



中小規模経営のための養液栽培研究

東 出 忠 桐*

わが国の施設設置面積が減少しはじめた。施設農家数はそれ以前に減少を続けていたが、これまでは一戸当たり面積の拡大によって全体の面積は維持されていた。ここにきて規模拡大よりも農家数減少のスピードの方が勝ることになったのである。これに対して、養液栽培施設の面積は増加を続け、2003年には1500haを超えている。しかし、養液栽培に携わるものとして、このことを手放しで喜んでいてよいのだろうか。近年、わが国でも数ヘクタール単位のオランダ型大規模施設が増加している。これが養液栽培面積の増加として表れたものと考えることができる。

オランダ型の大規模施設の増加は世界的な傾向であり、数十ha規模の特大施設が各地で稼動している。オランダ型の施設栽培は、安定的で生産性が高く、世界の施設園芸における1つの柱である。しかし、導入するにも稼動していくにも多大なコストとエネルギーが必要である。一方、ヨーロッパの施設園芸においてオランダと肩をならべているのがスペインであり、パールタイプハウスと呼ばれるプラスチックハウスとドリップ給液を用いた施設栽培が大規模に行われている。オランダ型の重装備で精密な技術と対照的に、低コストでシンプルであるが、温暖な気象や地理的条件をうまく利用して発展を続けている。

わが国の施設園芸の大部分はパイプハウスであり、その持ち主である中小規模経営からオランダ型の大規模施設に手を出すのは難しいと思われる。中小規模経営の施設園芸の発展には、スペインのように立地条件等を活用した低コスト生産を進める技術が適すると考えられる。筆者らは、一般のハウスの建設が困難な中山間傾斜地域に施設園芸を展開させることを目的として研究を行っている。この中で開発した「傾斜ハウ

ス」,「傾斜地用養液栽培システム」の資材費は、それぞれ10a当り300万円,116万円であり、これまでの養液栽培に比べて低コストである。それにもかかわらず、夏秋トマトの収量は慣行の10a当り8tから14tに増加することを実証している。こういった研究は、中小規模の施設園芸を発展させる技術開発の一例としてあげることができるであろう。

さて、施設園芸関係の研究者からよく聞かされるのが、「養液栽培の研究者は下ばかりみている」という言葉である。培養液組成や管理法について、何人もの研究者が長年にわたって研究していることを指しており、おおむね当たっていると思われる。先に述べた中山間傾斜地の研究プロジェクトは、通常の研究とは異なり、実際の現場で技術の開発から実証まで行うものであった。この研究を通してわかったことは、重要なのは要素技術をつなぐことと、つなぐことのできる要素技術を開発することである。すなわち、システムの開発、作型の検討、給液管理、ハウスの換気、病虫害防除等の研究から得られるものを組み合わせて同時に行い、全体として良好な結果を出すことが重要なのである。開発する技術がどの部分に入り、どのようにつながって、どんな効果を上げられるのかといった検討が不十分なものは、研究としては成り立つが、技術としては成り立たないのであった。養液栽培の研究者といえども、下ばかりみているは、使える技術を産み出すことはできないのである。

* (独) 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター (本会運営委員)

内外のニュース

第59回日本養液栽培研究会・神奈川大会



飯村 裕史*

2006年11月7日から8日の2日間、「マーケティングからはじめる元気な農業ビジネス」と銘打って行われた。

1. 現地見学会

神奈川県に養液栽培が導入されたのは1963年（昭和38年）で当初は礫耕，次いで1970年（昭和45年）頃から協和ハイポニカの導入が始まり，近年はロックウール栽培に移行してきている．養液栽培の延べ面積は2003年（平成15年）には41.5haに達し，作物はトマトが最も多く23.8haと57%，次いでカイワレダイコン，サラダナ，ミツバ，ネギを主体とした葉物類が7.1haと17%を占め，次に花卉（バラ主体）が6ha程度を占める（野菜に限ると養液栽培施設面積は県内施設園芸用施設面積の約1割を占める）．栽培方式としてはロックウールが全体の75%と多く，特に花卉に限ると96%と多い．

(1)「長田ローズガーデン」(藤沢市：長田純一氏，バラ新品種の切り花及び苗生産，2,500坪)

どこにも負けない新品種導入の早さとその選定眼，それに独自の接木技術を組み合わせ，1株320円の生産者向け苗を年間60～70万本生産．確固とした栽培技術に裏打ちされてこそ，高付加価値商品の生産が可能になることをあらためて感じさせられた．



*日本デルモンテ（株）

(2)「井出農園」(藤沢市：井出茂康氏，大型ガラス温室におけるトマト生産2,080坪)

オランダ式温室なみの装備を持つ国産の温室．かつては調理用トマトの長段での契約栽培をおこなっていたが，防除などの課題から現在は抑制と半促成の年二作に切り替えている（品種も組合出荷にあわ



せて桃太郎ヨークに変更）．見学時は4～5段で摘心がなされ抑制作の収穫初期であった．低段での栽培のため密植して，無摘果，省力誘引（つりっ子）をおこなっており，作型にあわせた効率的な生産を行っている様子が伺えた．

(3)「JAさがみ・わいわい市」(寒川町)

平成17年オープンのファーマーズマーケットで県産木材を活用し木の質感を生かした建屋がまぶしい．商品も新鮮で豊富な品揃えの直販店であった．生産者がつぶさに自分の棚を見回り，商品のわずかな傷みも見逃さずに回収し，常に新鮮でよい品だけを消費者に提供しようとする様子を見学中に見かけ，品質への気配りの高さが想像された．

2. 分科会

「栽培技術」，「省エネ」，「マーケティング」の3題目に分かれて自由参加の座談会がおこなわれた．私が参加したマーケティングの会では翌日の研究会の講師お二方の参加に加え，自慢のトマトや，綺麗に作りこまれた消費者向けチラシなどの持ち込みもあって議論が盛り上がった．特に今回は生産者と販売者の立場に

については熱のこもった発言がなされて、互いの立場に理解が深まった感があった。ただ、生産者と販売者のあいだにある市場や包装などの流通業者の立場や意見を知ることができると販売・経営論議により深みが増してよいのではないかと思われた。

3. 研究会

最初に、篠原会長から「日本養液栽培研究会20周年の記念事業」、施設園芸協会常務理事の石内氏から「スーパーホルトプロジェクト」と、積極的な2つの取組みについて紹介があった。

(1) 横浜市トマト生産者 飯田恒雄氏「養液トマトと歩んだ40年～生産確立と販売戦略」

日本の養液栽培創成期から幾多の試行錯誤をたゆまぬ情熱で乗り越えてこられた篤農家の貴重な体験談をお聞きできた。また、長男智司氏と現在取り組んでおられる(有)グリーンステージ大平(栃木)でのトマト大規模生産をおこなうにあたり取り組まれた販売方法の工夫についても話された。特に販売店と消費者の信頼を失うのは4つの場合(後述①～④)ではないかという示唆がなされ考えさせられた。①良い品物をつくれなくなってしまった場合、②お客様に嫌われてしまう品物の場合、③生産者も販売者も儲からない品物の場合、④必要なときに必要なだけ供給できる体制ができない場合。

(2) 神部バラ園 神部喜治氏「都市近郊における販売戦略」(海老名市)

人柄のよさが伝わる「癒し系」の語り口の中にも販売とはなにか、そのための生産活動とはなにかと、ハッと考えさせられる瞬間の多い講演であった。特に直売戦略で独自性を組み込んだ5P(後述①～⑤)という考え方を披露され、マーケティングについて深く考え自分のものとして実践されていることがうかがわれた。また、神部氏はまことにうまく家族の関心とやる気をとらえてお店の魅力に変えている様子であり、神部家のいきいきとした雰囲気が講演から伝わってくる気がした。①場所(Place:立地と競合から考える販売対象はどこか?), ②価格(Price:市場出荷では「いかに換金するか」だが、直売では「いかに喜んでもらえるか」を考えて)、③

品揃え(Presentation:お客をひきつける工夫、展示と品数)、④消費宣伝(Promotion:看板とHPは最大限に利用)、⑤人柄(Personality:うんちくで売る人、威勢で売る人など)。

(3) 東京都青果物商業協同組合本部青年会長 同組合「八百屋塾」実行委員長

杉本青果店代表 杉本晃章氏「トマトはなぜ売上高NO.1になったか」

カボチャとトマトは日本人が食べて評価がはっきりである商品であるため、おいしいカボチャとおいしいトマトを揃えておくことが八百屋には重要。過去にトマトは生産しやすいが味が優れない品種が主流の時代があり一時消費が伸び悩んだが、食味の優れた桃太郎の登場でふたたび消費が増えた。現在は大きさ、味などより多様化している。一般に量販店では商品のよさを消費者に伝える機能が少ないため、見た目や規格、価格で売れ行きが決まり、こだわりのつたわりにくい商品は結果的に売れにくい。そのため、八百屋としてはこの傾向に歯止めをかけるべく本当のよさを消費者に理解してもらうとともに、消費者一人ひとりの好みを知りつくすことで多様な品揃えの中からその消費者に適した商品をすすめるようにしているとのことであった。同時に生産者としては消費者にはっきりと自己主張がつたわるように生産活動をおこなうべきで、そうでなければ規格と価格だけで評価されることになる、と分科会に続いて生産者に発奮を促す内容であった。

(4) (独)農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター

マーケティング研究チーム主任研究員 河野恵伸氏「養液栽培だからできるマーケティング」

養液栽培の特質から考えると経営戦略として特産品化(高品質商品、新商品、ニッチ商品)か、大規模化(定品質商品)のいずれかが考えられる。経営を長期安定させるためには2～3ha規模の経営とそのため雇用経営が前提となる。雇用をする場合、安定収入が必要なので①定価格販売のできる量販店や外食との契約型取引を全体の1/3、②ある程度の安定価格が期待できる市場を通した予約販売を1/3、③市場でのスポット販売を1/3、という構成が望ま

しい。①・②の契約にともないブランド、パッケージ、トレーサビリティを含め商品開発が必要となる。

全体として本大会ではテーマ通りにこれまでのような栽培技術だけでなくマーケティングに焦点を置いた取組みがなされ養液栽培研究会の新しい展開が感じられた。



講演会の様子

ただ本大会では県外生産者の参加が少なかった様子であったので、今後も養液栽培研究会としては技術的側面に加えて、個々の生産者の経営・販売戦略を具体的かつ強力にバックアップする側面を強調できるとよいのではないと思われた。次年度の島根大会ではより核心をついたテーマと活気のある開催を期待したい。



座談会の様子



海外文献の紹介

■塩水灌漑下で栽培された加工用トマトの収量と品質

Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation.

Carlos Alberto Brasiliano Campos, Pedro Dantas Fernandes, Hans Raj Gheyi, Flávio Favaro Blanco, Cira Belém Gonçalves, Selma Aparecida Ferreira Campos. Scientia Agricola. 63(2):146-152, 2006.

加工用トマト‘IPA 6’は、ブラジルの加工用トマト生産において重要な位置を占めているが、その多くは塩害の生じやすい半乾燥地域で栽培されている。塩ストレスは、収量の減少や尻腐れの多発をもたらすが、果実糖度・酸度の増加による加工適正の向上をもたらす。本実験では、5段階の塩濃度（EC(dS/m) = 1, 2, 3, 4, 5）と2組の塩組成（Na:Ca:Mg = 1:1:0.5(P1), 7:1:0.5(P2)）の灌水が、加工用トマト（‘IPA 6’）に与える影響について調査した。

灌水の塩濃度が高くなるにしたがって、総収量、可販収量、果実重量が減少し、減少率はそれぞれ、10.1%、

9.5%、9.2%だった。一方、糖度、酸度は増加し、増加率はそれぞれ、13.9%、9.4%だった。果実数、果実pH、濃縮果肉収量は灌水塩濃度の効果が認められなかった。濃縮果肉収量は、EC1~4では500g/株だったのが、EC5で383g/株まで減少した。しかし、区分的回帰分析の結果、濃縮果肉収量は、EC2.65を境に、8.8%減少すると算出された。

塩組成のNa比率の増加は、総収量、可販収量、可販果実数、濃縮果肉収量を減少させ、Na率が低い塩組成と比べて収量は85%程度だった。なかでも可販収量の減少率が最も大きかったが、これは高Na率の灌水によって障害果数が増加したためである。果実糖度、酸度への影響は認められなかった。

これらの結果から、Na率が低く、EC2.65以下の塩濃度の灌水であれば、加工用トマトの生産性を低下させないことが分かった。

第7回養液栽培技術研修会 「夏の思い出－養液栽培夏の学校2006－」

根本明季*



養液栽培夏の学校が、平成18年9月4日～9月9日にかけて、静岡県の静岡大学農学部において開催された。今年で第7回目となる夏の学校は、養液栽培の基礎的な知識・技術の習得を目的として、平成12年から毎年開催されている。今回も多数の申し込みがあり、当初計画していた30名の枠を変更し、総勢35名の参加となった。農業従事者や、就農希望者、企業などから、様々な方が集まった。私は学生補助として参加させて頂いたが、私自身も大いに勉強でき、とても良い経験となった。

1. 初心者コース

一日目と二日目の午前中までが初心者コースで、基本的な用語、装置などを基礎知識として理解するために行われた。初心者コースの参加は自由だが、ほぼ全員が参加していた。養液栽培装置を組み立てる実習も行い、DFT、NFT、培地耕の装置を皆で作った（写真1）。学生は各装置の担当につき、装置の説明係となったが、受講生の鋭い質問に困る場面が多々あり、私は自分の知識のなさを初日から実感してしまった。装置作成と同時に、栽培実験も行った。皆で作ったNFTでサラダ菜を栽培し、培養液に処理を加えて、その影響を調べるという実験である。栽培は初日の実習から最



写真1 栽培装置組み立て実習

終日まで行った。この実習を通して、栽培装置についての知識が深まり、培養液についてもより深い理解が得られたと思う。

2. 講義

6日間の研修は講義を中心に進められた（写真2）。朝9時～夕方6時まで講義の日もあり、短期間で養液栽培の基礎を習得するための超ハードな合宿だった。養液栽培のシステムや培養液、経営についてなど、様々な講義が行われた。講義の中で特に難しく、質問も多かったのは、培養液の処方についてであった。イオンやモルについては高校で学んだ内容だが、長年使うことがなかったため、忘れてしまっている人が多い。しかし、培養液の成分を調べ、状況に合った培養液を設計することは、良い栽培を行うために重要である。計算練習や細かい講義が繰り返され、とにかくスパルタで講義は進んだ。経営の講義では、実際に経営を行っておられる農家の方に講義をして頂いた。農家の方が実践から得た知識は、独創的で教科書にはない、貴重な内容だった。受講生から農家の方への質問は休憩時間になっても続き、皆さんの真剣さがうかがえた。



写真2 講義の様子

3. 実習

初級コースでは、2回の実習が行われた。1回目は、養液栽培装置の組み立てと制御機器の取り扱い、2回

*大阪府立大学農学部

目は培養液の調整と分析である。装置の実習は千葉大学の学生が中心になって進められた。私は電気回路や制御機器についてはちんぷんかんぷんで、改めて養液栽培の幅の広さを感じた。回路から、植物の生態に至るまで、勉強することは盛りだくさんである。学生の中には私のように機械について勉強不足の人が多く、実習中は分かったふりをしていたが、実習後は学生の間で「千葉大すげーな！」と盛り上がった。培養液の実習では、やはり培養液の処方や濃度の計算で質問が殺到したが、実際に作成してみることで理解が深められたと思う。

4. 見学会

見学会は7日に行われた。見学先は、(有)高橋水耕、静岡農試、吉岡バラ園、成瀬農園、三倉農園などである。高橋水耕では高糖度トマトポット栽培を見学した。年間販売額約2億円、1kg 1300円の値がつくというトマト栽培について、栽培面、経営面から学ぶことは多かった。受講生も皆真剣に耳を傾けていた。静岡農試では、トマト、ガーベラ、バラなど、様々な植物の栽培施設を見学した(写真3)。現在開発中の新しいシステムなどを見学し、私はこれからの技術開発にとっても興味を持った。また、成瀬農園、三倉農園ではDトレイを使ったロックウールイチゴ栽培施設を見学した。Dトレイを使ったロックウール栽培は、かなりの省力化、高品質栽培が可能だそう。現在近所の農家と協力して、Dトレイを用いて試験的に栽培を行い、技術の普及に努めておられる。Dトレイを用いたトマトのロックウール栽培施設も見学させて頂き、私は彼らの真剣な取り組みに心を打たれた。

一日の見学会を通して、養液栽培の現場を目の当たりにし、私たちはたくさんのことを学んだ。やはり成功し



写真3 見学会の様子

ている農家は土台となる知識の上に、独自の栽培、経営方法を編み出し、積極的な農業を行っておられる。私たちはそのような姿勢の大切さを実感し、帰路についた。

5. 懇親会

研修会中には、講師、学生、受講生が親睦を深めるために、二度の懇親会が行われた(写真4)。受講生には様々な人がいて、皆さんとお話することはとても刺激になり、楽しかった。特に、実際に栽培を行っている人や、海外の生産現場で仕事している人などから伺ったお話はとても勉強になった。講義とは違って気軽に講師とも会話ができ、受講生の皆さんにも楽しんでもらえたのではないかなと思う。



写真4 懇親会の様子

6. さいごに

この研修会に参加して、受講生の皆さんは養液栽培に関するたくさんの知識を吸収でき、栽培の現場と触れ合えたことで、実践に役立つ知識も得られたと思う。私もこれから卒業研究を進める上で、とても勉強になった。また、栽培技術の研究が、実際の栽培に活かされる過程を目の当たりにしたことで、これからの研究の姿勢について考えることができた。これからこの研修会がより充実したものとなり、色々な方に参加して頂くことで、日本の農業の発展に貢献していけることを、私は願っている。



写真5 集合写真

園芸学会平成18年度秋季大会

2006年9月23日～25日に、園芸学会平成18年秋季大会が長崎大学にて開催された。養液栽培関連の発表について報告する。

1. 葉菜

広島農技セの越智らは、水耕ネギ栽培において播種から育苗、定植、収穫までをトレイごと栽培するトレイ方式での播種密度とトレイ間隔について検討した。トレイ間隔は、生体重および茎径に差は見られなかったものの、最長葉長が優れた22.5cmとした。播種密度は、8月および12月播種では、トレイ長10cmあたり25粒、4月播種では、21粒とすることで、定植パネルあたり収量に大差なく、収穫時の生体重が優れていた。

島根農技セの石津らは、培養液への酸素溶解処理や冷却が葉ネギの生育、収量に及ぼす影響についての検討および現地試験による酸素溶解処理効果の検証を行った。高温期に培養液中の溶存酸素濃度を高めた結果、生育が早まり、培養液を20℃に冷却した場合と同等の収量が得られた。また、現地試験においてもこの傾向は顕著に認められたことから、酸素溶解処理の実用性は高いと考えられた。

千葉大の武らは、ニラ養液栽培においてN、P、K濃度が初期生育と養分吸収に及ぼす影響について検討した。ニラの生育初期における適当な培養液のN、P、K濃度は3 me/L、6 me/L、6 me/Lであったと考えた。また、培養液のN濃度の上昇に伴う乾物重の顕著な減少は、過剰施肥による生育阻害と考えられる。

島根大の浅尾らは、アミノ酸の一種であるプロリン施用が培養液低濃度下におけるキュウリの生育および収量に及ぼす影響について検討した。培養液低濃度下では、葉面散布したプロリンは、同等の窒素量の尿素



