

- ⑤苗木の確保と耐用年数：挿し木苗や接ぎ木苗の養成、単年度あるいは複数年度の使用、などがある。

果樹における養液栽培は、従来の栽培方法からみれば、現在のところ極めて特殊な栽培方法であると言える。従って、露地栽培で生産される時期に収穫するような作型では、養液栽培の目的からして有利な栽培とは言えない。すなわち、その果実が市場に出回らない時期あるいは二期作や周年生産できる技術開発が求められるだけでなく、常に安定して高品質果実生産ができなければならない。前述のように、果樹の養液栽培はまだ手探りの状態であり、技術的には未解決な問題が多く残されている。しかし、養液栽培は、ある面では魅力ある栽培方法であり、今後の研究成果いかんによっては、果樹の新しい栽培技術として定着する日もそう遠くないかもしれない。



ワンポイントメモ

試験研究成績概要集に見られる果樹の養液栽培

（独）農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所が発行している試験研究成績概要集から、落葉果樹版の2000～2004年の5年間、常緑果樹版の2003～2004年の2年間について、養液栽培あるいはそれに類似する試験研究課題に関してキーワード検索を行ったところ、以下のような結果が得られた。

水耕や固形培地耕など、養液栽培と考えられる研究課題はなかった。しかし、養液土耕あるいはかん水同時施肥栽培では、石川県のナシ、鳥取県のブドウ、鹿児島県と沖縄県のパッションフルーツについて、研究課題が設定されていた。

一方、コンテナ栽培などの根域制限栽培に関しては、たくさんの研究課題が見られた。カンキツでは、千葉県、宮崎県および山口県で、ブドウでは、茨城県、愛

知県、山口県、徳島県、香川県、佐賀県および栃木県で、ナシでは、栃木県、福井県、石川県、鳥取県および栃木県で、カキでは、広島県、愛知県および徳島県で、モモでは、群馬県と徳島県で、イチジクでは、愛知県および果樹研究所で、また、ゴレンシについて宮崎県で、試験研究が報告されていた。この他、マルチ栽培にかん水チューブによるかん水を組み合わせたものも多数見られたが、ここでは省略する。

果樹の養液栽培は、近年増加してきていると伝えられるが、このように、各都道府県の試験場においては、果樹の養液栽培に関する試験研究は、まだ本格的に実施されるまでには至っていないようである。



ナシのパーライト耕栽培

1. 「ナシで水耕」の意味

果樹の高い果実品質を保ちながら、毎年安定的に収量を確保するためには、土壌改良による良好な根圏環境の維持が不可欠である。特に地下部と地上部の生育にアンバランスを生じ、樹勢低下を招きやすい施設栽培においては、徹底した土作りが求められる。しかし、有機物資材の確保や深耕といった重労働を伴う作業は、次第に敬遠されつつある。

「土に関わる作業を大幅に省力化しながら、高品質果実の早期増収と安定生産を実現する」この困難な課題の打開策として、パーライトを培地としたニホンナシ「ゴールド二十世紀」の養液栽培に取り組んできた。目指すのは、軽装・軽労働で高品質な果実が多収できるナシ作りである（図1）。



図1

2. パーライト耕の概要

栽培方式は、樹体の可搬性や根域制限の永続性と確実性を考慮して、コンテナ栽培とした。100Lと60L容量のコンテナにパーライトを充填し、これにポット栽培で養成したナシ樹の根を洗い出して植え付けた。養水分管理は、コンテナ上面から培養液をタイマー制御で供給し、底面から回収する循環式の養液栽培とした。砂耕、れき耕といった培地による分類に従えば、パーライト耕ということになる（図2）。

*鳥取県園芸試験場

吉田 亮*



培養液は園試標準液の組成を全窒素26ppm相当まで下げて使用した（主要成分濃度は以下のとおり：TN—25.7ppm, P_2O_5 —10.4ppm, K_2O —42.1ppm）。これは果菜類、葉菜類で一般的な濃度よりも遙かに低濃度であるが、全窒素230ppmを最高とした、6段階の濃度試験の結果、最も成績の良かった値である（高濃度では、枝の徒長や奇形果の発生が著しい）。

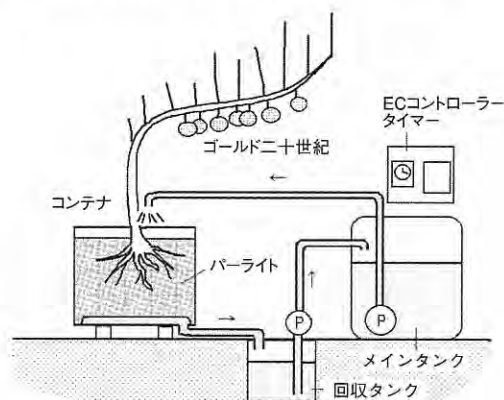


図2 循環式パーライト耕の栽培図



図3

3. 果実品質

図4に、60Lコンテナに植え付けた樹体（植え付け時4年生）の、供試後9年間の平均果重と糖度の推移を示す。比較のために、ほぼ同樹齢の土耕樹の値も示した。

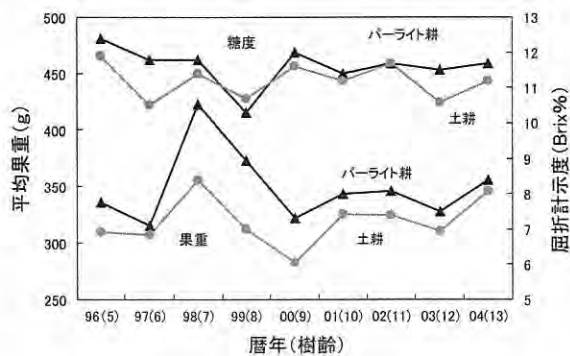


図 4

「ゴールド二十世紀」の果重については、平均で320g以上あれば満足できる果実肥大といえる。年時差はあるものの、パーライト耕の果実は、良好な果実肥大を示し、全般に土耕樹に勝る値で推移した。また糖度については、11%あれば食味として優れると言えるが、パーライト耕の果実は、やはり年時差があるものの、このレベルを上回る年が多く、ほぼ土耕樹に勝る値を示している。

土耕樹に匹敵するか、あるいは上回る果実品質が確保できるのみならず、植え替えや培地の入れ替えもなく、9年間に渡り栽培が可能であるという点も、注目に値する点であろう。このような品質が維持できる要因として、①養水分の供給が安定している、②通気性が優れ、酸素濃度が土中より高い、といった、パーライト耕のメリットがあげられる。

4. 樹体生長と収量

根域制限栽培の大きな目的として、樹体のコンパクト化による密植・早期成園化・早期増収があげられる。

供試したパーライト耕の樹体は、コンテナへの植え付け後3年で樹冠の拡大が鈍り、4年でほぼ樹冠拡大が完成した。この面積により、樹体配置を想定すると、10aあたりの収量は、4.3~4.6tが見込まれる(表1)。