齋藤 岳 士*

のように栄養成長を促進する窒素効果を示すのではなく、雌花開花後の子房肥大を促し、生育が途中で止まる流れ果数を減少させることで、収量低下を抑制したと考えた。

農研機構近中四農研の木下らは、四国の傾斜地域における周年施設生産体系の中で、夏秋トマトに続く冬作としてセルリー栽培を行う際に、温床線を用いた根圏加温の時間帯がセルリーの成育と電力消費量に及ぼす効果について検討した。冬期間に根圏加温を行う場合、電力料金の安い朝方だけの加温設定で、調整重が顕著に増加したことから終日および昼間の加温に比べて、加温効果が大きかったと考えられた。

佐賀大の田淵らは、ステビア抽出成分Rebaudioside-A (Reb-A)を高純度を含むステビア甘味料を収穫直前に根から導入することで、水耕葉菜類のさらなる味質改善を検討した。また、甘味と同時にアスコルビン酸を導入することで、栄養価を高めるとともに甘味と香りを同時に導入した味質改善野菜の開発も検討した。甘味料、アスコルビン酸の導入濃度の高さ、処理時間の経過につれ葉菜の吸水阻害、萎凋が激しくなった。また、官能評価において食べやすさは変わらなかったものの、甘味、香りの評価は高くなった。

九州大の森山らは、茎葉利用型サツマイモ品種‘すいおう’の湛液式水耕と固形培地耕の2つの養液栽培方式での収量と品質を比較した。収量では湛液式水耕が優れており、葉のルテイン含量は固形培地耕でより高い値が得られたが、総ポリフェノール含量については両栽培方式で大きな差異は認められなかった。

名城大の久野・鈴木は、葉ネギの養液栽培において、 NO_3^- と NH_4^+ の割合が成長に及ぼす影響と一定収量に必要な NO_3^- 量について検討した。培養液の窒素の割合を $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (1:2)とした時、収量も多く、pHも安

*筑波大学大学院生命環境科学研究科

定した。また、培養液の NO_3^- の最適濃度は、 8me/L であると考えられた。

三重県科技セ農研部の小西らは、水耕ホウレンソウ葉の硝酸塩含量を下げられる培養液の $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比、尿素含有培養液のCa源とその最適濃度に加えて、 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比の異なる培養液からのホウレンソウの養分吸収特性について検討した。ホウレンソウの水耕栽培では、 $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比が3:7で1~2mM CaCl_2 を含む培養液を用いることで、減収することなく葉の硝酸塩含量を顕著に下げられることが明らかになった。全窒素吸収量は $\text{NO}_3\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比5:5が最も多かった。Caは尿素態Nの比率が高くなると吸収速度に影響が見られたがK、P、Mgは有意な差はなかった。

宇都宮大の藤重・増田は、薄膜化した培地を急傾斜にすることで長根種の守口大根とヤマイモの水耕栽培を試みた。ヤマイモを傾斜角度60度で栽培した場合、標準的な土耕ヤマイモと比較してイモ最大径は小さいものの、イモ長、イモ重は優れていた。水耕で収穫した守口大根を土耕例と比較すると、肥大根長、基部の根径は勝るものの、岐根の多発、軟腐病への対応の不備による根の肥大不足を招いたと思われる。

2. 果菜

トマト:

岐阜中農研の鈴木らは、炭酸ガス施用が夏秋トマト栽培における放射状裂果の発生に及ぼす影響について検討した。パイプハウス内で、炭酸ガスを3月から5月にかけて10時から17時の間に上限1000ppmで施用したことで、炭酸ガスを施用しないパイプハウスで栽培したトマトと比較して総収穫量、可販収量、平均果重が増加したものの、くず放射状裂果発生数が増加した。以上のことから、放射状裂果の発生は、光合成産物の増加による果実肥大の促進によって助長されると推察された。

大塚化学(株)の岡・三好は、不織布製ポットを用いた隔離床栽培における高糖度トマトの果実生産において、抑制と半促成の2作型の連続栽培での、各作型の定植時期について、また培地容量の影響について検討した。培地容量が1.5Lと非常に少ない不織布製ポッ

トを用いた隔離床栽培において、2本仕立てを行い、隔離栽培用肥料を慣行栽培よりも高濃度で施用することによって、高糖度トマト栽培が可能であると考えた。また、年2作栽培することで、6~8tの可販果収量が得られた。

滋賀農技振セの高澤らは、滋賀県独自の養液栽培技術である少量土壌培地耕でのトマト栽培における培地の長期連用が収量や培地の科学性等に及ぼす影響について調査した。連作培地の収量は、1作目と大きな差はなかった。また、収穫終了の2週間前より、水のための給水を行い、培地の肥料成分を作物体に吸収させるため塩類集積も見られず、作後には培地内の根が分解して、培地土壌の排水性や保水性を維持していると考えられた。以上のことから、限られた事例ではあるが、トマト少量土壌培地耕では長期の培地連用が可能であることが示された。

農研機構近中四農研の東出らは、傾斜ハウス、養液栽培システムなどの施設を有効に利用するため、夏秋トマト、促成ブルーベリーの周年栽培体系の実証試験を行った。傾斜ハウス内で傾斜地培養液栽培システムを用いて5月~12月に夏秋トマト栽培を行い、1月~5月に促成ブルーベリー栽培を行うことによって、施設の周年利用は可能であることが明らかになった。

長崎総農林試の井上らは、トマトの低コスト隔離床栽培の確立のために、不織布製ポットを用いた養液土耕における仕立て法が、生育と収量に及ぼす影響について検討した。細断ヤシガラ1.5Lを充填した不織布製ポット栽培では、培土量の多い隔離ベッド栽培と同等以上の収量が得られた。また、実生苗を用いた2本仕立て栽培においては、果房14段あたり約14t/10aの可販果収量が可能であると考えられた。

岐阜農技セの越川らは、トマトをベンチ上で1株毎にポットで栽培することにより、病原菌の拡散を抑制した栽培方法‘独立ポット耕栽培’において、1株当たりの適切な培地量を検討した。不織布製ポットを利用した独立ポット耕栽培で使用するポットは、生育と収量性から4号ポットより培地量が多くなる5号ポットが適しており、充填する培地量は1150~1300mLと必要がある。培地量がこの範囲より少ないと減収、多いと点滴チューブの目詰まりが発生する危険性が示

された。

岐阜農技セの安田らは、独立ポット耕栽培において、培養液濃度がトマトの生育および収量に与える影響を明らかにし、適切な培養液濃度管理を検討した。10月の定植後に、培養液のECが最大で1.4dS/mとした標準区の1.3倍の高濃度となるように管理することで、初期成育が優れ、初期収量が増加する傾向があるが、4～5月頃より施肥過剰により生じたと考えられた水分ストレスにより生育および果実肥大が抑制された。施肥利用効率を考慮して、収穫始めまでは高濃度のEC設定で、以後は標準設定、6月以降は標準より低い設定の濃度管理が適切と考えられた。

岐阜農技セの安田らは、トマト独立ポット耕栽培において、生育ステージ毎に養分吸収量を明らかにして、過不足のない培養液処方を検討した。過不足のない培養液管理のためには、播種から第1果房開花までの養分吸収に合わせた基準とする培養液処方と、その基準に対して、PおよびKを高め、CaおよびMgを低くした改良処方の2種類、または、基準と改良処方の中間程度の処方を加えた3種類で管理する必要があると考えられた。

静岡農試の大石・守谷は、開発した無培地循環栽培システムにおける基本培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度およびストレス培養液のECによるトマトの生育反応を検討し、両条件に基づく生育制御の可能性について検討した。地上部生育は、基本培養液の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が高く、ストレス培養液のECが低いほど大きかった。いずれの $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度でもECの増加に伴い可販果収量は減少傾向にあったが、果実糖度はBrix 9%以上に上昇したことから、開発した無培地循環栽培システムによる高糖度トマト生産は可能であり、基本培養液における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度およびストレス培養液のECにより生育や果実品質を制御できる可能性が示された。

高知大の福元らは、トマトの養液栽培におけるマイクロバブルオゾン水を用いた青枯れ病の予防効果について検証した。湛液式水耕の培養液に青枯れ病菌を低濃度で接種した場合、オゾン5 ppm処理で完全に発病を抑制したが、青枯れ病菌を高濃度で接種した場合は、オゾン10ppm処理でも抑制効果は小さくなった。その要因として、オゾンと菌の接触の微妙な時間的ずれが

考えられた。

徳島農技セの板東らは、銀担持光触媒を利用した殺菌装置のトマト循環式ロックウール栽培への実用性を検討した。銀担持光触媒殺菌装置を円筒型にし、銀担持不織布と培養液の接触効率を上げることにより殺菌効率は高まり、また、この殺菌装置を組み込んだ養液栽培システムは、トマトの生育、収量、品質、培養液成分および果実中銀濃度に影響がなく、実用性は高いものと考えられた。

農研機構野菜茶研の中野らは、トマト養液栽培における量的管理法においてCaの施用量を変え、生育および収量、培養液濃度の推移について比較した。冬季の湛液水耕栽培における量的管理では、果実肥大期に培養液中Ca濃度が10～20ppmと低く推移しても、収量や品質に影響を及ぼさないことが明らかになった。したがって、Caの施用量を従来よりも約25%削減でき、効率的な施肥が可能である。

筑波大の斎藤らは、塩ストレス処理下におけるトマト果実中の糖代謝酵素の活性を調査し、高糖度化のメカニズムについて考察した。トマト果実のシンク活性決定要因とされているスクロースシンターゼ活性が塩ストレス処理によって増大していたことから、塩ストレス処理によるトマト果実の高糖度化には、濃縮効果以外にも酵素活性の増加による果実のシンク能力の増大と、それに伴う光合成産物の転流・分配促進が関与している可能性が示唆された。

イチゴ：

岡山大の吉田・山東は、培養液コストの削減や環境負荷軽減を目的として、培養液組成がイチゴの生育、収量に及ぼす影響を調査した。園試処方1/2濃度培養液を基準として、培養液Ca、Mg、K濃度を50%まで低下させても‘さちのか’、‘アスカルビー’、‘トチオトメ’には収量に大きな差異は認められなかった。一方、培養液K濃度は、‘女峰’、‘さちのか’では60%まで、‘章姫’、‘さがほのか’では75%までなら、収量に影響なく低下させることができると考えられた。

静岡大の遠藤らは、水分保持力の低い培地を用いて、培地中のマトリックポテンシャルを指標とする給液管理下でイチゴを養液栽培し、午前と午後の給液管理の違いがイチゴの生育、収量に及ぼす影響について調査

した。気孔コンダクタンスが影響される午後において、培地のマトリックポテンシャルを高く維持する給液管理を行うことにより、吸水や蒸散は促進される可能性が示唆されたが、収量を有意に増加させる効果は見られなかった。

玉川大の飛田・春日は、イチゴ養液栽培におけるイチョウまたはタケチップの培地としての有用性を検討した。ロックウール培地に比べてタケ培地は、生育や収量は劣ったが、イチョウ培地はロックウール培地と同程度の収量があり、街路樹や公園樹として広く植栽されているイチョウの剪定枝のチップが培地として有用となる可能性があるものと考えられた。

静岡農試東部園芸分場の大石・中根は、イチゴ生産体系において、育苗から定植までの作業を短縮、分散し、省力化するために未分化苗定植を取り入れた栽培体系への適用性について検討した。イチゴの未分化苗を定植する場合、花芽分化に対する培養液供給濃度変化への反応に品種間差があることから、各品種の肥料反応を考慮したうえで、花芽分化を確認後に給液濃度を上昇させる必要があると考えられた。

その他：

大阪府大の池田・東馬場は、キュウリ苗を用いて、培養液の流速と濃度が根の単位表面積当たりの無機要素吸収量に及ぼす影響について検討した。培養液の流速が速くなると、根表面への無機要素や酸素の供給量が増えることにより、無機要素吸収量は有意に増加した。したがって、根表面に液肥を積極的に施与することが、作物の養分や酸素吸収に重要であり、これが、一般的な土耕と比較して養液栽培や養液土耕で作物の生育が早くなる説明材料となると考えられた。

新潟農総研園研セの種村らは、キュウリの閉鎖型養液栽培技術確立のため、養液管理方法の違いが生育と

収量に及ぼす影響について検討した。キュウリの閉鎖型養液管理においてもかけ流し管理と同等の果実収量が得られ、養分施肥量を約40%削減できる可能性が示された。

高知大の西村・福元は、軽石培地を用いたメロンの循環式養液栽培における培養液管理方法の違いが株の生育、果実肥大・品質、葉内無機成分含量ならびに栽培期間中の培養液の化学的変化について検討を行った。自動肥料管理機を利用して培養液ECを1.5dS/mとする管理方法では、果実肥大・品質が最も良好で、栽培期間中の培養液のpH、ECおよび肥料5要素の変化が最も小さく、培養液管理も省力であることから、EC値を基準として培養液管理する方法が軽石培地を用いたメロン栽培では最適であることが示唆された。

3. 花卉

静岡農試南伊豆分場の加藤・稲葉は、カーネーションの灌水同時施肥栽培における養分吸収特性を明らかにするため、灌水同時施肥栽培と養液栽培、土耕栽培で時期別養分吸収特性を比較した。灌水同時施肥栽培および養液栽培では、N施用量が慣行の60%程度でも、養分吸収特性はおおむね同等であることが明らかとなった。また、灌水同時施肥栽培では施肥量により採花本数、切り花品質に影響があることが示唆された。

静岡農試の佐藤らは、肥料と水を与える最良のタイミングを求める目的で、湛液式養液栽培におけるバラの養分吸収特性を調査した。バラ湛液式養液栽培における養液のEC濃度の変化から算出した硝酸態窒素の吸収は、蒸発散量とほぼ同様の変化をし、蒸発散量が多いと窒素吸収が増加した。蒸発散量に対する窒素吸収量は、夜間が高く、日中は低い値となった。

農業環境工学関連7学会2006年合同大会報告

河崎 靖*



2006年9月12日～15日にかけて農業環境工学関連7学会2006年合同大会が北海道大学札幌キャンパスにて開催された。ここでは養液栽培関連の研究発表について報告する。

1. 野菜

養液栽培関連の発表はトマトを用いたものが多く、次いでイチゴが多く見られた。

トマト：高糖度化に関する研究発表が多く見られた。また、有機物施用やロックウール代替培地など、環境負荷低減に関する発表も見られた。全体的に、新規開発素材の適用可能性や高度な分析機器の圃場での利用方法について検討した発表が多い印象を受けた。

海洋深層水の利用によるトマトの高糖度、高品質生産について、高知大の藤倉はトマトのNFT水耕において、養液に海洋深層水由来のニガリ、および濃縮深層水を加えて高EC管理を行うことで、高糖度トマト生産を可能とし、緑熟期の果実の乾物率から収穫果の糖度を予測できることを報じた。また、高知大の佐合は海洋深層水を施用したトマトの食味試験と機器分析による各成分濃度との比較を行い、深層水施用したトマトは通常栽培のものより食味試験で高い評価が得られたが、NaCl施用のトマトとの比較では差は見られなかったことを示した。また、食味試験による甘味、酸味および旨みの評価は、糖度、酸度およびグルタミン酸／アスパラギン酸比とそれぞれよく対応したことを報じた。

高糖度トマトの抗酸化活性に関する研究として、愛媛大の和島は湛液ポットによるトマト1段栽培では、養液に海洋深層水を添加してECを15dS/mに高めて栽培した場合、NaClを添加して同濃度の栽培管理を行ったものに対してSOD活性が低く抑えられ、酸化スト

レスが軽減されていることを示唆した。また、尚綱大の圖師は塩ストレス下で栽培したトマトの抗酸化酵素活性の変化について検討し、培養液に100mMのNaClを添加し塩ストレスを与えることで、抗酸化酵素であるSOD、APXの活性が低下し、アスコルビン酸含量が低下することを示した。

愛媛大の村川はトマトのロックウール栽培での水ストレス状態の把握および制御のために、植物体の萎れの程度を直上部からのデジタルカラー画像の投影面積の変化によって判断し、給液管理を行うシステムを開発した。

静岡農試の大石は遮根シートで根を挟み込む方式の遮根ユニットを用いた無培地養液栽培で、余剰排水を水ストレス付与のためのストレス培養液として利用することで高糖度化を実現し、余剰排水の排出による環境負荷を抑えることが可能であることを報じた。

愛媛大の末岐は大規模トマト生産温室での個葉の光合成量、クロロフィル濃度などの年変化を調査した。個葉の最大光合成速度は夏季に大きく低下し、低下の程度は中位葉で特に大きかった。同様にクロロフィル濃度も夏季の低下が著しく、夏季の群落光合成能力が大きく低下することを示した。

明治大の後藤は養液栽培のトマトにLEDによる光刺激を与え、光質および照射部位の違いが収量、糖度に与える影響について検討した。収量の増加のためには、赤色、青色複合光（R/B比=10）を植物体全体に照射すると有効であり、糖度増加のためには生長点付近に照射することが有効であることを報じた。

明治大の布見、谷、秋吉は、養液栽培において有機質含有液体肥料の施用による収量・品質の変化についてそれぞれ検討した。有機質肥料のみを用いた場合、化学肥料のみの栽培と比べ収量は2割程度低下したが、食味試験の評価は高くなることを示した。

*野菜茶業研究所

明治大の中林は、養液栽培用培地の代替資材としてマグネシウム含有鉱物、ケイ砂、サンゴ砂の混合物の利用について検討した。上記の混合比を1:2:7とした培地で栽培したところ、ケイ砂のみの培地とほぼ同等の収量・品質が得られ、マグネシウム含有鉱物がトマト養液栽培の培地として利用可能であることを示した。

大阪府大の渋谷は低温貯蔵苗の発根促進、および断根接ぎ木苗の活着促進のため、発根部位および接ぎ木接合部を加温するボトムヒート処理について検討した。トマトおよびカボチャの挿し穂を10℃で低温貯蔵し、発根部位のみをそれぞれ25℃で2日間、27℃で1日間加温したところ、挿し木後の発根量が増加した。また、接合部を25℃で加温すると挿し穂の引っ張り強度が無加温時と比べ大きく増加し、活着が促進されることを示した。

近中四農研の東出は、夏秋トマト栽培において簡易雨よけ施設での土耕栽培と傾斜ハウスでの養液土耕、養液栽培との収量を比較、検討した。全収量は傾斜ハウスの養液栽培で10a当たり14.5tに対し雨よけ施設では10.2tであり、傾斜ハウス養液栽培が多かった。また、ハウス養液栽培において、花房開花9日前の週における晴天日の割合が収量に影響を及ぼす可能性があることを示した。

イチゴ：四季成り性品種を用いた、夏季高温対策の研究が目立った。また、特殊なベッド配置により、慣行以上の密植を可能にする研究も見られた。

夏季高温対策に関して、東北電力の杉本は、イチゴ夏秋どり栽培における、培地冷却の方法とその効果について検討した。やし殻培地中に冷水パイプを埋設し20℃、25℃に管理した場合、光合成速度の向上、排液中の溶存酸素の増加および果実収量の増加が見られた。また多孔質パイプを埋設しパイプ内を通風した処理区を設けたところ、培地温はわずかに低下し、光合成速度、果実収量が増加した。また、宮城農園研の岩崎は、高設栽培ベッド全体をトンネル被覆し、夜温冷房の効果について検討した。7月～9月の期間、スポットエアコンにより夜温を20℃程度に保つことで、草勢の低下を軽減し、8月以降は収穫果数の増加による収量の増加が見られたと報じた。

栽培ベッドの改良について生研センターの林は、移動式のイチゴ高密植栽培装置を試作した。栽培ベッド

を縦、横方向にそれぞれ移動させる移動ユニットを用いることでベッド間の通路をなくし、慣行よりも高い栽植密度での栽培を可能とした。また、栽培ベッドは循環移動のため、薬剤散布箇所が1箇所のみで全ての植物体に散布可能であり、省力化に繋がることを報じた。また、広島農技センターの伊藤は、慣行の4倍の栽植密度を可能とする2段吊り上げシーソー方式栽培を提案し、栽培ベッドの受光量および収量を最大化する配置について検討した。上下2対の栽培ベッドは、それぞれ水平に配置することによって高い受光量を得ることが出来、面積当たりの収量は慣行栽培の2倍近くを得ることができると示した。

その他野菜：愛媛大の日高は、ホウレンソウの養液栽培における根圏の低温ストレスが品質に与える影響について調査した。養液温度を20℃で管理した後、5℃で2週間低温処理した場合、低温処理しない場合と比べ、新鮮重は減少するが糖度、アスコルビン酸含量は増加し、硝酸含量は低下することを示した。また、1週間の低温処理の後、再び養液温度を20℃に戻すことで、新鮮重の低下を抑えつつ、ある程度の高品質生産が可能であることを示した。

宮崎大の霧村は、キュウリの養液栽培において、数種のキュウリ水耕栽培モデルから定植後日数と積算養分吸収量との回帰式を導き出し、生育ステージに合わせた最適培養液組成を明らかにした。また、上記回帰式を利用したイオン濃度制御管理システムを開発した。

九冲農研の渡辺は南アフリカ原産の塩性植物アイスプラントを新規野菜として周年生産するための高温適応性および最適な無機成分含有率について検討した。アイスプラントは夏季の無遮光ハウス（最高気温42℃、最高液温35℃）下でもNFT水耕が可能であることが示され、無機成分については大塚A処方NaClを50mM添加した処理区が地上部新鮮重、最大側枝長などが大きく、生育が促進された。

2. 花卉

畜草研の池口は、バラの温室内での二酸化炭素施用による光合成量について、栽培モデルでのシミュレーションにより施用濃度、施用時間の検討を行った。4

月中旬のバラ栽培温室において、5時から11時の間に二酸化炭素施用を600ppmの設定濃度で行うと、施用しない場合と比較して光合成量がおおよそ2.8倍になった。また、施用時間を13時まで延長した場合には3.7倍に増加することを示した。



海外文献の紹介

■ケイ素が植物の水分状態を改善することでトマト生育への塩の有害な影響が軽減される

Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status.