5. さらなる高品質化を目指して

パーライト耕により、土壤改良作業からの解放、土壤病害の回避、軽装での栽培管理が可能となった。しかし、施設栽培、養液栽培に伴う投資を考えると、栽培の前進化のみならず、果実品質の明らかな向上といった明確な付加価値を付与したい。一例として、水分制御による果実糖度の向上の試みを示す(表2)。

収穫前1ヶ月の間、培地中心部のpF値が2.4に上昇するまで給液を制限する処理区設けた。その結果、対照区(日量20Lをコンスタントに給液、pF1.5以下で推移)に比較して、糖度は0.6%上昇したが、果実肥大が10%近く小さくなった。旺盛な果実肥大と糖度という、高付加価値の条件を両立させるのはなかなか困難であり、別の手法について検討中である。

6. 今後の発展方向

パーライト耕に関する一連の試験を通して得られた知見から、様々な応用場面が考えられる。例えば、養液土耕的な方向への発展、あるいは小型パーライト耕システムによる「ベランダでの果物作りセット」等々である。新しい技術が新しい需要を産む。既存の生産現場を離れた技術展開の夢を描くことも、時には必要なのではなかろうか。

表1 培地容量別の到達樹冠面積と収量

コンテナ容量	樹冠面積(m ²)	1樹収量(kg)	10a当り樹数	10a当り収量
100 L	3.3	19.3	240	4,630
60 L	2.7	14.8	295	4,360

表2 給液法の違いが果実品質に及ぼす影響

処理区/項目	果重(g)	糖度(Brix%)	変形果率(%)	果肉硬度(lb)
給液制限	321.9	10.9	16.9	5.0
対 照	362.9	10.4	16.2	4.9
t-test	**	*	ns	ns



イチジクの非循環閉鎖型養液栽培



寺 岸 明 彦*

イチジクは果実の輸送性が乏しいため、産地は都市近郊に形成されることが多く、京都府のイチジク産地は城陽市や相楽郡木津町にある。これらの産地では、薬剤防除が困難な株枯病やネコブセンチュウなどの被害により、樹体の衰弱や枯死が生じていること、さらに、イチジクはいや地現象が発生することによって連作できないことから、栽培面積は減少傾向にあり、これらの対策が求められている。一方、樹勢維持と果実品質の向上を目的として多肥・多かん水で栽培する事例が多く、環境負荷と施肥量の低減を図る栽培技術の開発も必要である。

そこで、イチジクを土壌から隔離して栽培することで、これらの問題を解決するとともに経済的着果年齢に達するまでの期間を短縮することを目的として、非循環閉鎖型養液栽培の方法を研究し、以下の技術を開発した。

1. 非循環閉鎖型養液栽培システムの構造

ロックウールを培地として、その下部に設けた貯留水槽にも培養液（Hoagland II 液）を維持し、イチジク‘柵井ドーフィン’の挿し木苗が培養液を吸収して水位が低下すると、水位センサーが作動し給液タンクから培養液を補給する非循環閉鎖型養液栽培システムを開発した（図1）。その結果、挿し木苗1株当たりのロックウールの量が多いほど新梢の生長が促進されることが分かったので、通常のロックウール栽培に使用されるものよりは小さい、厚さ7.5 cm、幅20 cmのロックウールマットを培地に用いることにした。さらに、挿し木苗1株当たりの1日の給液量は8月の高温期には約2 Lに達したことから、万一の給水システムの故障に対して2～3日間はイチジク株の枯死を回避するためには、ロックウールマットと貯留水槽との合計貯留水量を少なくとも4 Lとする必要があった。

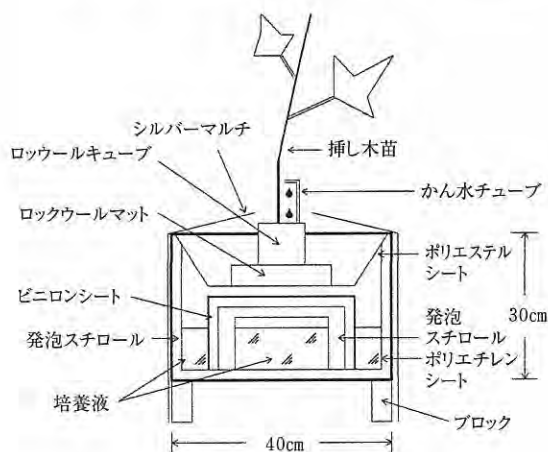


図1 非循環閉鎖型養液栽培システム

2. 効率的な苗生産方法および挿し木当年の着果の促進方法

露地ほ場で一文字仕立てによって栽培されている母樹から、1年生枝を採取して長さ約20 cmに切断し、7.5 cm角のロックウールキューブに挿し木して、その当年から収量を得ることを目的として、穂木の形状、育苗方法および苗の光合成速度と着果数の関係について調査した。

挿し木当年苗の着果に関しては、直径17 mm以上の太い穂木を長さ20 cm（3芽を持つ）に調整して挿し木に用い、夜温を17℃、培養液のECを2.4 dS・m⁻¹にすることによって、定植後には第1果が新梢の2節目から着果することが認められた（表1）。このことから、貯蔵養分が多く葉色値の高い苗では、第1果の分化節位が低下すると考えられた。

また、収穫期の早期化と増収を図るために株間を12 cmや16 cmとして密植栽培し、栽培ベッドにおける株間と1株当たりの着果数との関係を調査したところ、密植すると面積当たりの着果数を早期に確保できるものの過繁茂によって果実の日当たりが不良になったため、果実品質が低下した。そこで、挿し木苗を定植する株

*京都府農林水産部農産流通課 技術経営支援室研究企画担当 普及指導員

表1 育苗中の培養液濃度が第1果着果節と1株当たりの着果数に及ぼす影響

培養液濃度 ^z	第1果着果節	着果数 (個/株)
EC 1.2 dS・m ⁻¹	3.0±2.6 ^y	12.7±3.2
EC 2.4 dS・m ⁻¹	2.1±1.5	14.7±1.6

^z 栽培中の培養液濃度はEC 2.4 dS・m⁻¹とした

^y 平均値±標準偏差 (n=26)

間は従来の一文字仕立てにおける新梢の配置間隔と同じく20cmとし、1本仕立てにすることで挿し木当年に成木園と同程度の新梢数を確保し、第1果の着果時期の早期化を図る方法を検討した(図2)。



図2 挿し木苗の定植状況
1株1本主枝とし、株間20cm、列間135cmとして定植。
(挿し木:12月1日、定植:1月15日)

3. 培養液濃度が果実肥大と糖度並びに裂果に及ぼす影響
挿し木当年苗を2月に栽培ベッドに定植し、初夏作における適正な培養液濃度を検討した。

栽培中にEC 2.4dS・m⁻¹の培養液を給液タンクから施用すると、イチジクに吸収されなかった成分が栽培ベッド内に蓄積しECは徐々に高くなり、収穫初期の5～6月には10dS・m⁻¹に達した。しかし、EC 1.8dS・m⁻¹の培養液を施用することで収穫初期におけるECを10dS・m⁻¹以下に抑えた場合には、1株当たりの吸液量が増加することによって果実肥大は促進されるが、糖度はやや低下する。さらに、給液タンクから施用する培養液濃度を、収穫直前にEC2.4から0.6dS・m⁻¹へ徐々に低下させると裂果が多発した(図3)。つまり、栽培

ベッド内の高ECはイチジク株に水ストレスを引き起こし、果汁の糖度上昇もたらず、栽培ベッド内の培養液濃度が低いと吸水量が増加して裂果の原因となることが分かった。栽培ベッド内の培養液のECは、収穫初期には10dS・m⁻¹程度にし、収穫期間中には極端に低濃度の培養液を施用することは避けるべきであると考えられた。なお、2月に挿し木当年苗を定植すると収穫が8月までに終了しないため、1月に定植する必要があることが分かった。

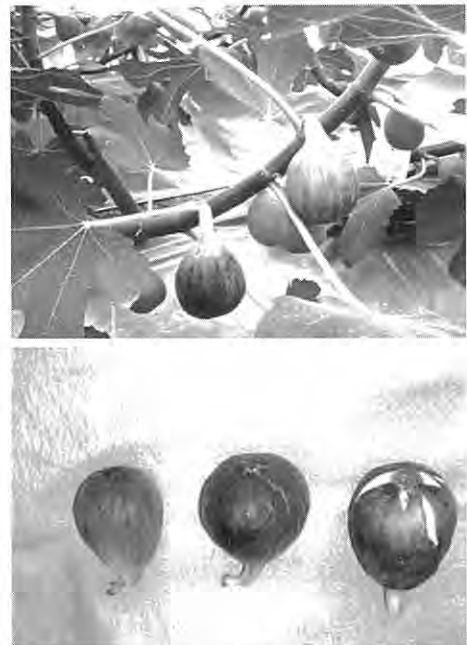


図3 養液栽培初夏作における培養液濃度と果実肥大の関係
上段: 6月下旬の状況
下段: EC 2.4 dS・m⁻¹ (左)
EC 1.8 dS・m⁻¹ (中央)
EC 2.4→0.6 dS・m⁻¹ (右)

4. 1作ごとに挿し木苗を植えかえることによる初夏作
挿し木当年の苗を用いた養液栽培において、5～7月の初夏に収穫できる栽培体系を検討した。

12月1日に挿し木して1月15日に17℃に加温したハウス内の栽培ベッドに定植したところ、4月には新梢が摘心できる大きさに生長し、5～7月に収穫できた(図4)。

また、ファイトトン内の強光下で育苗した葉内クロロフィル含量の高い苗は、定植35～40日後に第1果が低節位に着果し、また栽培中においても光合成速度および蒸散速度が高った(表2)。このことから、初夏作で増収を図るためには葉色値の濃い苗を育成することが重要であることが分かった。葉色値の濃い苗では、

表2 異なる育苗条件が非循環閉鎖型養液栽培初夏作の収穫中における光合成速度、蒸散速度および気孔伝導度に及ぼす影響

育苗床 ^z	光合成速度 (mgCO ₂ ・dm ⁻² ・h ⁻¹)			蒸散速度 (gH ₂ O・dm ⁻² ・h ⁻¹)			気孔伝導度 (cm・s ⁻¹)		
	5月30日 ^y	6月20日	7月6日	5月30日 ^y	6月20日	7月6日	5月30日 ^y	6月20日	7月6日
ガラス室	10.8	6.2	9.3	6.6	7.6	6.4	1.0	3.0	1.0
ファイトロン	13.8	7.4	14.7	7.4	8.2	7.9	1.8	4.5	0.8
SD ^x	*	NS	*	NS	NS	*	*	*	*

^z ガラス室では6μE・m⁻¹・s⁻¹により日没後から20時30分まで補光処理した
ファイトロンでは540μE・m⁻¹・s⁻¹により14時間日長処理とした
^y 5月30日および7月6日は晴天、6月20日は曇り
^x SD: Significant difference, *: 5%水準で有意差あり, NS: 有意差なし

表3 異なる育苗条件が非循環閉鎖型養液栽培初夏作の収穫時期別の果実重および糖度に及ぼす影響

育苗床 ^z	5月27日-6月15日 ^y	6月16日-30日	7月1日-10日
果実重 (g)			
ガラス室	92. 2±20. 3 ^x	89. 5±25. 2	112. 5±28. 8
ファイトロン	102. 0±23. 0	102. 8±27. 8	95. 0±26. 1
糖度 (Brix)			
ガラス室	14. 7±2. 2	12. 0±0. 9	13. 9±1. 2
ファイトロン	14. 0±3. 3	11. 2±1. 5	12. 7±1. 2

^z ガラス室では6μE・m⁻¹・s⁻¹により日没後から20時30分まで補光処理した
ファイトロンでは540μE・m⁻¹・s⁻¹により14時間日長処理とした
^y 平均日射量は5月27日から6月15日までは303 W・m⁻²・day⁻¹,
6月16日から30日までは267 W・m⁻²・day⁻¹, 7月1日から10日
までは298 W・m⁻²・day⁻¹であった
^x 平均値±標準偏差 (n=12)

果実肥大が促進されるが、梅雨期間中においても蒸散
量が高いため吸水量が高くなり、その結果として糖度
がやや低くなる。栽培ベッド内の培養液をEC 14 dS・
m⁻¹に維持し、吸水量を抑制することで糖度を高める
よう調節する必要があると思われた(表3)。

栽培中に施用した培養液中の無機成分の合計値を土
耕栽培における慣行栽培の施肥量と比較したところ、
窒素では土耕栽培の約22%, リンでは6%で足りるこ
とが明らかになった。



図4 定植3ヶ月後の生育状況
(挿し木: 12月1日, 定植: 1月15日, 摘心: 4月15日)

5. おわりに

イチジクの挿し木当年苗を用いて非循環閉鎖型養液
栽培による初夏作を行うと、良好に生育し、1年目か
ら十分な着果と市場性の高い果実を生産でき、また施
肥量の削減や肥料成分の地下水への流出を防止するこ
ともできる。

一方、京都府農業総合研究所野菜部では、これらの
研究成果をイチジクと同様に連作障害の回避及び化学
肥料の投入量の低減、さらに収穫等管理作業の省力化
などが求められているナス、トウガラシ等の果菜類へ
応用している(図5)。



図5 露地ナスの養液栽培



ブドウ養液栽培の実用化は可能か



本 杉 日 野*

わが国におけるブドウの養液栽培の現状については以前に概説している¹⁾。その後10年でいくつかの実用化に向けた試みが行われてはいるが実用技術として普及するには多くの問題があるように思われる。本項ではこのことの原因について、これまで研究されてきた手法の特徴やブドウの生育特性などを含めて考察してみたい。