M. R. Romero-Aranda, O. Jurado and J. Cuartero.

Journal of Plant Physiology. 163: 847-855. 2006.

塩ストレスによりトマト果実の品質は向上するが、同時に吸水制限による水ストレスならびに植物体内への Na^+ および Cl^- の蓄積により地上部生育が抑制され、果実収量が減少することが知られている。本研究では、トウモロコシ、キュウリなど他の作物において耐塩性の向上効果が報告されているケイ素の使用がトマトの耐塩性に及ぼす影響について検討した。

トマト品種‘Moneymaker’を温室内において自然条件下で栽培し、本葉5枚のステージで処理を開始した。処理区は、標準Hoagland培養液を対照区として、培養液に2.5mMのケイ素、80mMのNaClまたは2.5mMケイ素+80mM NaClを加える3処理区を設けた。試験期間中は葉の水および浸透ポテンシャル、気孔抵抗、光合成速度および蒸散速度を調査し、試験終了時には植物体の生体重および乾物重、葉内のイオン含量を調査した。

NaCl単独処理によって、植物体の生体重および乾物重は、それぞれ対照区と比較して減少したが、NaClとケイ素を同時に処理するとNaClによる植物体の重量の減少の程度が抑制された。葉内の Na^+ および Cl^- 含量は、培養液へのNaClの添加によって対照区と比較して増加した。また、NaClとケイ素を処理すると葉内のケイ素含量が増加し、 Na^+ および Cl^- 含量はNaCl単独処理よりも低下する傾向にあったが、統計的に有意な差ではなかった。植物の吸水量は、ケイ素処理の有無に関わらず、NaCl処理

岡山大の後藤は、熱融解性ポリエステル繊維固化培地を用い、花壇苗ポットレス育苗の可能性について検討した。材料にインパチェンスとビンカを用い、固化培地をポットなしで育苗した場合、ポットありの場合と比べて水消費量が最大25%増加し、生育が抑制されたと報じた。

によって減少した。しかし、生体重と乾物重の差から算出した水分含量はNaClを処理することで、対照区と比較して減少したものの、同時にケイ素を処理することによって減少量は抑えられた。また、葉の水および浸透ポテンシャルは対照区と比較してNaCl処理で低下し、ケイ素を同時に処理することでより大きく低下した。気孔抵抗、光合成速度および蒸散速度は、NaCl処理によって対照区と比較して低下したが、NaCl+ケイ素処理では、全ての項目で対照区と同程度の値を示した。また、蒸散量当たりの炭素同化量および吸水量当たりの乾物生産量のいずれの水利用効率においてもNaCl処理で減少したものの、NaCl+ケイ素処理では減少が抑制された。

本実験の結果、ケイ素処理は、塩ストレス処理下におけるトマトの水分生理を改善させることによって耐塩性が向上し、地上部生育の抑制を低減させることができた。耐塩性の重要な機構の一つとして細胞内の浸透調節がある。高分子量のケイ素錯体が細胞の液胞に輸送されて浸透ポテンシャルが低下することで、植物体の水分保持能力が増加したと考えられた。また、ケイ素処理による吸水量の増加は認められなかったものの、ケイ素の結晶が葉や茎の表皮細胞の下に堆積することでクチクラ層からの水分損失が最低限に抑えられたことで植物体内の水分含量が保持されたと考えられた。ケイ素処理は、葉内の Na^+ および Cl^- 含量には有意な影響が無かったものの、植物体内の水分含量が多くなることでイオン濃度が低下することによって、 Na^+ および Cl^- の有害な影響を緩和し、光合成能力の向上にもつながったと考えられた。

筑波大学大学院生命環境科学研究科 齋藤 岳士

第27回国際園芸学会議に参加して



遠藤 昌伸*

2006年8月13日～19日に韓国ソウルにて、第27回国際園芸学会議が開催された。世界80余の国から数千人もの園芸分野に関係のある研究者が参加した。開催地がお隣韓国ということもあって、日本からの参加者も大変多く見受けられた。ここでは、〈韓国での食べ歩きの思い出についてご紹介したいところだが〉本会議での養液栽培関連トピックスについてご紹介する。



写真1 レジストレーション会場

1. シンポジウム

シンポジウムでは園芸に関係する研究分野ごとに16セッションに区切られていた。発表課題は、口頭、ポスター合わせて総勢約2200件もあった。また国際園芸学会会議と併設して、企業の展示ブースも設けられていた。さらに、韓国農業近代化100周年を祝うイベントも行われ、多数の一般来場者も訪れており、お祭り騒ぎのようだった。

養液栽培に関する発表は、「施設栽培における持続的高品質生産に向けた環境制御、自動化、栽培システム」というセッションで行われていた。このセッションでは、養液栽培の他に、人工光源、施設内換気、光合成、ストレス処理、接木などに関する課題が口頭、ポスター合わせて200件ほど行われていた。その他のセッションでも養液栽培を実験手法として取り入れた報告も数多く見受けられた。

養液栽培や地下部環境の条件や制御がメインテーマの発表について集中してみると、培地の量や種類11点、給液管理6点、養水分吸収18点、地下部温度3点、地

*静岡大学農学部

下部空気4点、システム6点程度の発表が見受けられた。培地に関しては、新しい素材の特性評価や、混合比率や連用による生育への影響などに関する内容が多く見られた。給液管理や養水分吸収では、いわゆる培養液管理技術に関する内容で、生育制御や品質向上を目的にしたものがほとんどであった。システムについては、新しいシステムというよりは、これまでに行われていない作物でのチャレンジという内容であった。個人的には、地下部空気（培養液中や培地中の酸素や二酸化炭素の濃度や組成）に関する発表に注目していたが、意外と少なく残念であった。

国際会議となると様々な発表があるが、同様の内容であっても、各国の研究背景や経緯が異なるので、結果も様々で非常に面白かった。



写真2 シンポジウム会場

2. ワークショップ

本会議では、「温帯・熱帯アジア地域における養液栽培技術」と題したワークショップも開催され、座長は本研究会の池田参与が務められた。日本からは本研究会の糠谷副会長が、また韓国、中国、タイ、台湾の各国を代表する演者によって、温帯・熱帯アジア地域の各国における養液栽培の現状や問題点についての紹介が行われ、議論が交わされた。以下は、発表された各国の養液栽培事情について一部ご紹介する。

韓国の養液栽培は、15年ほど前より本格的な広がりをみせ、その面積は2004年の段階で847haに達している。消費者の安全で清潔な生産物への要求は高く、しばらくは面積も増加すると予想されている。パーライ

トやロックウールなどの培地を用いたシステムが多い。現在、養液栽培されている主要な作物は、トマト、パプリカ、キュウリ、バラ、ランなどである。日射や温度の要求量が高い作物については、プサンやクワンジュなどの環境に恵まれた韓国南部で主に生産されている。また、養液栽培によって生産される高品質な生産物は、重要な輸出品目ともなっている。今後の韓国の養液栽培分野では、培養液や培地の再利用や低排出化などの環境にやさしい栽培システムの導入や生産物の品質や機能性の向上と開発、加工や貯蔵の収穫後の品質制御について検討が進められている。

中国の養液栽培は、20年ほど前より導入がはじまりその面積は1981年には0.1haであったが、1995年には50ha、2000年には815ha、2005年には1250haと増加の一途をたどっている。この背景には国の主要プロジェクトとして、養液栽培が取り上げられたことが影響している。現在では、汚染のない高品質な農産物の生産や健全な栽培環境の実現を目指した栽培システムの検討が進められている。

タイの養液栽培は、20年ほど前に導入されたが、実際には最近の技術であり、10年ほど前より営利生産が行われるようになった。最近では、土壌や水資源が乏しい環境でも生産できる技術として生産者にも認知されている。主にNFT、DFTといったシステムが主流である。タイの生産者にとっては、年に16作の葉菜類の栽培ができるなど、高収量や生育スピードが速いことがメリットのようである。

台湾では、土壌病害など様々な障害に対して、養液栽培技術は有効な手段として考えられている。しかし、施設等が必要となるため、台湾のような地域では、台風や夏季高温による障害などに対する対策が必要となる。また、生産者への養液栽培技術の普及が必要である。

日本の養液栽培については、導入経過の他に、コストやサポート体制、消費者の要求などの問題点について発



写真3 ポスター会場

表が行われた。その他、高糖度トマト、イチゴの高設栽培、低コスト養液栽培など新しい栽培システムなどについても発表が行われた。

3. その他

本会議の中休みに、韓国イチゴ研究会主催による論山イチゴ試験場見学ツアーが計画され、日本のイチゴ研究者が招かれた。私もそのツアーにお邪魔させていただいたので、少しご紹介します。

論山市は、忠清南道の南部にあり、ソウルからは高速道路を利用して2時間半～3時間のところにある。論山市は韓国でも大変有名なイチゴ産地であり、論山イチゴ試験場は、韓国唯一のイチゴ専門の試験場である。主にイチゴの育種や栽培に関する研究が行われている。

韓国のイチゴの栽培面積は約7000ha、出荷量は22万tで、韓国では釜山近郊などの南の地域では促成栽培が主流であるが、論山などの地域では半促成栽培が主流である。早出し栽培は極まれである。近年では、四季成りイチゴを利用した夏秋とりイチゴ生産の研究もスタートしている。

韓国のイチゴの主要品種は、‘レッドパール’（シェア50%）、‘章姫’（シェア30～35%）である。論山試験場で育成され2002年に品種登録された‘莓香’（Maehyang）が約10%のシェアを占める。また、近年登録された‘晩香’（Manhyang）、‘雲香’（Sulhyang）と‘錦香’（Keumhyang）など韓国オリジナル品種のシェア拡大に期待が寄せられている。

論山イチゴ試験場では、新品种の育種や貯蔵技術、栽培方法などに関する研究も熱心に行われていた。栽培方法については、養液栽培ではなく、養液土耕栽培に関する研究が中心のようだった。また、韓国では種苗センターのような機関が存在しないため、論山試験場がウィルスフリー苗の生産も担当しているそうだ。

今回訪問した時期が夏だったので、育苗状況とウィルスフリー苗の培養室しか見学できず、残念ではあったが、大変貴重な体験をすることができた。



写真4 論山イチゴ試験場



～オープンシンポジウム～ 「液肥を用いた作物栽培」

2006年10月13日、農林水産技術会議事務局筑波事務所つくば農林ホールにて、「液肥を用いた作物栽培」についてのオープンシンポジウムが開催された。シンポジウムは「根面境界層の形成を抑制する新しい養水分管理技術の確立」研究グループの主催で行われ、本研究に関する中間報告会が兼ねられた。参加者は130名程度であった。

まず、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科の池田英男氏が根の表面に形成される養分濃度の薄い層について、これまでの試験経過を述べられた。池田氏らはSEM・EDXを使用して、根および根の周辺の無機元素分布を測定した結果から、根の周辺には無機要素濃度の薄い層が形成されていることを明らかにした。この層は、根が根の周辺の無機元素を吸収したためにできたと考えられ、これをなくすような積極的な水や養分管理をすることが根の養分や酸素の吸収を容易にし、生育を促進する技術になると考えられるとした。無機要素の濃度と流速を変えた実験を行った結果、流速が速くなれば無機要素吸収量は有意に増加した。植物の無機要素吸収は、根がイオンに接触すれば直接それを吸収できるが、それ以外は吸収する際に土壤溶液に溶存するマスフロー依存による。土壤中の水分移動は灌水時や降雨時以外は極めて少ないので、根は多くの時間は養分や酸素を吸収したくても吸収できないストレス状態に置かれていることになる。液肥を与えることは、このストレスを解消して養分や酸素を吸収しやすくすることになるので、生育が改善され、収量も多くなると考えられるとしている。

次に、液肥管理の新しい提案として、岩崎氏、農研機構九州沖縄農研の渡辺慎一氏、大塚化学（株）アグリテクノ事業部栽培研究センターの岡准慈氏の3名が

*（株）誠和。



東馬場 怜司*

講演を行った。最初に岩崎氏が、「少量多頻度灌水」と「移動式水検知センサ」を組み合わせた「根面境界層抑制システム」を提案した。ここで挙げた移動式水検知センサは、土壤中の所定の深さに埋設しドリップから滴下された水が設置した深度まで到達すると、センサが反応してポンプを停止し、給液を止めるといったものである。この移動式水検知センサを利用して、根圏の湿潤域を制限することによって、「できる限り高頻度」に給液することが可能となると考えられるとしている。

次に、渡辺氏がトマトの栽培試験結果を基にした液肥管理の提案を行った。薄い養液の多頻度給液下での土耕施設栽培トマトの生育と果実収量及ぼす影響について調査した結果、1日当たりの給液量を同じにして薄い養液を供給する場合、日内の給液回数が多いほど葉柄汁液の硝酸イオン濃度は高く推移する傾向があることが明らかとなった。トマトにおいて果実品質を低下させず、収量及び肥料効率を向上させるためには、土壤水分をある程度制御しながら根域の養水分をいかに積極的に動かすかがポイントになると考えられるとしている。

最後に、岡氏がキュウリの栽培試験結果を基にした液肥管理の提案を行った。キュウリの養液土耕において慣行区と同じ灌水量で給液回数を2倍に増やした少量多回数灌水区（6～10回/日）を設定し、給液頻度の影響を調査した結果、少量多回数灌水区では慣行区と比較して収量は明らかに増加した。これまでの試験結果は、土壤水分を一定に保つことを目的とした施肥管理よりも、根圏における養水分の移動を考慮した液肥管理が重要であることを示すとしている。

茨城県農業総合センター園芸研究所の安東赫氏は、露地栽培における水と肥料の管理について講演を行っ

た。新しい養水分管理技術として移動水検知センサを用いた給液管理を行ったところ、慣行区に比べて土壌水分率は非常に安定していた。春ハクサイを用い、比較試験を行ったところ、給液管理を行った処理は30%の減肥に関わらず、慣行区と同様な結球重であった。また、養分吸収も促進され、肥料分の蓄積や溶脱を防止できることが明らかとなったとしている。

果樹部門からは、近畿中国四国農業研究センター・次世代カンキツ生産技術研究チームの島崎昌彦氏が、カンキツのマ尔多リ栽培について講演を行った。「マ尔多リ」とは、マルチとドリップ（点滴）かん水の一部をとった呼称であり、マ尔多リ方式とは周年マルチを敷き、点滴チューブを用いて灌水施肥を行うものである。マ尔多リ方式による栽培では、隔年結果の軽減が期待できる他、早期成園化効果、環境負荷低減効果（窒素溶脱の減少）などが認められた。また、長い年数にわたるマ尔多リ栽培による樹体生育や収量への好影響や、塩類集積が発生しにくいことなどが明らかにされている。点滴灌水施肥はカンキツのみならず多様な果樹に対して効果的と考えられ、さらなる技術の発展が望まれるとしている。

花き部門からは、兵庫県農林水産技術総合センター淡路農林技術センターの山中正仁氏が花きの養液土耕について講演を行った。花きにおける養水分管理はノンストレス型とストレス型に大別でき、ストレス型花きではより細やかな養水分管理が求められる。ノンストレス型のカーネーションにおいて、1日当たりの給

液量は同じで給液頻度を1回、3回、9回、17回に変えて、生長、収量、切り花品質を比較した。その結果、9回と17回で生長が促進され、17回では収量が増加し、切り花長、切り花重が増加し、品質が向上した。今後は、施肥の量的管理、栄養診断技術、ケミゲイションなどの技術を検討する必要があるとしている。

最後に、株式会社養液土耕栽培研究所の日高啓氏が施設栽培における養液管理の実際（茨城県下での養液土耕栽培の普及と実践）について講演された。株式会社養液土耕栽培研究所は、平成16年9月1日より、大塚化学（株）と全農茨城県本部との協同出資により運営を開始した会社である。おもな業務として、養液土耕栽培システムの販売と、それに付随する肥料、資材の販売及び栽培に関するコンサルタント業務をとおして、茨城県農業の振興に努めている。茨城県での養液土耕システムの現在の普及状況は109件、130台、26haであり、特にピーマンでの普及が目覚ましい。しかし、全国的にはもっとも普及しているトマトの導入が少なく、今後の課題であるとしている。

すべての講演の後、総合討論が行われた。「土壌に水を落としたときどのような挙動を示すか」とか、「マスフローについて考えてみてはどうか」など、土壌物理性についての話題が多く、非常に奥の深い話であると感じた。根面境界層についての今後の研究成果が楽しみである。



写真1 受付の様子



写真2 会場の様子

事例紹介

「スプレーバラの高温障害」

1. はじめに

バラ栽培において、特にロックール栽培では夏場の高温時期をいかに順調に過ごす事ができるかが重要なポイントとなる。

特に定植初年度の生産においては、その年のみに限らずその品種の生産寿命にかかわることになる。そこで本年度定植したスプレーバラの夏季における高温障害の事例を紹介する。

2. 品種の説明

今回報告する障害が見られたのは‘クリーミーエデン’という品種である。この品種は中輪系のスプレー品種で花色はクリームグリーンで、アンティーク調の花形でスプレー品種としてはやや大きめなのが魅力的な品種である。(写真1)



写真1

3. 栽培状況

2006年5月～6月にロックールポットに挿し木苗をロックールマット(900×300×75mm)に2条植えにて1マット12本定植した。定植後2週間後からEC 1 dS/m前後の溶液を1日7～8回与えた。ほぼ2ヶ月後アーチング栽培用に樹茎を株元より撚枝する。それまでは、順調な生育を呈していた。

4. 障害状況

8月中旬頃から、芽の伸びが悪くなり茎長が極端に

*有限会社山本ばら園(愛知県豊川市)(本会運営委員)



山本 稔*

わい化して葉も伸張しなくなった。症状がひどいものは葉が黄化し、撚枝した枝や立直している枝も葉が黄化して枯死するものも現われてきた。(写真2, 3)障害の範囲は全体の半分近くで見られるようになった。



写真2



写真3

5. 処置、対策

樹勢をつけるために、摘蕾し葉数を確保しておいた。

およそ半月ほど放置しておき、やや樹勢が回復してきたように見られたので再度伸びた枝を撚枝した。

6. 原因について

明確な原因については、確定できないがいくつかの可能性が考えられる。

①病原菌による障害

ピシウム菌、高温性リゾクトニア菌、疫病、ネグサレセンチュウによる障害

②根圏の過湿による障害

夏季高温により溶存酸素の低下により、また給液多灌水による過湿管理による障害。

給液に酸素ガスを強制的に加えて溶存酸素を上げる方法(装置)も試みるが、効果は顕れにくい。

(写真4)

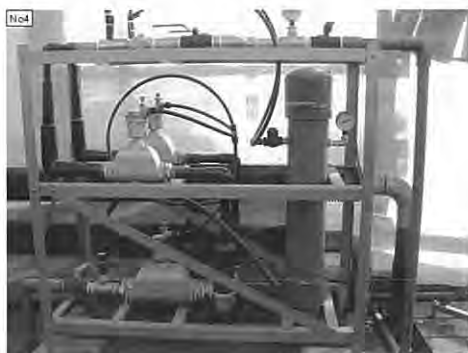
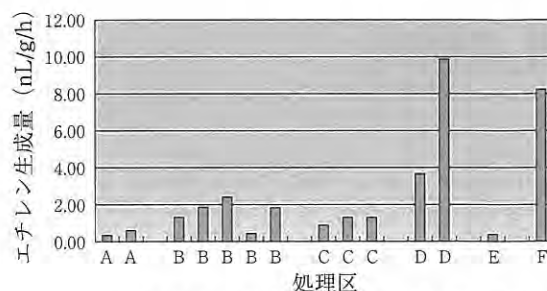


写真4

③ストレスによるエチレングス発生過程からくる障害
高温季撻枝によるストレスにより植物体からエチレングスが発生し、そのメカニズムが障害をひきおこす生理現象へ連鎖していく可能性がある。バラの撻枝後に発生するエチレンの量を測定した(写真5)。その結果茎の切断や捻りにより障害エチレンが結構発生することが分かった(図1)。データは示していないが、多くは、ストレスを与えた2, 3日にわずかな生成量となった。



写真5



処理区
A: 無処理, B: 撻枝1日後, C: 折り曲げ1日後,
D: 撻枝2日後, E: 黄化株, F: 小葉切除株

図1 撻枝した茎のエチレン生成量

9月26日に撻枝した部分から7 cmの茎を切り取り、エチレン生成量をガスクロマトグラフィで分析した(分析: 静岡大学農学部山脇和樹博士)。エチレン生成量は、無処理区(A)と比較して、撻枝(アーチング)したもので、さらに、撻枝1日後(B)より2日後(D)の区で多かった。また、捻らずに単に折り曲げたもの(C)と比較して完全に撻枝した区(B)で生成量は多かった。エチレンの生成量は黄化した株(E)では少なく、小葉切除という切断刺激を加えたもの(F)で高かった。

7. 対策

原因が明らかでないため決定的な対策は不明だが、原因と思われる要素を避けていくしか方法はない。

- 病原菌に対しては、パンソイル、逆性石鹼などでロックウールマット、容器などを事前に殺菌する。
- 品種特性的に根が弱いと思われるものは、過湿にならない管理をする。通常の品種のものより灌液をひかえる。
- 早期定植を終え、高温時期になるまえに根量、葉数を十分に確保しておく。

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～

■硫黄(S)

硫黄はあらゆる生物で、アミノ酸や補酵素(ビタミン)を構成する元素として、重要な生命反応に関係している。硫黄を含むアミノ酸にはシステイン、メチオニンなどがあり、タンパク質の必須成分である。硫黄を含む補酵素にはチアミン(ビタミンB₁)やビオチン(ビタミンB₇)などがあり、炭酸同化、呼吸、糖代謝、脂肪酸代謝に関係する。ユリ科野菜には香気成分の硫化アリルを多く含むものが多く、その香りには鎮静作用があるとされている。また、硫化アリルの一種であるアリシンはビタミンB₁の吸収を促進し、疲労回復に役立つ。アブラナ科植物に含まれ、近年注目される機能性成分であるスルフォラファン、アリルイソチオシアネート、メチルシステインスルホキシドなども硫黄を含む

成分である。植物に含まれる硫黄は乾物重当たり0.2~0.4%程度が一般的であるが、植物の種類によっても異なる。土耕の場合、肥料として用いる硫安、硫加、過リン酸石灰に硫黄が含まれることや、わが国では土壤中の硫黄含有量が比較的多いことから、特に硫黄肥料として施さなくても欠乏症が現れることはない。しかし水耕の場合は、硫黄(硫酸イオン)を含まない培養液では、容易に硫黄欠乏を生じる。欠乏すると含硫アミノ酸を必要とするタンパク質の合成が低下するので、窒素欠乏と似た症状を示し、下葉の黄化などが起こる。一方、硫酸イオンとして吸収される場合、過剰症はほとんど見られない。

千葉大学環境健康フィールド科学センター 塚越 覚(本会運営委員)



培地バッグ技術を導入した 高糖度トマト生産方式の開発と普及

中原 正一*



1. はじめに

培地バッグ技術とは、保水性および通気性を有する培地素材を、遮根透水シート（ポリエステル繊維の高密度織布）で包み、これを通常の栽培培地の代わりに使用する栽培方法である。本県オリジナル技術である（特許第3857978号）。

また、本県では、品質の安定した高糖度トマトの生産技術の開発に取り組んだ結果、底面給液による鉢栽培方式を確立し、平成12年度に普及に移した。この方式では、ポリポットに400ミリリットルの育苗培養土を充填して育苗し、育苗終了後、本圃プラントに設置した底面給液鉢に移植して栽培を行なう。低段密植栽培が基本で、10a当年間12000株（6000株×2作）を栽培する。このため、棄却培地量は、年間4800リットルとなり、その処分が現地で問題となってきた。そこで、培地バッグ技術を、このトマト生産方式に取り入れてみたところ、高い適応性が認められたので、平成17年度より普及に移している。

2. 培地バッグ技術を導入した栽培方式

この改良した栽培方式の特徴は、作物の茎葉および根以外には、棄却するものがほとんどないことである（図1）。

栽培の手順は次の通り。

- (1) 株当りの育苗培養土量を、改良前の十分の一である40ミリリットルとし、給液マットを用いた底面給液により肥培管理を行なう。
- (2) 育苗終了後、培地バッグをセットした栽培用鉢に移植し、吸水ひもによる底面給液によって肥培管理を行なう。
- (3) 栽培期間中、根が栽培ポットと培地バッグの間に

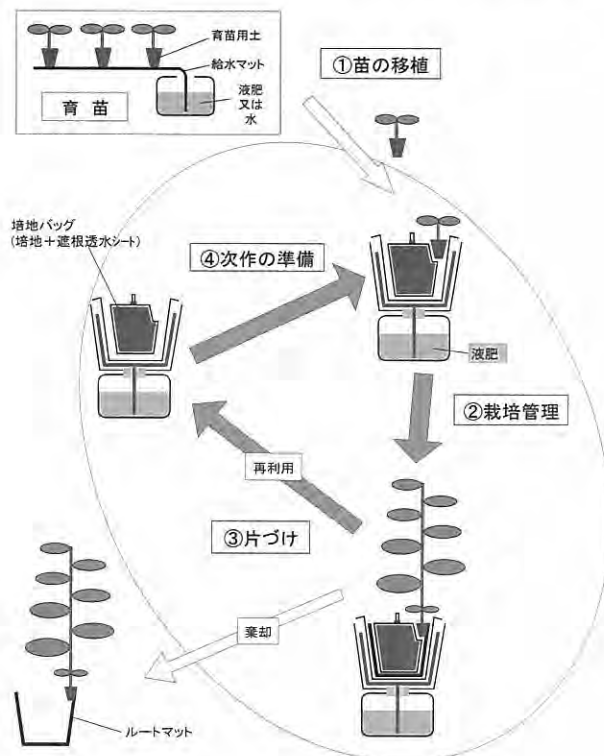


図1 栽培方式の概略

伸び、根の塊（ルートマット）を形成する。このルートマットは、栽培終了時に、栽培用鉢や培地バッグから、簡単に分離・除去できる（図2）。すなわち、栽培終了時に棄却されるのは、株当たり40ミリリットルの培養土と、作物体の根および茎葉だけである。

- (4) 培地バッグ、栽培用鉢、その他の栽培用資材は、洗浄や消毒等の維持管理を施しながら、繰り返し利用する。そして、トマトの作付けを連続して行なう。

3. 産地化への取り組み

この新しい生産方式に、いち早く取り組んできたのが、安氏を中心としたひたちなか市の生産者グループである（図3）。

茨城県ひたちなか市で農業を営む安氏は、この生産

*茨城県農業総合センター園芸研究所



図2 培地バッグ利用によるルートマットの形成



図3 安氏の栽培プラント

方式を導入する前、カンショ栽培（生イモおよび干イモ）とカラーピーマン栽培（加温ハウス、土耕）が経営の主体であった。ちょうど、カラーピーマンへの養液栽培の導入を検討していた平成12年に、県の広報活動や普及活動を通じて、改良前であったポリポット苗を利用した高糖度トマト生産方式の存在を知った。そして、この方式の導入とともに、カラーピーマンから高糖度トマトへの作目転換を決意したのである。

平成13年度には、今まで土耕によるカラーピーマン栽培を行っていた10aのハウスに、底面給液式の生産プラントを設置し、ポリポット苗を利用した高糖度トマト生産を開始した。その後、平成16年には、この生産プラントを、培地バッグ技術に適合するように改装した。そして、同年、さらに10aのハウスおよび培地バッグ技術を取り入れた生産プラントの新設を行った。

安氏のこのような営農活動をきっかけに、ひたちなか市では、この生産方式の導入者が増えていき、JAひたちなか高糖度トマト部会が結成されるに至った。現在、部会を中心として、生産から販売までの活動が強化され、ひたちなかブランドの確立に努めている。現在、部会員は5名で、施設の延べ面積が75aとなっている。

る。すべて培地バッグ技術が取り入れられている。

なお、部会のメンバー5名全員とも、この方式を導入する前は、自家消費のための栽培を除いて、トマト栽培の経験がなかった。また、この内の3名は、Uターン就農者であり、就農のきっかけが、高糖度トマトであった。

このようなことから、この生産方式は、従来の土耕トマト生産者の経営改善技術としてよりも、新規就農時の導入技術として普及していくと予想される。

4. 今後の課題

県立農業大学校には、この高糖度トマト生産プラントが設置され、新規就農者がこの栽培方式を学ぶことができるなど、普及のためのソフト面の課題解決はほぼ済んでいる。

残る課題はハード面である。現在、導入希望者は、育苗から栽培までのシステムを自分で作成しなければならない。本県では、このような状況を改善するため、栽培プラントの設計・施工・維持管理を手がけてもらえる民間企業を現在募集している。すなわち、この生産方式が『市販されている栽培プラント』とすることが、目下の最大の課題である。

研究の紹介

換気窓開放温室での二酸化炭素施用



石 神 靖 弘*

1. はじめに

従来、わが国における温室への二酸化炭素施用は、換気窓が閉じている冬季の朝方等のみ実施され、多くの場合、温室内の二酸化炭素濃度を700-1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ に維持するようになされてきた。しかしながら、温室の換気窓は、夏季には常時開放され、冬季でも晴天日の日中には開放されることが多い。そのため、そのような場合に濃度700-1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ の二酸化炭素施用を行っても、施用した二酸化炭素の大部分は温室内作物に吸収される前に、温室外に流出してしまう。したがって、わが国においては、晴天時の二酸化炭素施用は、冬期において、日の出以降、暖房用のボイラーの排気ガスを利用して、温室の換気が開始されるまでの数時間に限定される。他方、二酸化炭素施用が効果的なのは、一般に、光強度が高い日中の数時間であると考えられる。

換気窓が開放された温室内の晴天時における二酸化炭素濃度は、作物が繁茂している場合（葉面積指数2-7）、しばしば250 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 以下となることが知られている。トマト、メロンなどのように草丈が2メートル程度となる作物では、夏期に温室の換気窓を全開にしても作物群落内の二酸化炭素濃度は、250-300 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 以下となり、屋外の標準二酸化炭素濃度380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ に対して、80-130 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ 以上低くなることがあると報告されている（矢吹・今津, 1965；伊東, 1970）。

他方、一般に、二酸化炭素濃度が100-500 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ の範囲では、晴天時の温室作物の正味光合成速度は二酸化炭素濃度の増大にほぼ正比例して増大する。したがって、光合成に関する二酸化炭素補償点を100 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ と想定し、また温湿度、光強度などが同じ条件下では、二酸化炭素濃度が、たとえば、300

$\mu\text{mol mol}^{-1}$ から380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ に増大すると、純光合成速度は、1.4倍（ $(=380-100)/(300-100)$ ）に増大する（図1）。

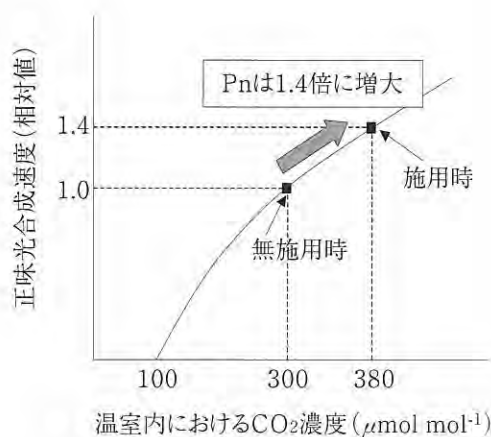


図1 本研究における二酸化炭素施用の効果の概念図

そこで、著者らは日中350-450 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ の範囲で時間的に変動する外気の二酸化炭素濃度と温室内の二酸化炭素濃度が同程度になるように、二酸化炭素施用速度と時々刻々と調節する方法を考案した。これにより、施用した二酸化炭素の温室外への流出を最小限にしつつ、温室内作物の光合成速度を数十パーセント増加させ、結果的に収量を増加させることが期待できる。また、温室床面が被覆され、土壌などその他の二酸化炭素発生源が無い温室では、二酸化炭素の施用速度が温室内作物の吸収量、すなわち、純光合成速度とはほぼ等しくなることから、光合成速度の連続的な測定が可能となり、栽培管理の新しい指標となる可能性もある。

そこで、大型商業温室を用いてシステムの試行運転を行い、換気窓を開放した大型温室内のCO₂濃度を温室外のそれと同濃度に制御することで、植物の純光合成速度を増大させ、さらに、温室内作物の純光合成速度の連続測定を試みた。

*千葉大学園芸学部

2. 施用試験

有限会社カンジンファーム（栃木県大田原市湯津上）の協力を得て、同社の大規模トマト温室にて試験を行った。床面積約3000坪の温室内に二酸化炭素を施用するエリア（施用区）と施用しないエリア（無施用区）を設けた。施用区、無施用区ならびに屋外の空気をエアポンプで吸引し、二酸化炭素分析計を用いて、交互に濃度の測定を行い、施用区の二酸化炭素濃度と屋外の濃度の差から、施用区への二酸化炭素の供給速度を求め、液化炭酸ガスボンベから施用を行った。

3. 結果

結果の一例として2005年10月13日の測定例を示す。この日は午前中は晴天で、午後から曇天となった。図2に晴天時と曇天時における、温室外の CO_2 濃度（ C_o ）、施用区の CO_2 濃度（ C_E ）、無施用区の CO_2 濃度（ C_N ）、および施用速度から推定された純光合成速度（ P_n ）を示す。

【制御について】晴天時における C_o の平均値は $392.8 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 、 C_E の平均値は $388.1 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 、 C_o と C_E の差（残差）の平均値は $5.9 \mu\text{mol mol}^{-1}$ だった。残差の最大値は $14.9 \mu\text{mol mol}^{-1}$ であり、この時、温室外は $393.9 \mu\text{mol mol}^{-1}$ だったことから、晴天時において施用区の濃度を温室外の濃度と比べて3.9%以内に制御することができた。また、曇天時における C_o の平均値は $392.2 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 、 C_E の平均値は $391.0 \mu\text{mol}$

mol^{-1} 、残差の平均値は $4.3 \mu\text{mol mol}^{-1}$ だった。残差の最大値は $15.1 \mu\text{mol mol}^{-1}$ であり、この時 C_o は $393.4 \mu\text{mol mol}^{-1}$ だったことから、曇天時において施用区の濃度を温室外の濃度と比べて3.8%以内に制御することができた。

【温室作物の純光合成速度増加】本試験では、 C_N の平均値は晴天時と曇天時でそれぞれ、 $369.7 \mu\text{mol mol}^{-1}$ 、 $374.2 \mu\text{mol mol}^{-1}$ であった。仮に、施用区において二酸化炭素施用を行っていなかったと仮定すると、 C_E も同様に低下していたと考えられる。そのため、 CO_2 補償点を $75 \mu\text{mol mol}^{-1}$ とすると、理論上施用区の P_n は無施用区と比較して晴天時で1.06倍（ $= (388.1 - 75) / (369.7 - 75)$ ）、曇天時で1.06倍（ $= (391.0 - 75) / (374.2 - 75)$ ）に促進されていたと考えられる。

【純光合成速度の推定】 CO_2 施用速度と葉面積から推定される P_n の平均値は、晴天時で $8.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、曇天時で $4.3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。

4. おわりに

大型トマト温室において、換気窓開放時においても温室内の二酸化炭素濃度を温室外のそれに追従させるように二酸化炭素施用を行う装置を製作し、施用試験を行った。その結果、温室内二酸化炭素濃度をほぼ温室外と同程度に制御することができた。今後は、年間を通じた試験を行うと同時に、実際の収量に及ぼす効果を検証していく必要がある。

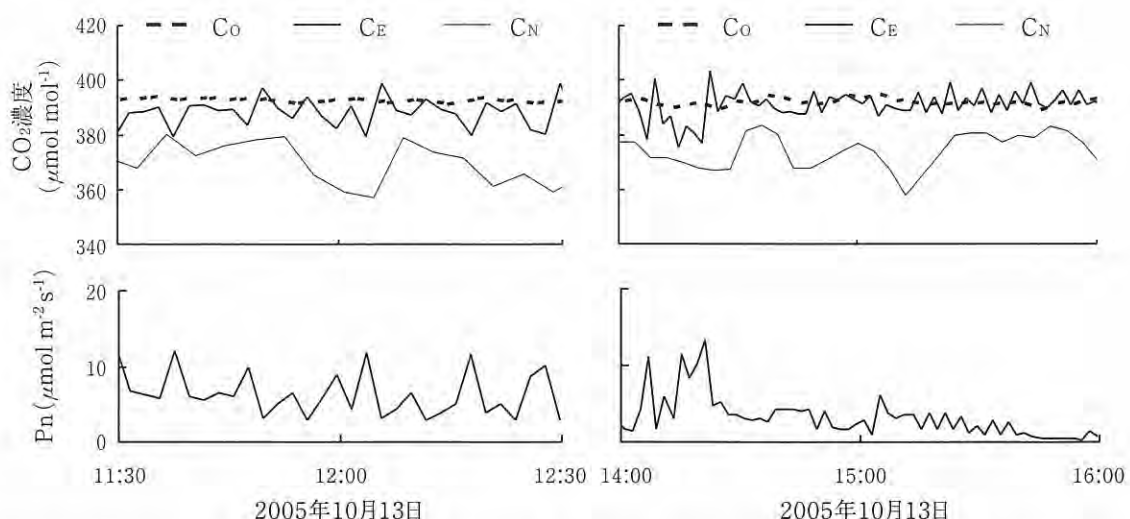


図2 二酸化炭素施用時における、換気窓開放時の温室内外 CO_2 濃度、推定された純光合成速度の経時変化。左図は晴天時（2005年10月13日11:30-12:30；平均日射量 700Wm^{-2} ）、右図は曇天時（同日14:00-16:00；平均日射量 267Wm^{-2} ）