1. 培地を用いない養液栽培

島根県農業試験場で開発された水気耕栽培²⁾（ブドウ根を網上に載せ、培養液を噴霧する）およびNFT（図1）³⁾が報告されているが、根の健全な発育を保つために培養液濃度を窒素濃度で1.5～3.0 mM（約20～40 ppm）程度に低く設定し、養液温度を28～30℃程度の高温に保つ必要があることが示されている。このような条件が必要であることについて生理学的に未解明であることおよび、液温維持のコストが大きいことが課題である。木本植物は地上部と同様に根も木化肥大するが、森⁴⁾は年々肥大した根は水面上に引き上げ、若齢の根のみを培養液中に浸る状態にすることが長期間にわたるリンゴの水耕栽培を成功させた秘訣であったと



図1 NFT

述べている。ブドウにおいても木化した根は培養液中では十分な機能を果たさず、液温を挿し木温床に使用される程度の高温に保ち、常に活性の高い新根を発生させ続けることにより養水分吸収を維持できると考えられる。

2. 人工的な培地を用いた養液栽培

岡山県農業総合試験場で開発された多孔質人工培土（パーライト）耕⁵⁾や東京農業大学で試みられたロックウール耕⁶⁾が挙げられる。パーライト耕は水を溜めたトレイの上にパーライトを詰めた栽培コンテナを置き、固形肥料を元肥（落葉期）と追肥（開花期）に分けてトレイ中の水に溶かして与え、毛細管現象による底面給水法と養液の循環（トレー内に小型水中ポンプを設置）を併用してブドウ樹に養水分を供給する方法（図2）で、施設と培養液管理について大変簡略化されている。岡山市ではパーライト耕によるマスカット・オブ・アレキサンドリア栽培を試行している生産者もいる。このような培地を用いた場合は噴霧耕やNFTと異なり、根域温度を制御する必要は特に認められていないことから、根の表面は土壤中にある場合と同様に



図2 パーライト耕

*京都府立大学農学研究科 農学部附属農場

常に気相に触れていることが根の機能を健全に保つ要因であるのかもしれない。野菜や花卉の養液栽培でロックウールは廃棄物処理コストの面で徐々にココナッツ殻粉碎物やモミ殻など天然資材への転換が図られていることから、ブドウにおいてもこれら天然素材を用いた手法も検討すべき課題である。

3. 根域制限栽培と養液土耕

ブドウにおいて養液栽培がたくさんの試みにもかかわらず実用化技術として普及しない一方で灌水設備を設置した少量土壌（盛り土高25cmで樹冠面積の1/5を基準とする）で栽培する根域制限栽培（図3）が徐々に普及しており、広島県では3年をかけて樹冠を完成させる拡大型根域制限栽培を積極的に普及している⁷⁾。根域制限栽培では通常固形肥料が使用されているが、灌水に液肥を混和することで野菜や花卉栽培で実用化されている灌水同時施肥法（養液土耕）が可能となる⁸⁾。小規模施設の場合は100日程度の溶出期間をもつ被覆肥料を生育期の必要量にあわせて株元に直接置くことで施肥管理はより簡便になる。N、P、K、Mgおよび微量成分を含むトータルタイプの被覆肥料は硝酸アンモニウムを用いているため培土が酸性化しやすいことおよびCaを含まないことから、硝酸カルシウム単体の被覆肥料を1/3量混和して用いると一般的な培養液の組成に近い配合が得られる。



図3 根域制限栽培

4. ブドウの生育特性と養液栽培

ブドウは通常の樹園地ではフィロキセラ（ブドウネアブラムシ）被害回避のために抵抗性台木への接ぎ木樹を購入して栽培するが、樹園地土壌から隔離される

養液栽培や根域制限栽培では台木を用いる必要はなく、苗木生産コストの低い挿し木自根苗を使用できることがこれらの栽培法の利点である。しかしながら、ブドウは日長や室温を制御しなければ、秋の短日低温条件になると休眠状態になり、休眠覚醒のために一定期間の低温遭遇が必要となるため、年1作となり施設利用効率が非常に劣る。果菜類のように一作ごとに苗を更新することは、ブドウでは挿し木から果実生産に供しうる苗の養成に最低でも1年を要することから困難である。現時点で施設利用効率を高くするには、加温と補光による環境制御⁹⁾、剪定法の工夫¹⁰⁾および萌芽促進剤¹¹⁾などを駆使した二期作栽培も試みられるべきであろう。また、将来的にはより施設栽培に適したブドウ品種の育種をすすめることが考えられる。例を挙げれば、日長感応性が弱く半常緑樹的な生育を示すとともにすべての分枝に花穂を着生する性質を持つリュウキュウガネブ¹²⁾などを利用し、全く新しい生育特性を持ったブドウを育種することで施設環境をより効率的に利用できる可能性がある。

現時点では、上述の栽培法の中では根域制限による養液土耕が栽培の安定性、コストなどの面から実用性に最も優れるが、ブドウを無土壌で作りこなしてみたいというのはブドウ栽培研究者の夢であり今後も新たな取り組みが継続されるものと思われる。

5. 引用文献

- 1) 本杉日野. 1996. 日本ブドウ学. 養賢堂. p430-439
- 2) 安田雄治・小豆沢 斉. 2000. 植物工場誌. 12: 53-60
- 3) 本杉日野. 1997. 養液栽培マニュアル21. 誠文堂新光社. p138-139
- 4) 森英男. 1961. 果樹の水耕法. 研究成果4. 農林水産技術会議事務局
- 5) 田村史人ら. 1997. 園学雑. 66(別1): 82-83
- 6) 加藤弘昭ら. 1996. 園学雑. 65(別1): 134-135
- 7) 今井俊治. 2001. 植物の生長調節. 36: 159-165
- 8) 岡本五郎ら. 1991. 岡山大農学報. 78: 27-33
- 9) 小豆沢斉ら. 1996. 園学雑. 65(別2): 252-253
- 10) 前田明ら. 1992. 園学雑. 61(別2): 178-179
- 11) 久保田尚浩ら. 1996. 園学雑. 65(別1): 138-139
- 12) 望岡亮介ら. 1996. 近畿中国農研. 91: 36-42



フェノール発泡樹脂（粒状アクアフォーム） を使用したブルーベリーの養液栽培

嶋 本 久 二*

1. 養液栽培手法導入の経緯

ブルーベリーは最近目に良いとか、抗酸化作用があるとかいった機能性が注目されるとともに、皮を剥かずにそのまま食べられる利便性、さらに、ジャムやソースへの加工により用途が広いなどの理由で急速に需要が伸びている。また、需要の伸びに関わらず国内産の流通量は不足気味で、販売単価はkg当たり3,000～5,000円（生果実の末端価格）と高値で取引されている。