新シリーズ ここだけのちょっといい話Ⅰ トマトのロックウール栽培における夏季の植え傷みに強い苗生産技術

和田 光生*



1. はじめに

大阪の夏は非常に暑い。実験植物を夏季に栽培することは至難の業であった。そんな環境の元、うまく夏季にトマトを栽培する方法について研究するようになった。一般に、夏季高温時に育苗、定植を行うトマトの抑制栽培では、定植時の発根が悪く、定植後の生育遅延や低段果房での着果不良が問題となり、ひどい場合には定植後に枯死する場合がある。このことは、本葉2～3葉時に定植する超若苗定植や第1花房開花開始後に定植する老化苗定植で特にひどいようである。また、高温期をさけて定植時期を遅らせたり、本葉4～5枚程度の若苗を定植したりすることによって、活着がスムーズにいった場合には、過繁茂となりやすく、尻腐れ果や空洞果の発生を助長しやすい。高温時でも活着がよく、しかも定植後に過繁茂とならない苗を育成できないものか？

ここでは、トマトのロックウール栽培において、夏季高温時の定植に適した苗の育成を目的として行った試験結果を報告する。

2. 根域冷却育苗

夏季高温時のトマト栽培において、栽培中に植物体の根域を冷却すると生育、収量が改善されることが知られている。しかし、根域冷却は大型冷却装置が必要なことやコスト面の問題により実用化が難しい。一方、一段栽培トマトにおいては、育苗時の低根温が植え傷みを軽減することが報告されている（和田ら，1999）。もし育苗時のみの根域冷却により生育、収量の改善が認められれば、比較的小規模での冷却でよく、実用化が期待できると考えられる。そこで、抑制栽培のロックウールトマトにおいて、育苗時のみ根域を冷却する

方法の効果について検討した。

7月5日に播種し、本葉2枚展開期にロックウールポットに移植して3週間育苗した。培養液を日中は30分ごとに15分間、夜間は1時間ごとに15分間、底面給液することにより、ロックウール育苗ポットを冷却する処理を行った。根域冷却しない区を対照とし、定植前の1週間もしくは3週間、10℃および20℃に冷却する区を設けて育苗した。定植後は、無冷却で通常の栽培管理として果実の収量を調査した。

苗の生育は、20℃冷却区で最もよく、3週間10℃区で顕著に抑制された。20℃冷却区では定植後の草勢が強く、茎径は太くなったが、10℃冷却区では定植後の茎径は抑えられた。根域冷却育苗したいずれの区でも、収穫果数が増加して収量は増加する傾向が見られた。しかし、3週間10℃区を除いて根域冷却育苗した区では、尻腐れ果の発生が増加したために正常果率は低下する傾向が見られた。3週間10℃区では苗の生育は顕著に抑制されたが、尻腐れ果の発生は対照区と有意な差が無く、対照区と比較して高い収量が得られた（表1）。

20℃での根域冷却育苗は、定植時の植え傷みを軽減し、定植後の生育を促進するが、草勢が強くなり、尻腐れ果の発生を増加させる結果となった。定植後の草勢を抑えつつ植え傷みを軽減して高い収量を得るためには、3週間10℃という顕著に苗の生育を抑制する処理を行う必要があると考えられた。

3. 高濃度培養液育苗

冬季に定植を行うヨーロッパの養液栽培トマトでは、苗の徒長を防止するために、培養液のECを5 dS/m以上まで高めて育苗することがある（伊東，1986）。また、高知県のロックウール栽培ナスにおいて定植時の培養液濃度を高くすると活着は遅れるが、太くて丈夫

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科（本会運営委員）

表1 夏季の根域冷却育苗が果実収量に及ぼす影響

処理区	収穫果数 (果/株)	正常果率 (%)	正常果1果重 (g)	正常果収量 (kg/株)	裂果率 (%)	尻腐れ果率 (%)
対照	21.4	81.6	152	2.67	7.7	6.7
1週間20℃	24.5	77.1	160	3.01	7.5	8.1
1週間10℃	25.9	77.0	154	3.02	9.0	12.9
3週間20℃	26.7	73.2	151	2.95	7.8	17.1
3週間10℃	23.0	81.1	172	3.23	5.2	6.3
有意性	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

*, **およびn.s.は分散分析により、それぞれ $p=0.05$, 0.01 で有意差有りおよび有意差なしを示す。

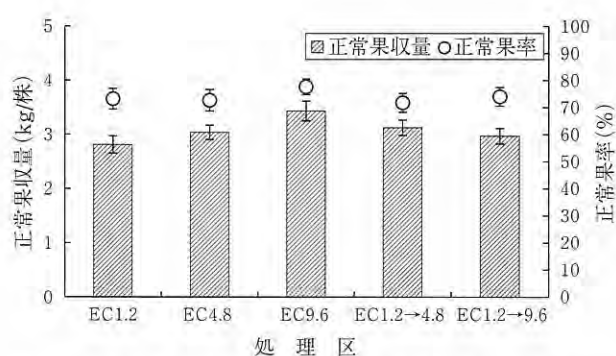


図1 夏季の高濃度培養液育苗が正常果収量と正常果率に及ぼす影響
図中縦棒は標準誤差を示す

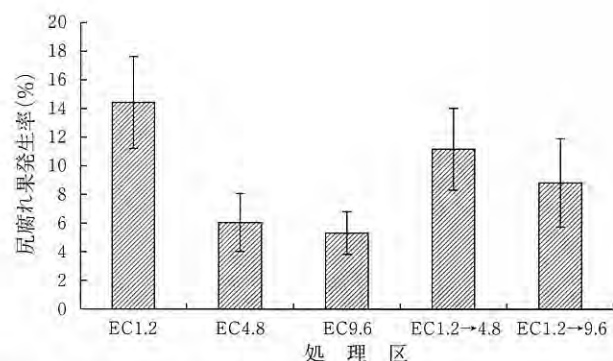


図2 夏季の高濃度培養液育苗が尻腐れ果発生率に及ぼす影響
図中縦棒は標準誤差を示す

な根が伸長して、その後の生育がよくなるとする栽培事例が報告されている（雨森，1998）。また、一般に土耕トマトの苗は灌水を控えてかなりの水ストレス下で育成される。そこで、これらの事例を参考に、通常の夏季トマト育苗とは逆の発想により、夏季に高濃度培養液で育苗することにより植え傷みに強くかつ過繁茂とならない苗を育成できないか検討した。

7月12日に播種し、7月26日にロックウールポットに移植して育苗を開始した。園試処方培養液を用い、育苗時のECを1.2dS/mとする区（EC1.2区）を標準とし、最初の2週間は、1.2dS/mで育苗し、その後ECを4.8もしくは9.6dS/mに高めて2週間育苗する区（EC1.2→4.8区、EC1.2→9.6区）、および4週間通してECを4.8もしくは9.6dS/mで育苗する区（EC4.8区、EC9.6区）を設けて、1日に数回底面給液した。定植後はECを1.2dS/mとして同一管理とした。

苗の地上部生育は培養液が高濃度になるほど抑制されたが、逆に根の乾物重は高濃度になるほど重くなった。定植後の草勢には処理による顕著な差は見られな

かった。高濃度培養液で育苗した区では、第1果房の収量は低下するものの、第3果房以降の収量が増加するとともに、尻腐れ果の発生が抑制され、最終的な収量は増加する傾向が見られた（図1、図2）。特に、EC9.6区では正常果率が高く、EC1.2区と比較して有意に高い収量が得られた。

通常、夏季のトマト育苗では培養液濃度を低めに設定する傾向にあるが、今回の試験結果は夏季に高濃度培養液で育苗することの有用性を示唆している。特に、尻腐れ果の発生が抑制されたことは興味深い結果である。さらに、この方法が水耕トマトにも活用可能かどうか検討したいと考えている。

4. まとめ

今回の試験結果は、根域冷却育苗および高濃度培養液育苗ともに、定植後の収量を増加させる可能性を示した。夏季定植時の植え傷みを軽減するためには、根が太くて強く、物理的傷害に強いこと、根の高い還元糖濃度、貯蔵養分としての葉へのデンプンの蓄積、高

い根活性などが必要であると考えられている。今回データは示していないが、いずれの処理区の苗もこれらの要因のいくつかを満たしており、活着のよい苗であったものと推察される。

根域冷却育苗および高濃度培養液育苗において共通して言えることは、苗がこのような植え傷みに強い特性を備えていたこととともに、最も高い収量が得られた区では、苗の生育が顕著に抑制されていたことである。苗の生育が抑制されたことにより、活着がよくても定植後の草勢が強くなりすぎず、高収量に結びついたものと思われる。

ここにはデータを示さないが、ロックウールポット内の水分含量を高く保ったまま育苗した苗では、収量が低下する（前田ら，2002），あるいは，高さを10cmまで高くしたポットで育苗した苗は，育苗期間を長くした老化苗を用いても収量の低下が見られない（安藤ら，2001），など，ポット内の水分含量を低く管理して育苗することで，好成績が得られた結果もある。養液栽培の育苗では，ストレスを与えずにスムーズに生育させることがよいと考えられがちだが，塩類ストレスや乾燥ストレスに比較的強いトマトでは，ストレスをかけて丈夫な苗を作ることが成功の秘訣と考えても良いかも知れない。

ワンポイントメモ

■第1回出前講義

日本養液栽培研究会では，毎年「養液栽培夏の学校」と称して技術研修会を開催しているが，本年度から要請に応じて講師を派遣する「出前講義」も実施している。今回，京都で開催された出前講義の様子を紹介する。



5. 参考文献

- 雨森克弘，1998．ナス・年2作栽培一年2作で秀品率アップをはかる－．養液栽培研究会編．養液栽培マニュアル21．p.47-47．誠文堂新光社．東京．
- 安藤 愛ら，2001．ロックウール耕における育苗ポットの高さと育苗期間がトマト苗の品質ならびに収量に及ぼす影響．園芸学会雑誌 70（別2）：266-266．
- 伊東 正．1986．西欧諸国における養液栽培の現状と問題点．農耕と園芸編集部編．養液栽培の新技术．p.34-40．誠文堂新光社．東京．
- 前田匡夫ら．2002．トマトのロックウール抑制栽培における生育ならびに果実の収量と品質に及ぼす育苗時のポット内含水量制限の影響．園芸学会雑誌 71（別2）：350-350．
- 永田裕理ら．2003．夏季育苗時の高濃度培養液処理がロックウール栽培トマトの生育・収量および品質に及ぼす影響．園芸学会雑誌 72（別2）：383-383．
- 和田光生．1999．冬季および夏季のトマト生産における根温管理について．ハイドロポニックス．13（1）：44-48．
- 和田光生ら．2003．夏季育苗中の根圏冷却処理がロックウール栽培トマトの生育・収量および品質に及ぼす影響．園芸学会雑誌 72（別2）：384-384．

期 間：平成18年10月28日～29日

場 所：京都

参加者：11名



大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 和田 光生（本会運営委員）



特集 培養液の量的管理

トマト養液栽培における培養液養分の量的管理



寺 林 敏*

1. はじめに

一定期間中にトマト植物体がどれだけの養分を吸収すると、どれだけの果実が生産されるのか、あるいは茎葉の成長や果実の収量が飽和するのか、最近になって、養液栽培における養分吸収量と成長量との関係を明らかにし、養分「濃度」ではなく養分吸収「量」で培養液を管理しようとする研究が増えてきた。ここでは、量的管理（量管理）の考え方、可能性そしてその有用性について述べる。

2. 培養液の「濃度」管理と「量」的管理

景山氏は水耕トマトの2段取り栽培において、培養液窒素濃度および窒素施与量が生育と窒素吸収量に及ぼす影響について調査した。窒素濃度を1週間ごとに補正して100ppmに維持した区（100ppm区）と栽培終了まで全量で1株当たり4gの窒素を与える区（4g施用区）を設けた。その結果、100ppm区は4g施用区に比べ、栽培終了時の茎葉重で1.2倍、総窒素吸収量は1.7倍であったにもかかわらず、果実収量にほとんど差がなかった（表1）。景山氏は従来から行われてきている濃度に基づいた方法（濃度管理）より、果実の生産量に見合った窒素量を施す、今で言う「量的管理」の方がより効率的であることを証明した。

表1 2段取り水耕栽培トマトの茎葉重、窒素総吸収量および果実収量に及ぼす窒素施用方法の影響（景山1991）

処理区	茎葉重 (g/株)	総窒素吸収量 (g/株)	果実収量 (kg/株)
100ppm区	120	6.8	2.09
4g区	97	4.0	2.08

*京都府立大学大学院農学研究科（本会運営委員）

著者は、計8回行った水耕トマトの3段取り栽培において、栽培期間中の養分吸収量と茎葉重および果実重との関係を調査した。全多量要素について1株1週間あたりの養分吸収量を、第1花房開花期から果実収穫終了までの間に計6回測定した。図1は1作の例であるが、窒素、リン、カリウムの吸収量は生育段階によって大きく変動し、また、吸収量の変動の様相は養分によって異なることがわかった。さらに、各作で測定した6回の1株1週間あたりの養分吸収量の平均値（平均養分吸収速度と呼ぶ）を求め、その値と茎葉重および果実重との関係を示したものが図2である。窒素、リン、カリウムそれぞれの平均吸収速度と果実重との間には高い相関があることがわかった。

8作のトマト栽培から求めた平均養分吸収速度の値を基にして、実際に第1花房開花期から果実収穫終了までの期間、2週間間隔で一定量の窒素とリンを与えてトマトを水耕栽培した（表2）。その結果、春夏作では窒素を50me/株/週、リンを20me/株/週の割合で2週間ごとに定量施与した区で両養分ともほとんどすべてが吸収さ

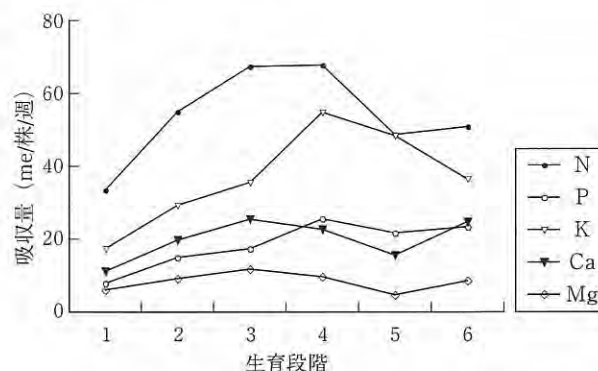


図1 3段取り水耕トマトの養分吸収量の推移

生育段階 1, 2: 第1花房開花期、
2, 3: 第2花房開花期、
3, 4: 第3花房開花期、
4, 5: 第1～2果房収穫期、
5, 6: 第2～3果房収穫期

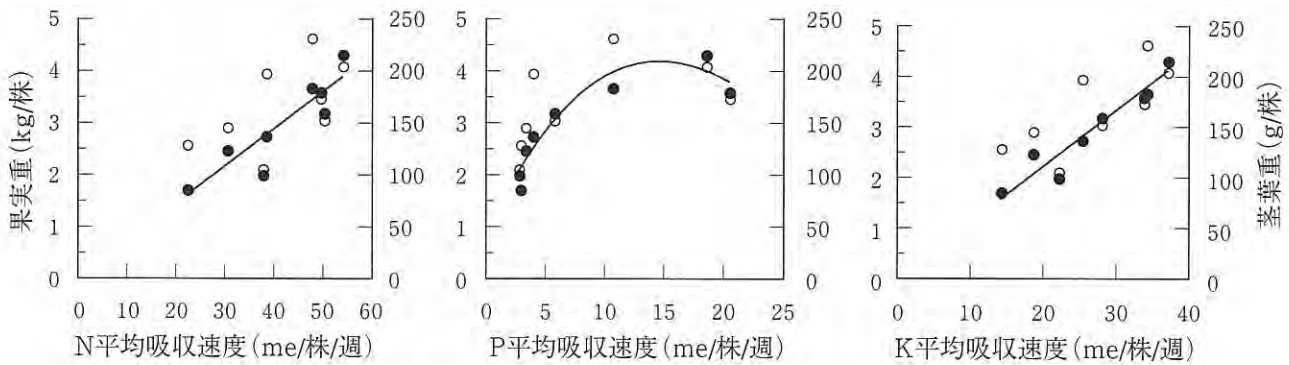


図2 平均養分吸収速度と果実重（●）および茎葉重（○）との関係

表2 各処理区の窒素およびリンの施与量と果実重および平均養分吸収速度

処理区	施与量 (me/株/週)		果実重 (kg/株)	茎葉重 (g/株)	平均養分吸収速度 (me/株/週)		
	N	P			N	P	K
春夏作 1	35	20	3.2	117	35	20	28
同 2	50	20	3.5	126	48	20	34
秋冬作 3	35	20	2.3	77	32	16	22
同 4	40	20	2.5	89	34	16	24
同 5	45	20	2.4	83	36	15	25
同 6	50	20	2.5	85	36	16	25

* 窒素およびリンは表中に示した施与量の2倍量（2週間分）を2週間ごとに施与した
* 摘心段数は4段

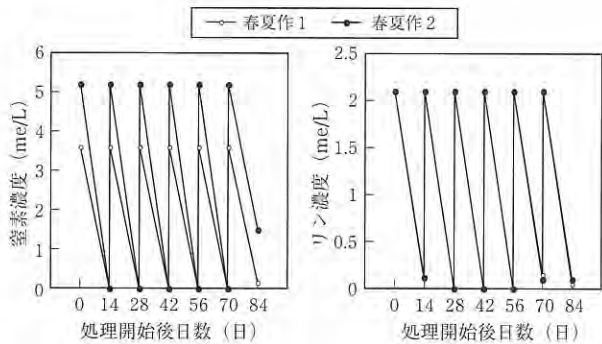


図3 硝酸態窒素およびリンを定量施与した水耕トマト栽培における両養分の培養液中濃度の推移

れ、3.5kg/株の果実が得られた。一方、秋冬作では、窒素の施与量の違いにかかわらず、平均すると35me/株/週の割合で、リンは16me/株/週の割合で吸収され、2.5kg/株の果実が得られた。春夏作1と春夏作2の両区では、2週間ごとに定量施与した窒素とリンの濃度は、施与2週間後にはほぼ0となり、ノコギリ歯状に濃度が2週間間隔で大きく変化した（図3）。

以上の実験から、平均養分吸収速度の値を使って、一定量の窒素とリンを第1花房開花期から2週間間隔で施与する培養液養分の量的管理法で、トマトを水耕栽培することにより、平均養分吸収速度に見合った果

実収量を実際に得られることが証明された。

3. 養分の量的管理の基本的な考え方

量的管理を行う上では、一定収量を得るために必要な養分吸収量（最適吸収量）の決定が最も重要である。信頼できるこの値を決定するためには、栽培毎に養分吸収量を正確に測定し、平均養分吸収速度と果実生産量との関係を明らかにする必要がある。この場合、使用するデータのプロット数、つまり栽培事例が多いほど、両者の関係を求める精度は増す。後は、両者の関係から果実収量が飽和あるいは最大となるときの平均養分吸収速度を最適吸収量（あるいは最適施与量）と考える。栽培期間中の日照時間が少ないあるいは気温が低いといった場合には、実際に吸収される養分量は最適吸収量（最適施与量）には達せず、養分吸収量に見合っただけの果実生産量只得られるだけである。この量的管理における、最適吸収量（最適施与量）とは、あくまでも最高の果実生産が行われる場合に備えて、一定期間内（例えば2週間）に培養液中に用意されていればよい養分量である。

ただし、養分の量的管理では栽培期間中の天候のよ

表3 トマト水耕栽培における量的管理（定量施与）と濃度管理の比較（秋冬作：8段）

処理区	果実重 (kg/株)	平均養分吸収量 (me/株/週)					糖度 (%)	酸度 (%)	尻腐果 発生率 (%)
		N	P	K	Ca	Mg			
量的管理	4.26	30.8	14.8	18.5	12.8	3.4	5.9	0.40	1.6
濃度管理	4.13	32.4	21.2	20.5	16.0	4.0	5.6	0.39	1.3

量的管理：N；50me/株/週，P；20me/株/週，K；30me/株/週，Ca；20me/株/週，Mg；8me/株/週
濃度管理：園試処方50%濃度液

しあしに関わらず，最大限，養分吸収がスムーズに行われるように培養液あるいは根圏環境を適切に管理しておかねばならない．例えば，養分の組成・濃度が同一の培養液を使用しても，循環頻度や根圏を移動する培養液の流速を変えるだけで，養分吸収量は大きく変化する．収量に及ぼす培養液濃度の影響を調査した試験では，低濃度の培養液で収量が低下するといった報告が多数見られる．低濃度培養液で収量が低くなるのは，明らかに低濃度培養液からの養分吸収量が少ないためである．しかし，培養液の供給頻度を多くしたり，流速を速めるなどの操作によって，低濃度培養液からの養分吸収量は容易に増加する．同様に培養液の温度，溶存酸素濃度も養分吸収量を左右する大きな要因となるため，量的管理でも濃度管理の場合とまったく同様な管理が必要である．

4. 水耕トマトの定量施与管理の可能性

濃度管理とは対照的に，量的管理を行うと培養液の化学的性質が大きく変化し，そのことが養分吸収や根の成長さらには地上部の成長に対し悪い影響を及ぼすことがないか心配される．

1) 養分が吸収されるに従い，当該養分濃度が低くなりすぎて吸収が抑制されないか？

図3に示されたとおり，量的管理した窒素とリンの施与2週間後の濃度はともに0になっていた．この事実は水耕栽培においてトマトが濃度の低い培養液からでも，窒素やリンを吸収できることを示している．生育に及ぼす窒素やリンの低濃度培養液の影響を調査した研究によれば，栽培可能な濃度は，一般の処方濃度よりもはるかに低い．

2) 養分濃度の大きな変動による生育のアンバランスは生じないか？

施与間隔を2週間とした場合に比べ，4週間分を一度

に施与すると，施与直後に吸収が偏り（施与直後は培養液濃度が高いため），異常茎の発生が認められた．しかし，果実が肥大し始めると異常茎の発生や茎葉の過繁茂は軽減された．2週間分の養分施与を2回連続して行い，4週間後に残量測定し施与量を調節する方法で試験を行っているが，今のところ問題は発生していない．また，培養液のpH値が7以上の高い値で推移した場合もあったが，2週間でのpH値の変動幅は1以下で，量的管理と濃度管理の間ではほとんど差は認められず，量的管理区の果実重が劣ることはなかった（表3）．

3) 品質が低下することはないか？

表3は，実際に従来の濃度管理と量的管理でトマトを水耕栽培したときの結果である．いずれの養分も養分吸収量は濃度管理区が量的管理区よりも大であったが，果実重，果実品質（糖度，酸度，尻腐果発生率）は，両管理法の間で差異は認められなかった．

5. まとめ

量的管理法でトマトを水耕栽培することで，従来の濃度管理に比べ収量を低下させずに養分吸収量を減少させることができる．しかし，技術確立までには，収穫段数，栽植密度，生育後半の養分吸収量の減少，アンモニア態窒素の施与方法とその効果，量的管理法の培地耕での適応可能性など，まだ多くの検討課題を残している．

栽培途中に何らかの理由で培養液の更新を余儀なくされる場合，濃度管理ではこれら養分が多量に廃棄される．栽培規模が大きいほど廃棄量は多くなる．しかし，本方法による量的管理では，図3に示したように栽培期間中，窒素やリン濃度が定期的に低くなるため，培養液の更新ないし廃棄に伴うこれら養分の廃棄量を大幅に減少できる．栽培終了時も同様である．量的管理は施肥効率がよく，環境負荷の小さい，優れた培養液管理法である．



日射比例制御を用いた培養液の量的管理の概念

丸 尾 達*



現状では、「培養液の量的管理」については、研究者をはじめ、研究会の会員間でも共通の概念が形成されているとは言えない状態である。今回の特集で、共通の理解を進めたり、議論を深めたりできれば幸いである。その意味で、今回の特集を企画していただいた編集の方々に感謝するとともに、積極的な議論を期待する。

さて、今回私に与えられた課題は「日射比例による量的管理」であるが、前述のように共通の概念が不十分であることから、今回の特集でも著者間で統一が期待できないことから、あえて定義から述べさせていただく。

1. 量的管理の概念について（私の考える）

まず、量的管理は、濃度管理の対義語として考えており、英語ではQuantitative Nutrient Managementをあてている。概念的なモデルを考えると養魚施設に近い。

このモデルで

は、水槽（栽培システム）中に水は常に十分あり、餌（肥料）を定期的に与えるが、魚は与えられた餌を食べ尽くしてしまう。

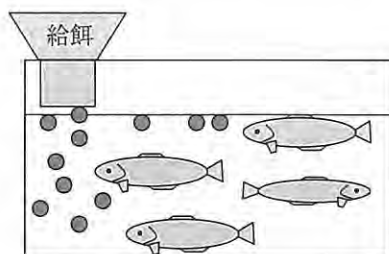


図1 量的管理の概念的なモデル

この場合、通常水槽中に餌は残っていないが、適量（適濃度ではない）の餌を与える限り、魚の成長速度は十分制御される。また、餌が残るほど多量に給餌すると種類によっては腐敗し悪影響が出ることになる。

かなり概念的なモデルであるが、養液栽培システムでも、 $\text{NH}_4\text{-N}$ については、ほぼ同じような状態になっ

ていることが経験的に理解できると思われる。システム内の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を一定濃度に維持するほど多量の $\text{NH}_4\text{-N}$ を含む肥料を追肥すると、pHの低下を含む種々の障害が発生するため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度管理は行わない。

このように、肥料濃度を一定に維持するのではなく、株あたり、期間あたりの施肥量を決めて施用し、培養液管理する方法が量的管理である。従って、本来肥料成分に関する概念であるが、固形培地耕の場合これに水（灌液量）も加える場合があることで混乱が生じる。

2. 無機成分吸収のモデルについて

培養液を量的に管理する第一の目的は、積極的な生育制御であろう。養液栽培で作物を栽培すると土耕に比べ生育速度が早く、栄養生長が促進されるのが一般的である。ところが、樹勢を抑えようとして、培養液濃度の設定値を低く設定しても、制御性が悪くほとんど樹勢が変わらないことも多い。実際に、培養液濃度を変化させても、無機成分吸収が変わらないこともある。

この時の培養液濃度と無機成分吸収の関係をみると下図のような例が多い。

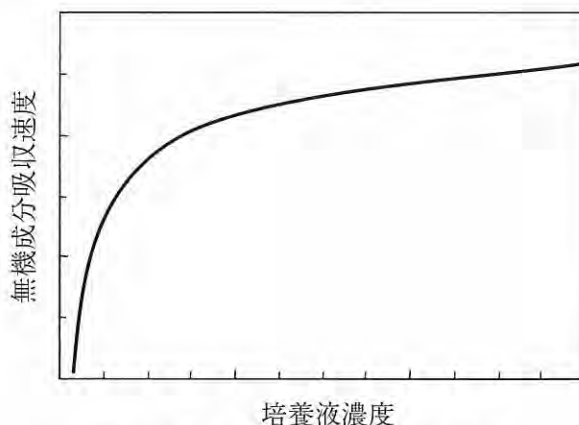


図2 培養液濃度と無機成分吸収の関係

*千葉大学園芸学部（本会運営委員）

培養液濃度 0 では吸収速度も 0 であるが、濃度が上がると急速に吸収速度が高まる。しかし、ある程度以上の濃度になると吸収速度はほとんど変化しない。

この関係を以下のモデルで考えると次のようになる。

モデルは、下面近くに排水口を有する容器で、①の水深は培養液濃度を、②の排水速度は吸収速度を、③の給水速度は追肥速度を表すと考える。

水深①が 0 の時から給水を始め、水深が排水口に達するまでは排水は全く出ない。給水に伴い徐々に水深が深くなり、排水口に達すると排水が出はじめる。その速度が②であるが、排水速度は

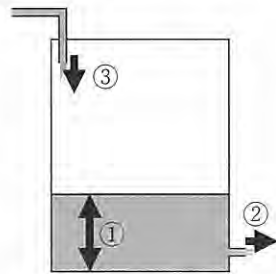


図3 無機成分吸収モデル

水深が深くなるにつれて高まり、ある程度以上の水深ではあまり変化しなくなる。水深が深くなり排水速度が高くなると、いずれ③の給水速度と②の排水速度が均衡する点に達して安定する。

また、排水口の大きさが一定の場合、給水が少なければ、排水口近くの水深で均衡することもあるが、逆に極めて多い場合、均衡に達せず水が溢れる場合もある。

濃度制御は、①の水深を変え、間接的に②を制御する方式である。そのため、①が設定値になるよう③の給水を制御する。一方の量的制御は、給水③を制御するもので、②は③に追従する。また、①は考慮しない。

問題になるのは、排水速度が水深以外の要因で変化する場合である。具体的には排水口の大きさが変わる場合である。濃度制御の場合、排水速度が高まると、③の給水を多くする必要があるが生じる。一方の量的制御では、排水口の大きさが変わっても、排水速度は給水速度が変わらなければ変化しないので制御が容易である。

3. 量的管理の自動化

ECを目安にした濃度制御は、養液栽培の規模拡大と安定には必須であった。量的管理でも同様で、どんなに良い制御法でも、実用化には自動化が前提である。

量的管理の自動化を考える場合、参考になるのがRWの灌液制御システムである。RW栽培が世界標準のシステムになったのは、生育制御が比較的容易で、土耕

栽培に近い感覚で栽培が可能であったのが大きい。

RW栽培の場合、灌液量と灌液濃度の双方を設定して灌液するが、この時自動的に、施肥を量的に制御することになり、生育制御を容易にしている。これは、施肥量＝灌液量×灌液濃度で与えられるからである。

RW栽培で最も簡単な制御システムは、タイマーを用いた定時・定量灌液システムである。この場合、排液率等を目安にタイマー設定値を変えると同時に、排液ECを目安に灌液濃度を調節することが多いが、急激な天候の変化には対応が困難で、過不足を生じ易い。

4. 日射比例制御について

さて、やっと今回与えられた課題に移るが、日射比例制御もRW栽培では一般的な技術のひとつになっている。RW用の高度な灌液制御システムの場合は、日射だけでなく、飽差や気温、培地水分等の各種栽培条件を総合的に組み合わせて制御するだけでなく、生育ステージを考慮して、早朝・午前・午後などの時間ブロックに分けて灌液量・濃度を決定している。

前述のように、量的管理の基本概念には水（灌液量）の制御は含まないので、本来の日射比例制御の対象となる量的管理の項目は施肥量ということになる。

従って、日射比例制御では、施肥を①どのタイミングで②どれだけの量（組成も含めて）を行うかを、日射を基準に判断し、自動制御すればよいことになる。その方法には以下の二つのアプローチがあるだろう。

1. 設定積算日射量あたりの施肥量を設定し、施肥を行うタイミングを日射で決める方式。具体的には積算日射量が設定値に達したら施肥（設定量の）を行う。
2. 施肥を行う時刻・回数を予め設定し、その間の平均日射（積算日射/時間）から施肥量を演算して決める方式。

専用の機器を用いれば、いずれの方式でも大差ないが、著者らは1の方式の制御システムを開発中である。日射としたが、光量子センサを用いても問題ない。

問題は、施肥が1週間に1度ということになれば、必然的に一回の施肥量が多くなり、施肥時の培養液濃度が高くなる点で、積極的な生育制御が目的であれば、当然一日あたりの回数を多く設定する必要がある。

5. 量的管理の課題と今後の展望

量的管理で1回の施肥量を少なくすると、培養液濃度が低い状態になることがある。この場合、全株に等しく肥料を分配する給液システムの開発が必要になる。

また、量的管理のロジックは、循環式のシステムで水は十分あるのが前提であるが、NFT等では循環培養液量が多く培養液の殺菌が困難なことが問題になる。このようなシステムでも循環培養液量の大幅な低減は大きなメリットになるが、その場合の量的制御は、RWの灌液システムに類似したものになるのかもしれない。



図4 開発中の日射比例型量的管理用コンピュータ
比較的小規模施設用で、各種制御モードを備える。

ワンポイントメモ

■ノルウェーの養液栽培システムを見学して

基本的には培養液循環型養液栽培システムが使われており、その現場では写真のような紫外線式滅菌システムが普及している。滅菌装置には、内部のガラス管

を洗浄するためのブラシを上下する装置が付いている(写真1)。内部のブラシを定期的に動かす自動清掃装置がついているものもあった(写真2)。

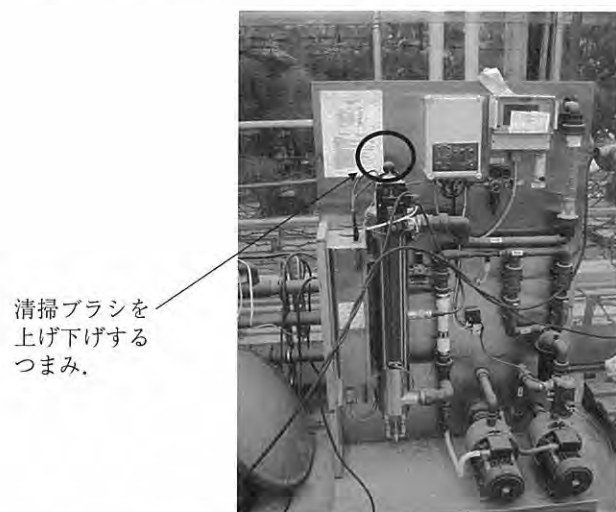


写真1 UV滅菌装置(手動)



写真2 UV滅菌装置(自動)



固形培地における量的管理法を用いたメロン、トマトの栽培



糠 谷 明*

土耕の温室メロン栽培では、1作に必要な施肥量を基肥と追肥数回に分けて行いますが、これは一定期間に作物の必要量だけ与えると言う意味で、量的管理法と言えます。ただ、土耕の場合、その与える施肥量はかなりアバウトで、作物の養分吸収特性に合わせたものとは程遠いものです。その施肥間隔を短くし、たとえば1週間ごとにメロンの養分吸収量に合わせて施肥すると、さらに細かい量的管理ができることとなりますが、さすがに土耕でかつ固形肥料を用いて毎週施肥することは、肥料の実効性から見ても、また作業効率からみても現実的ではありません。養液栽培では、培養液を毎日施用するので、養分吸収特性が明らかになっていれば、量的管理を行うことは土耕に比較してはるかに容易です。

排液・通気性を重視して開発されたダブルトラフ構造ベッド（株大仙，図1）は、大きな溝を有し、施用した余剰培養液を貯留するタンクとしての機能が期待できるため、閉鎖系に近い栽培法が可能であると考えられます。そこで量的管理法を固型培地耕において適用し、ダブルトラフ構造ベッドを用いた安価な環境保全型閉鎖系栽培システムを開発する目的でトマト、メロンの量的管理法に関する試験を開始しましたので、その一部を紹介します。

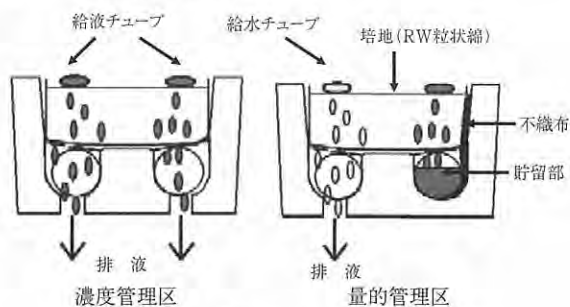


図1 ダブルトラフ栽培ベッドの模式図

1. 温室メロン

温室メロン栽培では、定植から収穫までが約3ヶ月、果実は株あたり1果しか着果させないので、土耕栽培でも古くから株あたりの無機成分吸収量や生育時期別吸収量に関する報告がなされております。ちなみに、水田新土で栽培した場合の株当たり窒素、リン酸(P_2O_5)、カリ(K_2O)、石灰(CaO)吸収量は、それぞれ4.5~7g, 1.5~2g, 5~9g, 5~9gと報告されています。

静岡大学では、ロックウール栽培が日本に導入された直後の1985年頃から温室メロンのロックウール栽培の研究に着手し、その一連の研究においてステージ別の養分吸収経過を報告しました（張洪基ら，園学雑66巻307-312，69巻653-655）。図2は、春作メロンにおける硝酸態窒素の吸収濃度（単位培養液量当たりの成分吸収量，図2では培養液1リットル吸収したときの硝酸態窒素ミリグラム当量meで示した吸収量，me/L）を示しています。これによると摘心・受粉時までは養分吸収が盛んで、かつ施用培養液濃度に比例していますが、摘心後の果実肥大期の吸収速度は、培養液濃度に関係なく、約10me/L程度で一定していることを示しています。この傾向は、他の多量要素でも同じでした。

このときの1株当たり1週当たり養分吸収量を図3に示しました。この値を基に、表1のようにⅠ期（定植後第1~4週，摘心は第3週），Ⅱ期（第5~7週），Ⅲ期（第8~10週）の養分吸収量を設定しました。さらに、この吸収量を基に毎日定量的に与える3種類の培養液組成を計算しました。2006年4月28日に暖房したビニールハウス内の栽培ベッドに本葉3枚の苗を定植し、5月3日から所定の組成の培養液を用いて栽培を行いました。量的管理区では、ロックウール粒状綿

*静岡大学農学部（本会運営委員）

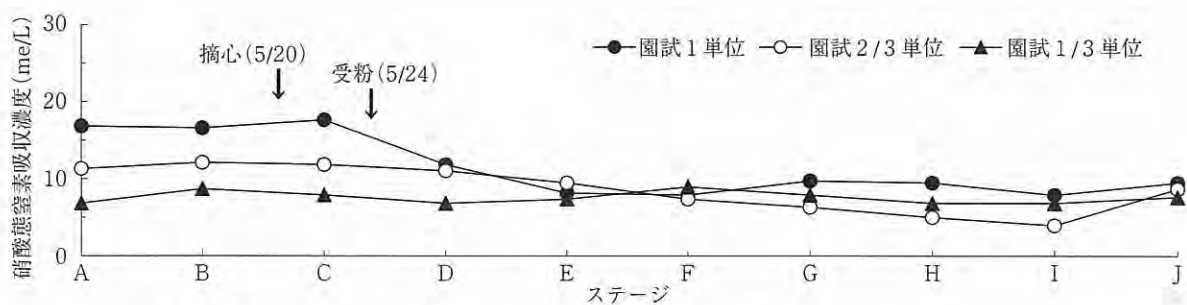


図2 異なる園試処方培養液濃度で栽培した温室メロンの硝酸態窒素吸収濃度 (me/L)
注) 4/30定植, 7/18収穫, ステージは5/8より7日ごとに1ステージとした

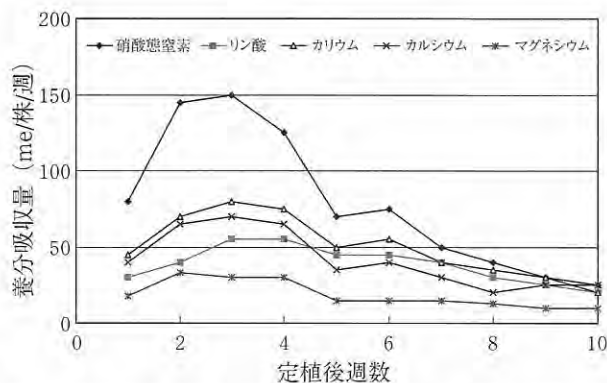


図3 春作温室メロンのロックウール栽培における無機成分吸収量 (me/株/週) の経時的変化

表1 温室メロンの量的管理法におけるステージ別養分施用量

	週施用量 (me/株)					日施用量 (me/株)				
	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
I 期 (定植後1-4週) 摘心: 第3週	150	55	80	70	30	5.4	2.0	2.9	2.5	1.1
II 期 (定植後5-7週)	70	45	55	40	15	3.3	2.1	2.6	1.9	0.7
III 期 (定植後8-10週)	30	25	30	25	10	1.4	1.2	1.4	1.2	0.5

と有機培地 (Coir5:Peat5) を培地とし, 濃度管理区 (培地は粒状綿, 園試処方培養液 1 ~ 1/3 単位を排出の EC が 3 を超えないように施用) との生育, 収量を比較しました. その結果, 果実重および糖度 (Brix) は, 濃度管理区で 1544g と 12.6 %, ロックウール培地の量的管理区で 1639g と 12.4 %, 有機培地の量的管理区で 1460g と 10.2 % となり, 果実品質は総じてロックウール培地では量的管理区 > 濃度管理区, 培地の違いではロックウール区 > 有機培地区となりました. これは濃度管理区では生育後半の窒素制限 (適正養分施用) が有効であったこと, 有機培地では, 生育後半に窒素成分

が有機培地の分解に伴って, 培地に吸収されたためと考えられます. 以上のことから, メロンでは量的管理による栽培が比較的容易にできること, 培地による養分吸収も考慮する必要があることが示唆されました.