国産の流通量が不足している原因は他の果樹に比べて栽培技術の確立が遅れていることや、ブルーベリーの好む土壌条件を満たすことが我が国では難しいことによるものと思われる。ブルーベリーは細かい浅根しか張らないため（40～60cm）、栽培土壌は、排水性及び透水性に加えて通気性の良い物理条件が必要でかつ、酸性を好むために土壌pHは5.0以下に保つ必要がある。このような条件を満たすためには、定期的にピートモス等の酸性有機物を多量に投入し、イオウなどでpHを常に酸性側に保つとともに、園内には極力人を入れない（踏圧により土壌を固めない）ことが求められるが、これらの条件を継続的に維持することは、現状では非常に困難と考えらる。そこで考えられた方法が、特殊培地と大型の底面吸水型ポットを使用した養液栽培である。この方法では、驚異的な初期成育を示し、定植翌年には10a当たり500kgの収穫が可能となり、今後の普及が期待されている。以下、具体的方法と栽培事例をする。

2. 具体的方法

専用の底面吸水型ポット（培地容量約50L、底面水容量15L）に粒状フェノール発泡樹脂を入れ点滴チュ

ーブにより1日数回ごく少量ずつ、ブルーベリー専用
に処方された薄い養液を与える。養液は養液装置にて自動管理されているため、装置の日常メンテとチューブに詰まりが無いかを確かめる程度で、施肥、灌水管理にはほとんど手がからない。また、培地はフェノール発泡樹脂を使用しているために、吸水性、保水性がともに優れ、物理的変化がほとんど無く、酸性でも変性しないので長期間安定した根域条件を保つことができる。養液の処方
は酸性に矯正したブルーベリー用の処方を、使用する水に併せてメーカーが提案するので、実際は示された処方通りに肥料の原液を数ヶ月に一度作成するだけですむ。また、地面には防草シートを張るために、除草作業もかなり軽減される。実際生産者が行う仕事は、防風対策（防風ネットの設置や支柱の設置）だけで、定植後は装置のメンテと誘引、剪定、病虫害防除ですすむため、収穫時にパート雇用をすれば、日常管理は1人でも1ha程度まで可能と考えられる。

3. 品種の導入

京都市にあるオーシャン貿易(株)が大粒で多収、かつ流通に耐える新品種をニュージーランドやアメリカから契約で導入したものを使用する。従来品種に比べてきわめて高い品質をもつ品種を使用し、短期間で出荷が可能（定植2年目から）なことから、高い競争力を発揮できる。また、現在試作の未登録品種を使用し、温室での促成栽培作型を組み合わせることで、近年中には大粒品種を3月～8月下旬まで連続出荷することが可能となる。

4. 導入事例と販売実績

養液ポット栽培の普及は2001年から始まり、平成16年

*嶋本園芸技術研究所 代表

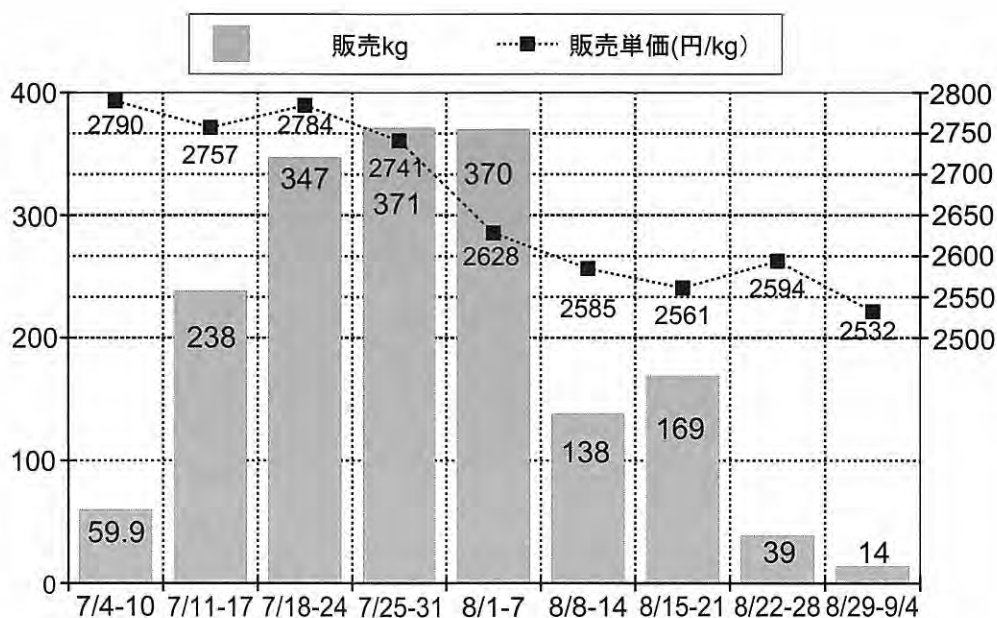


図1 平成16年ブルーベリー販売重量および単価の推移（愛媛中央農協）



写真1 福岡県 野村さん 定植後10か月（定植12月）



写真2 愛媛県 石井さん 定植後6か月（定植4月）

500kg/10a程度の収穫が得られた。愛媛県では愛媛中央農協が積極的な産地づくりを始め、2003年4月に導入した石井氏を始め、これまでに、21件、46,800㎡の導入が進んでいる。愛媛県では、本年夏には石井氏他1件で出荷が始まり、すべて農協通しで、全国の市場に全て相対販売でスタートした。実際の販売実績は図1に示す通りで、石井氏の園（30a、約600万円の初期投資）では400万円あまりの売り上げが定植後わずか1年で達成されたと喜んでいる。定植5年後の目標は、2ト/10a、平均単価2000円で400万円/10aとし、産地をまとめて一つの産業として成り立つように努力したいとのことである。

5. おわりに

ポット栽培のシステム及び新品種はセットにてオーシャン貿易(株)（京都市右京区西院平町25、電話075-314-8733、グリーン事業部 担当：安馬）が普及販売している。詳しくは、担当または著者までお願いいたします。

12月末現在27.5ha、43件で導入されてる。

写真1は福岡県野村さん（定植後10か月、定植12月）
写真2は愛媛県石井さん（定植後6か月、4月定植）
の園を示すものである。定植1年後にはいずれも、



石垣島における果樹の養液栽培

一年中ハイビスカスが咲き乱れ、マンタが泳ぐ珊瑚の海を擁する日本最南端の市である石垣市は北緯24°東経124°に位置し、東京から2000km、鹿児島から1000km、沖縄本島から400kmあまり離れており、年平均気温24℃の亜熱帯気候の石垣島にある。この島の農業はサトウキビや畜産が大きな割合を占めているが、パイナップル・マンゴー等の熱帯果樹栽培も盛んである。その中で、現在、アセロラ、パイナップル、パパイヤ、マンゴー等の養液栽培が試みられており、一部は経営的に十分成り立つ段階に達している。また、葉菜類は水耕栽培を導入して周年生産が可能になり、夏季の高温期にゴーヤ等の島野菜を除き穫れなかったこの島で重要な野菜供給源となっている。ここでは、2004年にパパイヤの養液土耕栽培に関する特許を石垣市が取得した経緯と今後の展開について記述する。

パパイヤは熱帯アメリカ原産の果樹で、17世紀半ばに沖縄に伝わったとされている。沖縄県ではパパイヤは古くから庭先で栽培され、未熟の青パパイヤを野菜として主に加熱調理して食べる。特に夏は強日射、高温、台風襲来で極端に野菜が不足するため、それを補う野菜として重宝されてきた。また、パパイヤは肉を軟らかくする働きがあることから、牛肉・豚肉料理や刺身のツマとしてもよく利用されている。さらに、昔からパパイヤは「母乳の出を良くする」と言われ、出産間近い妊婦や出産後の母親たちに好んで食されてきた。しかし、パパイヤは台風や季節風による強風、潮風で茎、葉が傷みやすく、土壤水分が多すぎると根腐れを起こしやすいなど、安定して栽培するには問題点も多く、石垣島内の需要にも対応しきれず、ホテルやスーパーマーケットでは海外からの輸入品に頼っている状況であった。

*石垣市役所



大 嵩 浩 二*

沖縄県ではこれまで露地栽培を主体に果樹・野菜用パパイヤの営利栽培が試みられてきた。しかし、台風が来襲すると一夜にして全滅し、台風が来襲しないと供給過剰で農家経済に被害を与えた。冬には季節風と低温で生育、着果、果実糖度が抑制され、夏には高温と乾燥で着果、果実糖度、着色が抑制されるなどの問題があった。

パパイヤの安定生産のために、近年、沖縄県全域で施設の利用が進められてきた。しかし、施設内の地床栽培では土壤伝染性の根腐れ病が数年で蔓延したり、通常の品種では1年で先端が施設の屋根に到達する問題があった。この対策として斜めに誘引したりして、ハウスの屋根に到達するのを遅らせる工夫がされているが、満足する経済栽培には至っていなかった。

これらの問題を解決するために、石垣市は1996年に農家の考案した矮性種の苗を利用した個体別の鉢または金網ベンチで隔離するパパイヤ栽培の開発研究に着手した。この栽培試験には農家も参加しそれぞれ実験圃を設置した。また、石垣市主催の講演会に大阪府立大学池田英男教授を招聘し、養液土耕栽培の技術指導も受けた。培養液の濃度や組成等を学ぶことにより、これまで勘に頼っていた栽培から脱却し栽培を理論的に理解し、改善できるようになった。しかしそれでも、パパイヤ栽培開始当初、満足できる収量、品質が得られず、夏場には枯死寸前の危機的状態に陥り、半ば諦めムードになっていた。この原因が根の活性低下であることを2000年に国際農林水産業研究センター沖縄支所（以下、JIRCAS）小沢聖室長が指摘したことから改善が始まった。また同時期に金網ベンチで実証試験をしている農家の定植した苗が枯れる現象が起こった。JIRCAS、大阪府大、農家と原因を検討し、培養液濃度の調整、温度環境の改善、培地の通気性の改良を行

った。特に通気性を高めるため籾殻等も使用したがうまくいかず、石垣島で入手が容易なサンゴダストを使用することで飛躍的な改善をみる事ができた。その結果、ほぼ満足のいく生育、収量、品質が得られるようになった。この改善の最大のポイントは、農家間の培地の違いで、根の発達が大きく異なる現象に気づいたことである。

2001年、関係者の合意の下、栽培試験に参加していた3農家を発明者とし、本技術開発を行ってきた石垣市が特許を出願し、2004年に特許を取得した。(特許第3565198号)

現在、石垣市で本技術を利用してパパイヤ栽培を行っている農家は3軒である。出荷量はまだ僅かではあるが、パパイヤの年間安定生産が可能になった。そしてなによりすばらしいのは「無農薬」で栽培できることである。これにより、輸入果実を使っていたホテル、小売店が島内産に切り換えた。ホテル、小売店以外にも、土産物店、観光客、業者からの引き合いが絶えない状況である。また、青パパイヤを千切り加工し野菜用として小売店、学校給食に供給を開始したところ、中国産冷凍品の利用が激減した。また、石垣市の「経済大使」東京農業大学小泉武夫教授の指導で青パパイヤの薫製が開発され、新たな市の特産品として期待されている。さらに健康と料理をテーマにしたテレビ番組で取り上げられ、関東のスーパーでは青パパイヤのサラダが販売されるようになり、全国各地からの引き合いがある。これら増加する需要に現在の栽培面積では到底対応できない状態にある。

しかし、現状では、他の農家がこの技術を簡単に模

倣できる状況にはない。3軒の農家を中心となって開発したこの技術には、まだ体系化されていない点も多いからである。この技術を広く普及するには、栽培管理の数値目標を明らかにし、水耕栽培のようにマニュアル管理を多く取り入れられることが課題である。

現在、JIRCASを中核機関として沖縄県農業試験場八重山支場、石垣市、石垣島養液栽培研究会が参加して、農林水産省の受託研究「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業—パパイヤ養液土耕栽培技術の汎用化技術の開発」に取り組んでいる。また、石垣市独自のパパイヤ研究所の開設計画が進んでいる。これらから得られる研究成果を踏まえ関係者とともにパパイヤの普及拡大を図り、石垣市はパパイヤの拠点産地を目指す。並行して付加価値を高める加工品開発や地元民間企業との連携により、パパイヤ調理メニューや特産品の開発研究を行い、消費拡大を戦略的に進め、足腰の強い地域産業の確立を図ることが今後の目標である。



図1 パパイヤ養液土耕



図2 パパイヤ料理試作メニュー



図3 パパイヤ海鮮サラダ



図4 パパイヤと鶏肉のスープ



「やさしい養液栽培」

培養液作成のための濃度の勉強 IV



伊 達 修 一*

単肥を使って培養液を自由に作成するには、無機養分濃度の計算が必須である。前号ではグラム当量濃度について解説したが、この単位で計算した各無機養分濃度から培養液の電気伝導度（EC）を推定することができる。今回はグラム当量濃度から培養液のECの推定法について、簡単な練習問題を交えて解説する。

1. 電気伝導度（Electric Conductivity; EC）とは

電気伝導度とは溶液の電気の流れやすさを表す単位で、具体的には断面積 1 cm^2 の電極2枚を 1 cm 離して置いたときの電気の流れやすさを数値化したもので、ジーメンズ（S/cm）という単位で表す。電気の流れやすさ、つまり「電気がどれくらい流れるか」ということは、「電気がどれくらい流れにくい」の裏返しである。ということで、この電気伝導度は上述した条件で測定した電気抵抗の逆数を計算したものであり、かつてはその単位はモー（mho； Ω を上下さかさまにした文字）と表されていた。養液栽培で用いられる培養液はS/cmで表すと桁が小さすぎるので、通常はその $1/1000$ のmS/cmが使用される。近年では、国際単位系への移行により、dS/mが使用される（単位が変わるだけで、数値は変わらない）。近年、培養液管理法として養分の量的管理などの新しい方法が提唱されてきてはいるが、現状では依然としてECを維持することを基本とした培養液管理法が主流である。培養液のECは通常ECメーターという機器で測定するが、各無機養分のグラム当量濃度から推定することができる（ただし、実際の培養液のECは推定値よりも実際は若干小さい値となる）。前号で、グラム当量濃度が無機養分濃度をイオ