2. トマト

寺林らは, トマト水耕栽培の量的管理法において, 50me/株/週の窒素を与えることで最高収量を得ると報告しています. 本研究室ではまず園試処方培養液等を用いて窒素 50me/株/週を基準とした量的管理法について, トマトを培地栽培し検証してみました.

実験 1: 2003 年 9 月 26 日に本葉約 10 枚の苗 ('ハウス桃太郎') を温室内のロックウール粒状綿 100L を詰めたダブルトラフ構造ベッド (図 1 参照, 4m/列) に 8 株ずつ定植し, 濃度管理区と量的管理区の 2 区を設けました. 栽培ベッド上には 2 本の給液チューブを設置し, 濃度管理区では 2 本とも大塚 A 処方 2/3 単位培養液を目標排水率 30% で施用しました. 量的管理区では一方のチューブでは培養液を, もう一方では水道水を供給しました. 培養液側のトラフは余剰培養液を貯留し, 培地内が乾いた時には貯留液を吸い上げる閉鎖系構造にしましたが, 水道水側は排水口を設けました. 栽培中一方のチューブで天候に関わらず, 窒素が 50me/株/週施用されるように培養液 (大塚 A 処方 1 単位, 400mL/株/日) を施用し, もう一方では天候に応じて水道水を必要量供給しました. 第 4 果房の上位 2 節で摘心し, 2004 年 1 月 8 日に栽培を終了しました. その結果, 茎葉生体重は濃度管理区で勝りましたが, 茎長, 収量, 果実糖度は処理による差がありませんでした.

表2 培養液の施用方法の違いが生育、収量に及ぼす影響

処理区	実験1				実験2				実験3		
	茎長 (cm)	茎葉生体重 (g/株)	収量 ^a (g/株)	糖度 (Brix%)	茎長 (cm)	茎葉生体重 (g/株)	収量 ^a (g/株)	糖度 (Brix%)	茎長 (cm)	収量 ^a (g/株)	糖度 (Brix%)
濃度管理区	138	1891	2572	4.5	141	2046	3538	5.1	142	3621	5.7
量的管理区	138	1474	2646	4.4	131	1235	2526	5.3	144	2719	5.4
t 検定 ^b	NS	***	NS	NS	**	***	***	NS	NS	***	NS

a；収量は、第4果房までの可販果収量、b；NS，**，***は有意差なし，1％で有意差あり，0.1％で有意差あり

た（表2）。栽培期間中の全N，P，K，Ca，Mg施用量は、濃度管理区ではそれぞれ1841，537，800，863，389me/株，量的管理区ではそれぞれ698，203，303，327，148me/株となりました。

実験2：2004年5月7日に本葉約6枚の苗（‘ハウス桃太郎’）をビニールハウス内の実験1と同様の栽培ベッドに定植しました。濃度管理区と量的管理区の2処理区を設けて、濃度管理区では園試処方1/3単位培養液を、量的管理区では園試処方培養液を生育ステージによって窒素量を20me/株/週から75me/株/週まで4段階に増加させて施用し、第6果房上位2節で摘心し、7月25日に栽培を終了しました。実験2では、茎葉生体重、茎長、収量は量的管理区で劣る結果となりました（表2）。

実験3：2005年4月6日に本葉約6枚の苗（‘ハウス桃太郎’）をビニールハウス内の実験2と同様の栽培ベッドに定植し、濃度管理区と量的管理区の2処理区を設けました。濃度管理区では6月10日まで1/2単位の、6月11日以降は1/3単位の園試処方培養液を目標排水率30％で施用しました。量的管理区では栽培期間中園試処方培養液を窒素が50me/株/週となるように施用しました。第6果房上位2節で摘心し、第4果房までの収量を調査しました。その結果、初期生育は処理による差はみられませんでした。定植約50日後の5月下旬より量的管理区の新葉の生育が抑制され、6月中旬にはリン欠症状と上位葉の著しい生育抑制が観察されました。収量は濃度管理区で多くなりました（表2）。栽培期間中のN，P，K，Ca，Mg施用量は、濃度管理区ではそれぞれ1556，357，720，720，357me/株，量的管理区ではそれぞれ617，163，285，285，142me/株でした。

以上の結果、実験1の4段階摘心栽培では園試処方をういた量的管理法により養分施用量を1/2～1/3に減

じてトマトを栽培する可能が示されましたが、実験2，3では6段階摘心栽培としたために養分施用量が不足したもののと思われます。この結果からも、各無機成分を生育ステージごとの吸収特性に合わせて施用することが必要であることが再確認されました。トマトは作型や整枝方法、栽培方法が多岐にわたり、また生殖成長と栄養成長が同時進行すること、長段取りの場合には実験期間が長く、高軒高の温室でないと栽培ができないことなどと相まって、意外にもその養分吸収特性は明らかにされていません。図4は、9段階摘心時までロックウール栽培したトマトの養分吸収量を過去の試験成績（Goto他，Acta Hort.，1995）から新たに計算したものです。これをみると、窒素は最大で120me/株/週、リン酸は40me/株/週が必要となります。ただこれは吸収量ですから、最大収量を得るのに必要な最低施用量であるかは明らかにする必要がありますが、4段階摘心と更なる長段栽培では、施用量が異なることは明らかです。

今後、これらとともに給液方法、培地の種類や量、品種、培地内水分特性、品質などとの関連を検討し、果菜類の培地栽培における閉鎖系システムを考慮した量的管理法を確立する予定です。

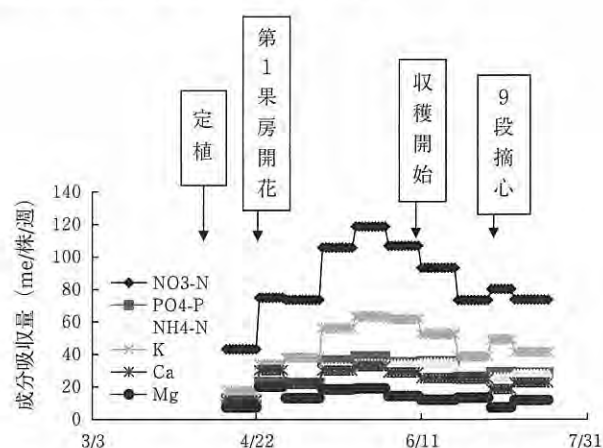


図4 ロックウール栽培から算出したトマトの成分吸収量



量的管理による草姿制御



中野 有加*

1. 肥料の施用量と作物の成長・収量

作物の収量を左右する多くの要因のうち、作物の受光量と光合成による炭酸ガス固定の効率はいずれも重要なものの1つである。イネやダイズなど多くの作物で、受光量を増やすための草型の改善をめざした育種が行われている。草姿制御は、栽培管理によって作物の受光態勢をよくし、収量の増加や品質の向上のために行われる。葉菜類では、軟弱徒長を防ぎ商品性の高い収穫物を得る必要がある。果菜類では茎葉の成長（栄養成長）と果実の成長（生殖成長）が同時に進むため、両者のバランスを適切に保つことは欠かせない。ここでは、トマトにおける量的管理法による草姿制御について紹介する。

現在養液栽培において一般的に行われている培養液管理である「濃度管理法」（電気伝導度（EC）を目安に培養液を管理する方法）では、施肥量の調節はEC設定を変えることで行われる。しかし、その結果はいつも同じではない。なぜなら、ECは培養液中のイオンの総量の目安であり、個々の肥料成分の比率は分からないため、与える肥料成分の量は制御できないからである。

一方「量的管理法」は、必要量の肥料成分のみを与えて、作物の葉や茎の成長、すなわち草姿を制御しようとする方法である。結果として、肥料成分の施用量を減らしてコストを削減でき、窒素やリンなどの環境汚染の原因となる肥料成分が培養液中に残らないため、排水による環境負荷を小さくできる。

まず筆者らは、量的管理法における肥料成分の施用量がトマトの成長および収量に及ぼす影響を、冬季（9月10日播種、4月6日終了；6段栽培）および夏季（3月11日播種、9月13日終了；14段栽培）の湛液水耕栽培（品種：ルネッサンス）により明らかにし

ようとした（中野ら、2006）。量的管理法では、肥料成分の施用量を少量区、中量区、多量区の3段階に設定し、異なる濃度の培養液原液を毎朝一回循環タンクに施用した。培養液は、通常行われるように循環し、減った分は水を補充した。施用する原液の組成は、開花期、果実肥大期、収穫期、とステージ毎に分け、特にカリウム、カルシウム、マグネシウムの割合を変えた。施用量は、トマトの吸水量を指標として生育ステージと天候に応じて調整した。栽培中に培養液のECやpHの調整は行わなかった。

実験の結果、量的管理の中量区では、硫黄以外の肥料成分の施用量が濃度管理区の53～66%（冬季）および73～77%（夏季）に抑えることができた。培養液中の窒素濃度は、量的管理の多量区では施用量が吸収量を上回って蓄積した（図1）。一方、少量区と中量区では、量的管理を始めてから栽培終了時まで、窒素濃度

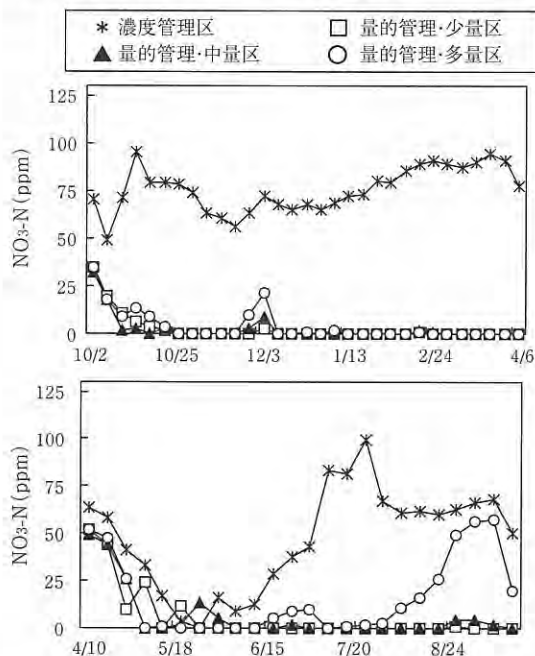


図1 濃度管理法と量的管理法における培養液中の硝酸態窒素の推移

*野菜茶業研究所

は低く推移した。施用量が多いほど、トマトによる吸収量が大きかった。濃度管理区では葉の相互遮蔽が大きくなったのに対し、量的管理の中量区では、受光態



図2 濃度管理法と量的管理法で栽培したトマトの写真

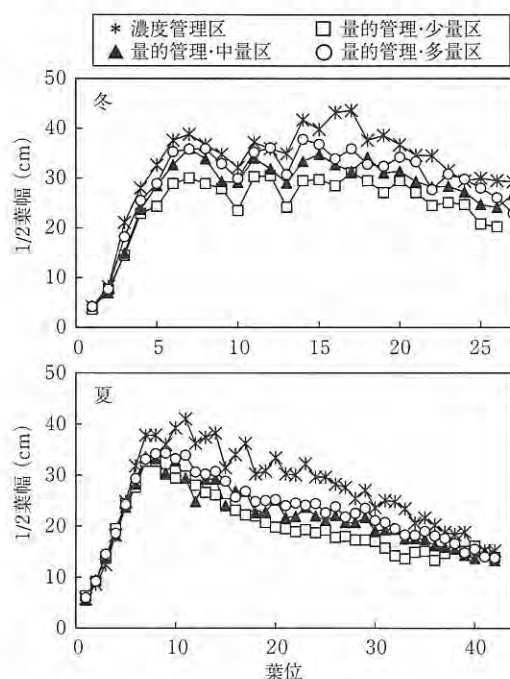


図3 濃度管理法と量的管理法で栽培したトマトの葉位毎の葉幅

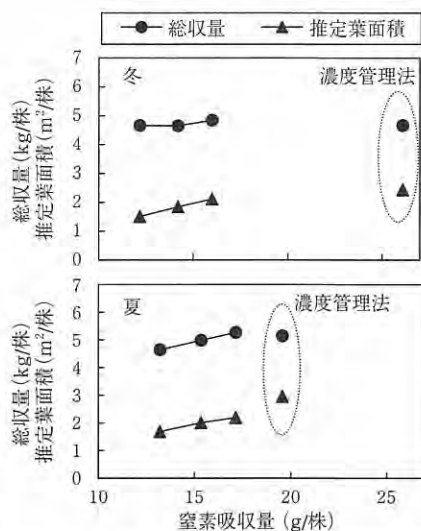


図4 濃度管理法と量的管理法における窒素吸収量の違いによる総収量と葉面積

勢に優れた草姿となっていた (図2). 肥料成分の施用量に応じて葉の大きさが変わり (図3, 図4), 草姿制御ができることが分かった. 一方, 果実の総収量は, 冬季には全ての区でほぼ等しく, 夏季には量的管理の少量区を除けば変わらなかった (図4). 果実品質は, 冬季に糖度が量的管理区で濃度管理区よりもやや高く (+0.2~0.4度), 両時期ともにビタミンC含量が増えた (冬季で+20~30%, 夏季で+11~16%). こうした量的管理法による果実品質の向上は, 草姿の改善による受光量の増加と, 体内の窒素濃度が低く果実に光が良くあたることによって果実への炭水化物の転流が促進されたためと考えられる. 今までの研究と同様に, 肥料成分の施用量によって草姿は大きく変わるが, 果実の収量は影響を受けにくいことが改めて確認された.

次に, 栽培する品種を変えた場合にも同じように量的管理法が可能かどうかをみるため, ルネッサンス, エレガンス, 桃太郎ヨークの3品種を栽培した (中野ら, 2004). 3品種を同じ環境で育てても, 品種によって肥料成分の吸収速度や, 葉, 茎, 根, 果実への分配割合に違いがあった. それぞれの品種の肥料成分必要量を明らかにするためには, 主な品種を特性毎にグループ分けし, さらに詳しく比較する必要がある.

2. 量的管理法における管理指標

量的管理法により過不足なく肥料成分を与えるためには, 栽培条件 (作型, 品種, 生育ステージ, 気象環境) に応じて施用量を変える必要がある. もっとも変動が大きいのは施設内の光, 温度, 湿度などの気象環境である. 量的管理法では, 曇雨天が続くと吸収されずに残った肥料が蓄積する, 品種を変えたら今までの品種と肥料の必要量が違う, といったことが起こりうる.

実際の栽培管理においては, 作物に肥料成分の過不足はあるか, 次に培養液には肥料成分がどのくらい残っているか, 最後に与えるべき肥料成分の量はどのくらいか, という順序で考える. しかし, 肥料の量を決めるために頻繁に培養液や作物体を分析したり, 面倒な計算をしたりすることは避けたい. そこで, 簡単にできる管理指標が必要となる. 一般にトマトの生育診断は, 葉の大きさや茎径, 節間長, 生長点の若葉の色や, 葉柄中の硝酸イオン濃度の測定等によって行われる. 量的管理法で

のトマトの生育制御のための管理指標としては、予め調査した窒素およびリンの平均吸収速度（寺林ら，2004），葉面積指数（細井・細野，2005），日射および飽差（チャンシーティスチャートロンら，2003）などが検討されている。これらの指標は，肥料成分の供給頻度とも密接な関係がある。上記の指標に基づく施用頻度は，それぞれ，2週間，1日1回，1日数回である。

著者らは，1日1回の施用を行う場合で，植物体の生育（茎径と葉幅），吸水量，培養液中の硝酸イオン濃度などについて検討した（中野ら，2005）。いずれの指標も3日ごとに測定し，その結果によって肥料成分の施用量を変えた。具体的には，上から5番目の展開葉の直下の茎径と葉幅を調べ，ステージ毎に予め決めた範囲（例：茎径11～13mm，片側の葉幅22～24cm）から外れた場合に肥料の施用量を調整する区。3日間の吸水量の平均値を測り，予め定めた基準にしたがって，施用量を変える区。循環液の硝酸イオン濃度が10ppm以下になった場合に肥料の量を増やす区。

これら3つの区を比較したところ，どの指標を用いて量的管理法を行っても，濃度管理法に比べて果実収量が増加し，施肥量を減らすことができた。茎径と葉幅は，摘心後は測定自体ができなくなるので栽培の途中までしか使えないが，見た目の草姿をもっとも直接的に表す。吸水量は，夏季には肥料成分の吸収と比例しないために上限設定の必要があるが，簡単に測定できる。窒素濃度は，施用の過不足を確実に防ぐために有効で，他の指標に加えて使うのがよい。

量的管理法においてどこまで精密な制御をめざすかということは，栽培する作物の反応がどのくらい敏感であるか，また施設の環境制御設備がどのくらい備わっているかによって決まる。トマトにおける簡易な制御方法としては，吸水量の変化に応じて施用量を調整し，RQフレックスなど簡易分析計を用いた成分分析を行い“吸い残し”による肥料成分の蓄積を防ぐ，という手法が有効と考えている。もちろん，すでに一般的に行われている，葉柄中の硝酸イオン濃度の測定値も参考になる。いずれの指標を用いるにしても，量的管理法では特に窒素肥料の供給が作物の成長を常に制限している状態なので，施用量の調整後の反応がすみやかに現れ，栽培管理が非常に容易である。

3. 量的管理法の今後の方向性

量的管理法はまだ新しい技術であり，実用化に向けた試験が必要である。今後の課題として，①量的管理法では多くの肥料成分が低濃度となるため，生育ステージ毎のそれぞれの肥料成分の最低必要濃度および適した組成を明らかにする，②「量的管理法」と果実の食味との関係を明らかにする，③水耕のデータを固形培地耕に応用し，実用規模においてその有効性を確認する，などが求められる。

読者の方々には，「今までずっとEC制御の濃度管理法でやってきたのに，量的管理法が良いと言われても・・・」との声も当然あることと思う。しかし，今後，収量・品質向上，低コスト化，排水問題の解決を突き詰めれば，量的管理法の方が有利である。基本的にはいずれの作物でも量的管理法の利用ができるため，今後の研究の発展が期待される。

引用文献

- チャンシーティスチャートロン，丸尾達，高垣美智子，篠原温．2003．日射量・飽差による固形培地耕の施肥・灌水管理に関する研究－飽差に基づいた灌水管理がトマトの生育・収量，肥料利用効率に及ぼす影響－．園学雑．72（別1），88．
- 細井徳夫，細野達夫．2005．個体群葉面積を指標にした肥料施用量の日調節による培養液にN・P・Kの残留が無いトマト養液栽培．野茶研報．4，87-119．
- 中野有加，渡辺慎一，川嶋浩樹，高市益行．2004．トマト養液栽培の量的管理法における生育特性の異なる3品種の比較．園学雑．73（別2），386．
- 中野有加，渡辺慎一，川嶋浩樹，高市益行．2005．トマト養液栽培の量的管理法における無機成分必要量推定のための指標の比較．園学雑．74（別2），408．
- 中野有加，渡辺慎一，川嶋浩樹，高市益行．2006．トマト水耕栽培の無機成分の日施用法における施用量が収量，品質および無機成分吸収量に及ぼす影響．園学雑．75，421-429．
- 寺林敏，浅香智孝，戸祭章，伊達修一，藤目幸擴．2004．トマト水耕栽培における硝酸態窒素およびリンの定量施与が肥料成分吸収および果実生産に及ぼす影響．園学研．3，195-200．

20周年記念特別連載 I

アメリカ軍のハイドロポニックファーム

池 田 英 男*

(訳者注) この資料は、下記の雑誌に掲載されたものである。オリジナルの原稿はヤード、ポンドの単位で記されているが、ここでは日本人読者が理解しやすいように多くの部分はメートル単位に変換した。

Agricultural Chemicals. 1956. Vol.11:32-33,119, 121.