ンで考えるために重要であると述べたが、今回解説するECとの関係からも重要で、ぜひ前号のグラム当量濃度の計算法を再度読んで、復習していただきたい。

2. ECと無機養分濃度との関係

あるイオン 1 eq が 1 cm 離れた電極2枚の間にあるときの電気伝導度は一定であり、これを当量イオン導電率という。各イオンの当量イオン伝導率を第1表に示す。これらの数値を用いて、培養液の各イオン濃度から、それぞれのイオンで生じる電気伝導度を計算する。計算されたそれぞれのイオンによる電気伝導度を合計したものが、培養液の理論上のECとなる。ただし、実際の培養液中でのリン酸塩の電離状況（リン酸塩は PO_4^{3-} まで電離せず、 H_2PO_4^- となっている）を考慮して、 H^+ については無視し、 PO_4^{3-} は H_2PO_4^- として計算する。また、微量元素は多量要素と比較してオーダーが低いので、これらも無視してよい。第1表に示した当量イオン伝導率の単位はdS/m/eqという単位であるため、培養液のイオン濃度の単位me/Lを用いて計算するには当量イオン伝導率を1000で割って、1meあたりの伝導率に換算する必要がある。これらのことから、ある濃度で含まれるイオンの電気伝導度を式に表すと、以下のようなになる。

$$\text{イオンの電気伝導度 (dS/m)} = \text{当量イオン導電率 (dS/m/eq)} \div 1000 \times \text{イオン濃度 (me/L)}$$

培養液のECはこのイオンの電気伝導度を各イオンについて計算して合計する。

表1 各種イオンの当量イオン伝導率（dS/m/eq）

陽イオン	H^+ 349.8	Na^+ 50.1	K^+ 73.5	NH_4^+ 73.6	Mg^{2+} 53.1	Ca^{2+} 59.5	Fe^{3+} 68.4	Mn^{2+} 53.5	Zn^{2+} 52.8
陰イオン	OH^- 198.3	CO_3^{2-} 69.3	Cl^- 76.4	NO_3^- 71.5	NO_2^- 71.8	PO_4^{3-} 69	HPO_4^{2-} 57	H_2PO_4^- 36	SO_4^{2-} 80

25℃溶液中で、完全解離した場合の理論値（無限希釈溶液中の値）

*京都府立大学大学院農学研究科（本会運営委員）

問題 1. 次の表は山崎トマト処方の多量要素の組成である。空欄を埋めてこの培養液の理論上の EC を求めなさい。

表 2 山崎トマト処方培養液のイオン組成

イオンの種類	培養液中の濃度 (me/L)	当量イオン濃度 (dS/m/eq)	理論個別伝導率 (dS/m)
NO_3^-	7	71.5	
NH_4^+	0.67	73.6	
PO_4^{3-}	2	(※) 36	
K^+	4	73.5	
Ca^{2+}	3	59.5	
Mg^{2+}	2	53.1	
SO_4^{2-}	2	80	

(※) H_2PO_4^- の値を使用

培養液の推定 EC は? (dS/m)

3. もっと大まかに計算する方法

培養液中の陽イオンあるいは陰イオンの各 me/L 数をすべて合計して、10 で割ることにより計算した値が培養液の EC 値に極めて近い値になることが経験的にわかっている。ただし陽イオンで計算する場合、当量イオン導電率で計算するときに用いた H_2PO_4^- がさらに解離して生成する H^+ の濃度も計算に入れる。そうしないと陽イオンと陰イオンの濃度が同じにならない。

問題 2. 問題 1 の培養液の EC を上記の簡便な方法で計算しなさい。

4. 最後の練習問題

これまでに 4 回にわたって解説してきた培養液を作成する際に必要となる濃度の計算法に関して、すべてのおさらいの意味を含めて、問題を以下に示す。下の表の塩を水に溶かして 800L にした。空欄をすべて埋めて、表を完成させなさい。回答は次号に掲載する。

塩	KNO_3	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
分子量	101.1	236.1	115	246.4
溶かした量 (g)	647.04	377.76	122.666667	394.24
重容%濃度 (%)				
モル濃度 (mmol/L)				

イオンの種類	培養液中の濃度 (me/L)	当量イオン濃度 (dS/m/eq)	理論個別伝導率 (dS/m)
NO_3^-		71.5	
NH_4^+		73.6	
PO_4^{3-}		(※) 36	
K^+		73.5	
Ca^{2+}		59.5	
Mg^{2+}		53.1	
SO_4^{2-}		80	

(※) H_2PO_4^- の値を使用

培養液の推定 EC は? (dS/m)

練習問題の解答

問題 1. 公式 [イオンの電気伝導度 (dS/m) = 当量イオン導電率 (dS/m/eq) $\div$ 1000 $\times$ イオン濃度 (me/L)] にしたがって、各イオンの理論個別伝導率を計算する。すべてを合計した値が培養液の EC となる。回答は小数点第 3 位で四捨五入している。

イオンの種類	培養液中の濃度 (me/L)	当量イオン濃度 (dS/m/eq)	理論個別伝導率 (dS/m)
NO_3^-	7	71.5	0.50
NH_4^+	0.67	73.6	0.05
PO_4^{3-} (※)	2	36	0.07
K^+	4	73.5	0.29
Ca^{2+}	3	59.5	0.18
Mg^{2+}	2	53.1	0.11
SO_4^{2-}	2	80	0.16

(※) H_2PO_4^- の値を使用

培養液の推定 EC は? (dS/m)

1.36

問題 2. 陽イオンで計算する場合、

$$([\text{NH}_4^+] + [\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{H}^+]) \div 10 = (0.67 + 4 + 3 + 2 + 1.33) \div 10 = 11.0 \div 10 = 1.10$$

陰イオンで計算する場合、

$$([\text{NO}_3^-] + [\text{PO}_4^{3-}] + [\text{SO}_4^{2-}]) \div 10 = (7 + 2 + 2) \div 10 = 11 \div 10 = 1.10$$

質疑応答

レタスのチップバーンについて

1. チップバーンとは

チップバーンとは葉の先端や周辺部（チップ）が焼けた（バーン）ような症状を示すもので、日本では縁腐れ症とも呼ばれ、カルシウム欠乏により発生するとされている。レタス以外にもイチゴ、シュンギクなどの野菜で発生する。

2. 発生の要因

1) カルシウムの吸収が抑制される

カルシウム自体が培地中で不足することは一般的な培養液管理では、きわめてまれで、病害や水分ストレス、地上部と地下部の極端な温度差、培地pHの過度な上昇または低下などによる根いたみや培養液中の肥料組成バランスにより十分な吸収が妨げられることが多い。

2) カルシウムの地上部への移動が抑制される

根に取り込まれたカルシウムは植物体内の中を水の流れにともなって上方へ運ばれていく。この流れが妨げられると、カルシウムの移動は不十分となり、結果的に吸収も抑制されることになる。この水の流れを抑制する要因は、昼間の高湿度、高温などの地上部条件の不良や、水分不足、高塩類濃度、低温、低酸素濃度などの地下部条件の不良がある。

3) 必要な部位でカルシウムが不足する

株の先端あるいは中心に近い若い葉は、成熟した葉より蒸散量が少ない。このため、蒸散に伴う植物体内の水の流れが若い葉の部位のみ少なくなり、カルシウムの供給が不足する。また、光、温度、炭酸ガスなど環境条件を整え生育を早めるほど、植物体のカルシウ



磯崎 真英*

ム要求度が高くなり、必要な部位でカルシウムが不足することがある。

3. 対策

1) 培養液管理

根いたみを防止するため、ECやpHの極端な変動を避け、夏期には、培養液中の酸素供給量を低下させないよう、流量を上げる等の対策を行う。また、培養液中のマグネシウムやナトリウムが一般的な供給濃度の比で過剰に蓄積していないかチェックする。アンモニア態窒素の過剰供給はしない。

2) カルシウムの葉面散布

不足する部分に直接葉面散布することで、不足分を補う方法である。日中に散布すると短期間に乾燥してしまっており、吸収されにくいことがあるので、乾燥しやすい時期は夕方や曇りの日などに散布することが望ましい。

3) 蒸散を促進する

葉についた水滴がいつまでも残っているような高湿度は蒸散を抑制することになるので、循環扇など室内の空気を動かすことにより、蒸散を促進する。

4) 植物体のカルシウムの要求度を下げる

植物体の生育をやや抑えることにより、必要とするカルシウム量を抑え、チップバーンの発生を防ぐ。具体的には気温や地温を下げることや遮光により光強度を下げてやる方法がある。

*三重県科学技術振興センター 農業研究部（本会運営委員）

本会記事

第26回 運営委員会の開催

日時：2005年5月19日（木）13：30～17：30

場所：千葉大学園芸学部 第二談話室

出席：篠原，糠谷，丸尾，塚越，高市，和田，福田，
岩崎，伊達，齋藤，東出，栗田，大久保

議題：

総会資料について

1) 2004年度事業および決算報告（案）

2004年度事業報告（案）について，事業部会長丸尾委員から，2004年度会計決算（案）について，会計塚越委員から総会資料にもとづいて説明があり，原案修正の後に承認された。

2) 2005年度事業計画および予算（案）

2005年度事業計画（案）について，丸尾委員から，2005年度会計予算（案）について，塚越委員から資料にもとづいて提案があり，いずれも若干の修正の後に了承された。予算案のうち合同部会に係わる旅費はこれまで部会活動費に含めていたが，今年度からは合同部会旅費として計上する案とした。

事業報告について

1) 第54回東京大会・16年度総会

第14回合同部会にて報告済み

2) 第5回「夏の学校」

第14回合同部会にて報告済み

3) 第55回 奈良大会

第55回奈良大会（16年12月16日～17日，奈良県橿原ロイヤルホテル開催）の決算（案）について，欠席の寺林委員に代わり，伊達委員より資料にもとづいて説明され，原案どおり承認された。参加者数は，150名で，余剰金は発生しなかった。

各部会の活動報告および事業計画について

1) 事業・企画部会

事業・企画部会長丸尾委員より資料をもとに1)

拡大事業・企画部会（2005年4月4日，筑波大学開催）第56回・東京大会・2005年度総会（2005年5月20日，東京南青山会館開催）について報告，準備状況等について説明された。

2) 編集部会

編集部会長高市委員より17年度第1回編集部会（2005年3月3日，京都J A会館開催）の審議資料にもとづき，ハイドロボニックス19巻1号の編集日程ならびに，第19巻2号の目次案等について説明があり了承された。また，ハイドロボニックスの発行日について，今年度より1号を9月15日，2号を3月15日発行と変更することが提案された。なお，編集等の作業については従来通りの日程で進めることが了承された。

3) 情報部会

情報部会長岩崎委員から，資料にもとづいてニュースレター発行状況ならびにHPの更新状況等について説明があった。HPの掲示板については，書き込み数が減少している旨が説明され，用語集の掲載などの対応を早急にする必要があること等が確認された。

今後の事業計画について

以下の事業等について，それぞれ担当の委員から説明があり，日程・内容等について審議した。1) 第57回広島大会（寺林（伊達），2) 第58回・京都大会・2006年度総会（伊達），3) 第6回「夏の学校」（和田），4) 20周年記念事業（篠原）。特に第6回「夏の学校」については，研修プログラム・講師案等についても検討を行ない，翌日開催予定の第56回・東京大会でも募集パンフレットを配布することになった。

会員管理について

会計塚越委員より資料をもとに，（有）ダブル・ワークスを含めた会計管理の流れについて説明があった。また，現状の会員数・会費納入状況等についての報告があり，新規会員勧誘ならびに種々の活動に伴う予算

執行上の協力が要請された。

その他

5月20日の総会・研究会の運営・役割分担・作業内容等の確認を行った。

第56回・東京大会・2005年度総会の開催

日時：2005年5月20日（金）13：00～17：00

場所：東京 南青山会館

参加者数：49名

- 1) 2005年度総会を開催した。会長挨拶に引き続き、議事に入り、第1号議案（2004年度事業報告ならびに決算案）、第2号議案（2005年度事業計画ならびに予算案）が原案どおり承認された。各議案の審議結果は以下のとおりである。

第1号議案—事業報告：第11回 国際園芸技術展（2004.4.20～23）、事業・企画部会（2004.4.29）、第25回・運営委員会（2004.5.19）、第54回・東京大会・2004年度総会の開催（2004.5.20）、第5回「夏の学校」（2004.8.7～12）、第14回・合同部会（2004.12.15）、第55回・奈良大会（2004.12.16～17）、編集部会（第1回：2004.3.26、第2回：2004.9.9）、ハイドロポニックスの発行（第18巻1

号：2004.8.31、第18巻2号：2005.2.28）、ニュースレターの発行（第31号：2004.6、第32号：2004.12）、ホームページの管理

（<http://www.w-works.jp/youeki/>）

決算：決算表を参照。

第2号議案—事業計画：拡大事業・企画部会（2005.4.4）、第26回・運営委員会（2005.5.19）、第56回・東京大会・2005年度総会（2005.5.20）、第6回「夏の学校」（2005.8.1～6）、第15回・合同部会（2005.11.15）、第57回・広島大会（2005.11.17～18）、編集部会（第1回：2005.3.3、第2回：2005.9.上旬）、ハイドロポニックスの発行（第19巻1号：2005.9.15、第19巻2号：2006.3.15）、ニュースレターの発行（第33号：2005.6、第34号：2005.12）、ホームページの管理

（<http://www.w-works.jp/youeki/>）

予算：予算表を参照。

- 2) 総会に引き続き、研究会（テーマ：「生産と研究・開発現場のホットライン」）を開催した。開催にあたり、岡田正孝氏（農林水産省生産局野菜課課長補佐）に来賓の御挨拶を頂き、最後まで研究会に参加して頂いた。