Japanese Hydroponic Farm Raises Vegetables for American Armed Forces.

極東の米軍は今年900万ポンド(4,086t)もの野菜を消費しているが、それらは東京郊外の農場で、極めて珍しい方法、すなわちれき耕ベッドで生産されている。

野菜は、米陸軍の物資補給係が統括するHydroponic Farm(ハイドロポニックファーム)で生産されているが、この施設は、この種のものでは他に例を見ない世界最大規模のものである。ハイドロポニックファームでは多くの野菜が生産されているが、一部の野菜は隣接の土耕農場でも生産されている。ハイドロポニッ



訳者注：米軍ハイドロポニックファーム全景：中央通路の右側に大きなガラス温室があり、その奥と通路左側にれき耕ベッドがならぶ。

クファームでは、土耕農場で使用する苗の生産も行っている。

日本の調布農場は、22.2haのハイドロポニックファームと103.6haの土耕農場とからなっている。ハイドロポニックファームのうち2haはガラス温室であるが、これほど大規模のガラス温室は世界に例を見ない。この施設ではあらゆる野菜が生産されてきたが、特に力が入れたのは、トマト、キュウリ、レタス、ネギといったようなもので、これらは米軍が特に強く要求したものであり、また米国本土から船便で送るには輸送中に痛みやすいものである。

ハイドロポニックファームは、米軍に新鮮野菜を供給することを目的に、1946年に建設された。この当時、日本人は食料の配給を受けていたので、食料供給は不十分であり、日本の農場から多くの野菜を得ることは不可能であった。それ以上に重要な理由は、日本では古くから人糞尿を肥料として用いる習慣があり、そのためにアメーバ赤痢や寄生虫などの問題が懸念されたことである。

農場の養液栽培部門には、5エーカー(20,235m²)のプロットが11ある。各プロットには、れきを入れたベッド(長さ91.44m、幅1.22m、深さ20.32cm)が87あり、それぞれは上段、中段、下段の3つの部分に分かれていて、一番上段のものは長さ36.58m、中段のものは30.48m、一番下段のものは24.38mの長さである。これらの部分は階段状に設置されており、上段から下段へ培養液が流れて、蒸発による損失を抑制するようになっている。ちなみに、夏の暑い日には、蒸発による培養液の減少は、5エーカー(20,235m²)のプロット全体で10,000ガロン(37,853L、これは1.87L/m²)にも達することがあった。

培養液はプロット毎に、一番下部にある排液タンク内

*大阪府立大学大学院生命環境科学研究科(本会運営委員)

で作成される。培養液が作成されると、ポンプでヘッダータンクへ送られるが、このタンクの容量は90,000ガロン（340.68t）ある。ここから、培養液は重力によって、最初のベッドすなわち長さが約91mある上段に流れ込む。このベッドで、培養液が礫の表面より1インチ（2.54cm）下に到達すると、培養液はその次のベッドへ流れ込む。その後、同様にして2番目のベッドへ流れる。培養液は最後に一番下部にある排液タンクに戻り、再度ポンプでヘッダータンクへ送られ、循環利用される。

培養液が各ベッドを一巡するのに、45分から60分間かかる。培養液は、通常1日に3回与えられる。

培養液は、炭素を除いて植物の生育に必須と考えられている無機成分をすべて含んでいる。もちろん、炭素はCO₂の形で空気中のものが植物に利用される。人工的に与えられるのは、N、P、K、Ca、Mg、S、Fe、Mn、B、Zn、Cu、Moである。N、P、K、Ca、Mg、Sは比較的多量に利用されるので、多量要素といわれる。その他の要素は非常に低い濃度で利用される。これらは微量元素といわれる。



訳者注：整然と並ぶれき耕ベッド：一番手前が下段である。右奥に見える黒い丸いものが培養液貯蔵用のタンクである。

同じ培養液ですべての植物が同様に生育するわけではなく、これまでに培養液の成分を変える必要がしばしばあった。しかし、基本的に利用された培養液は、次のようなものである。

水1000ガロン（3,785L）当りの使用量

硝酸カリウム 9 ポンド 3 オンス = 4.167 kg

硫酸カルシウム 6 ポンド 6 オンス = 2.892

硫酸マグネシウム 4 ポンド 6 オンス = 1.984

重過リン酸石灰 2 ポンド 10 オンス = 1.191

硫酸アンモニウム 1 ポンド 3 オンス = 0.539

クエン酸鉄アンモニウム 1 オンス = 28.35g

硫酸マグネシウム 1 オンス = 28.35

ほう酸 0.5 オンス = 14.175

硫酸銅 0.01 オンス = 0.284

硫酸亜鉛 0.02 オンス = 0.567

培養液を施与する際の成功のカギは、植物の根に必要な量の酸素を供給することにあった。もし、れきの間の孔隙が長い間培養液で満たされると、植物の根は呼吸ができなくなり、死んでしまう。

培養液は、濃度が変化しているかどうか、また生育を促進するために更新の必要があるかどうかをみるために、毎週2回分析されている。分析は、常勤の3人の化学者のうちの1人が担当している。彼は、農場にある良く整った研究室へ圃場の培養液を持込み、分析している。農場にはその他に、植物病理と昆虫の研究者を各1人ずつと、園芸の研究者2人がいる。

れき耕ベッドで育つ若い植物を見守るために必要な細かい仕事の量はかなりのもので、そのような理由から、ハイドロポニックスが経済的に成り立つのは日本のように労賃が比較的安い国だけである。調布農場では最盛期には536人もの日本人を雇っていた。冬季ですら、200人をわずかが上回る数の常勤労働者がいた。

労働者の約65%は婦人であり、平均賃金は1時間当たり35セント（360円×0.35=126円）であった。これはアメリカの基準によって低く抑えられていたのであるが、それでも隣接した農場で作業員に支払われている賃金の2倍以上の高さであった。季節的に雇われる労働者の90～95%が毎年戻ってくるという統計結果からも、ここで働く労働者は満足していたことがわかる。

日本のように労賃の安い国では、ハイドロポニックで作る1ポンドの野菜のコストは、土耕で作られるものとおおむね同様である。土耕ではもちろん労賃としてのコストは少ない。しかし、1エーカー（4,047m²）当たりの収量はハイドロポニックのほうがはるかに多い。

例えば、キュウリの1エーカー当たりの果実収量は、

土耕では21,000ポンド（9,525.6kg、すなわち2.354t/10a）しかないのに、ハイドロポニックでは92,000ポンド（41,731.2kg、すなわち10.312t/10a）もあるのである。ネギの収量は、1エーカー当たり、土耕では22,000ポンド（9,979kg）であったのに、ハイドロポニックでは56,000ポンド（25,402kg）であった。

ハイドロポニックにはそのほかの利点もある。利点の一つは、れき耕ベッドでは雑草のコントロールが非常に容易なことである。また、水は必要に応じて供給され、作物をおぼれさせる恐れがあるほどの雨を降らせるのは、最もひどい雷雨の時だけである。地面は凍らないし、日射が多すぎる場合にはうねの上にたばこ布（tobacco cloth）を置くことでこれを減らすことができる。また、植物の根域の病原菌は、通常の栽培のようには多くない。

しかし、調布農場は植物の病気や害虫と無縁であったわけではない。過去10年間で、44種類の昆虫と、90種類の病気が、ハイドロポニックファームか土耕農場で、あるいは両方で見つけられた。主な害虫は、米国でもおなじみのアブラムシ、アオムシ、ネキリムシ、コメツキ虫の幼虫、ネマトーダ、アカダニ、ネギムシ（onion maggot）などである。最も厄介な病気は、ハクサイの細菌性い凋病、トマトの斑点病、タマネギのべと病、トマトやレタスの灰色カビ病、キュウリのうどんこ病などである。

園芸研究者と、植物病理学者、昆虫学者が植物保護チームの中核となり、殺菌剤や殺虫剤を準備したり施用を指示したりした。農場では毎年、816kgの殺菌剤と、3,992kgの殺虫剤が使用された。大部分は良く知られたもので、DDT、メトキシクロール（メトキシDDT）、パラチオン、マラソン、vapatone、リンデン、トキサフェン、copotex、kryocide、氷晶石（cryolite）、オーソドックス（orthodox）などである。

アメリカ合衆国のように労賃の高い国では、魅力ある技術ではあるが、ハイドロポニックファームは不適

当である。米軍の東京物資補給センターの農業部門のコンサルタントであったDr. Roy Culbertsonによって計画された調布ハイドロポニックファームは、建設に1エーカー（4,046.71m²）当り\$25,000かかったとみられる。しかし、米軍にとってはこれは価値あるものであった。過去10年間で、調布からは70,000,000ポンド（31,752t）を超える野菜が出荷された。1954年には最も多い約13,000,000ポンド（5,897t）が出荷された。

現在、一部の米軍は日本から撤退しているので、農場の必要度は低下している。農場は、いつか日本政府に委任されるだろう。その時、日本は化学的な農業設備や知識に関する限り、世界の多くの国々をリードするようになるであろう。

訳者注

調布の米軍ハイドロポニックファームの建設を請け負ったのは当時の間組で、間組の社史にもその記述が残っている。関係者の話では、建設費を負担したのは日本側であり、その建設を受注できたことが間組が戦後復興できたことの一つの要因になっているとのことである。ハイドロポニックファーム建設には、最初是多摩川のれきが使用されたが、途中で不足したためその後は相模湾岸から採取したものが使用された。そのため、れきの塩分除去をしなければならなかった。

東京でオリンピックが開催されることが決まり、代々木に国立競技場を建設することになったとき、当時代々木にあった米軍の‘代々木ハイツ’を調布に移転することになり、米軍ハイドロポニックファームは1961年7月に閉鎖された。

米軍ハイドロポニックファームについては、本誌13巻1、2号で「調布水耕農場」として詳細が報告されているので参考にされたい。その著者大井卓雄氏は、元米軍調布水耕農場顧問である。



「やさしい養液栽培」

培養液の処方の基礎Ⅲ



常盤 秀夫*

1. 重炭酸イオン濃度の影響

一般に、原水中の重炭酸イオン濃度 (HCO_3^-) は 30～50ppm 程度が適当と言われている。

重炭酸イオン濃度が高い原水では、pH 緩衝能が高く、栽培中に pH が上昇しすぎる傾向がある。また、重炭酸イオン濃度が高い原水と低い原水では、同じ肥料を溶かした培養液でも pH が異なったりする。

例) 蒸留水 (重炭酸イオン濃度 0 ppm) に大塚 A 処方を溶かした場合の pH

→ pH4.5

重炭酸イオン濃度 30ppm の原水に大塚 A 処方を溶かした場合の pH

→ pH6.7

イチゴ農家の使用原水の現地調査結果では、重炭酸濃度が高い場合に栽培ベッド内 pH 上昇や微量元素欠乏による葉の黄化などの栽培上のトラブルが見られた。

2. 重炭酸濃度の調整

したがって、安定した培養液管理のためには、重炭酸イオン濃度を調整する必要がある。

水耕栽培では、自動 pH コントローラーが装備されていて、pH が上昇しても、希望の pH になるように、pH ダウン剤等を自動的に注入する場合がある。ただし、この方法は、あまり多量にダウン剤等を使いすぎると、ダウン剤中の成分により、培養液の成分バランスが本来のものと違ってしまふ欠点がある。

そこで、事前に原水中の重炭酸イオン濃度を測定したうえで、使用する培養液の重炭酸イオン濃度が 30～50ppm になるように計算し、リン酸や硝酸等の酸を濃厚肥料タンクにあらかじめ入れておく方法がある。

この方法は、濃厚肥料を作る際にリン酸や硝酸に含まれる肥料成分の分を差し引いて、肥料 (単肥) を配合することができるため、培養液の成分バランスを本来のものと変えることが無い方法である。

表1 福島県内イチゴ高設栽培農家使用原水調査結果とトラブル発生状況 (2002, 農業試験場いわき支場調査)

	pH	EC	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	Ca	Mg	K	HCO_3	栽培上のトラブル
農家A	6.6	0.5	2.3	0.0	1.6	29.5	7.1	3.7	143.4	
農家B	6.8	0.4	3.8	0.0	1.6	43.2	2.7	2.3	134.2	葉の黄化
農家C	6.4	0.2	4.5	0.6	1.6	15.8	0.5	1.6	61.0	
農家D	7.4	0.4	LO	0.6	1.6	20.4	4.9	1.6	271.5	葉の黄化
農家E	6.0	0.3	2.5	0.0	1.6	15.8	4.9	1.8	54.9	
農家F	6.6	0.6	11.1	0.0	1.6	43.2	16.3	2.3	97.6	pH上昇、生育悪化
農家G	6.7	0.5	LO	1.4	1.6	29.5	11.7	2.8	225.7	pH上昇

*福島県農業総合センター浜地域研究所

3. 重炭酸濃度調整の計算

今回は、酸による重炭酸イオン濃度の調整を考える際に役立つ計算練習を行う。

使用する酸の種類による重炭酸イオン減少量と肥料成分増加量は以下の表のとおりである。

表2 酸の種類と重炭酸消費量（篠原ら，1997）

	濃度 (%)	規定度 (N)	比重	重炭酸(HCO ₃ ⁻)濃度 低下量 ^z (ppm)	肥料成分 ^y (ppm)
硝酸 (HNO ₃)	61.0	13.3	1.37	810	186.3
	65.0	14.4	1.39	876	200.2
	67.5	15.0	1.40	916	210.0
	70.0	15.7	1.41	958	218.6
リン酸 (H ₃ PO ₄)	37.0	13.9	1.23	282	143.9
	75.0	36.3	1.58	738	374.5
	85.0	43.9	1.69	892	454.6
	90.0	38.1	1.75	978	497.0

z：原水1tに酸を10加えたときの濃度低下量

y：硝酸はNO₃-N，リン酸はPO₄-P

練習問題

①重炭酸イオン115ppmの原水を使用する場合，100倍原液肥料タンク200リットル（100倍希釈で培養液20t分）中に75%のリン酸を2リットル添加したら，培養液中の重炭酸イオンは，何ppm消費され（何ppm残り），培養液のリン（PO₄-P）濃度は何ppm上昇するか？（表2を使って計算）

②67.5%硝酸（HNO₃）の硝酸態窒素（NO₃-N）含有率は何%か？

ヒント（原子量 H：1，N：14，O：16）

③67.5%硝酸（HNO₃）の比重が1.4の場合，この硝酸1リットル中の肥料成分（NO₃-N）は何グラムか？

<練習問題の答え>

①培養液20tに75%リン酸を2リットル添加ということは，
＝培養液1tあたりにリン酸を0.1リットル添加と同様，
重炭酸イオンの消費量は，表2より，

$$0.1 \text{ (リットル)} \times 738 \text{ (ppm)} = \underline{73.8\text{ppm}}$$

また，培養液中に残る重炭酸イオンは，

$$115 - 73.8 = \underline{41.2\text{ppm}}$$

培養液のリン（PO₄-P）濃度増加は，表2より，

$$0.1 \text{ (リットル)} \times 374.5 \text{ (ppm)} = \underline{37.45\text{ppm}}$$

②硝酸が100%だとすると，

$$\begin{aligned} & \text{N} \text{ / } \text{H} + \text{N} + \text{O} + \text{O} + \text{O} \\ &= 14 \text{ / } 1 + 14 + 16 + 16 + 16 \\ &= 0.222 \cdots \end{aligned}$$

ここでは67.5%硝酸なので，NO₃-N含有率は

$$67.5\% \times 0.222 = \underline{15\%}$$

③硝酸1Lの重量は，

$$1 \times 1.4 = 1.4\text{kg} (=1400\text{g})$$

含有率15%なので，肥料成分（NO₃-N）は，

$$1400\text{g} \times 15\% = \underline{210\text{g}}$$

ちなみに，この硝酸1リットルを1tの原水に加えたときのNO₃-N濃度は，

$$210\text{g} / 1\text{t} = 210\text{mg} / 1\text{リットル} = 210\text{ppm}$$

となり，表2の肥料成分欄と一致する。

参考文献

- 日本施設園芸協会（2002）養液栽培の新マニュアル（誠文堂新光社）



「Hydroponics –A practical guide for the Soilless Grower–」 「養液栽培 ～生産者のための養液栽培実用ガイド～ 第二版」

J. Benton Jonse Jr.著

CRC Pres発行 (ISBN 0-8493-3167-6)

福田 直也*



養液栽培の実用書は日本でも多数出版されている。当養液栽培研究会でも、過去に「養液栽培マニュアル 21」を刊行している。そんな中で、あえて海外の実用書を紹介して何の意味があるのかと、読者諸氏は思われるかもしれない。また本書は、翻訳はされておらず原文（英文）のままであることを考えると、恐らく読む方は少ないかもしれない。ただ、本書は、日本の実用書とは少し異なる視点で書かれており、ここでは、その目指すところの「実用書」としての方針について知っていただきたいと考えて紹介したいと思う。

欧米のこのような実用書に共通しているのが、実用書である以上は現場で役立つ内容を紹介するということにある。もちろん、我が国の養液栽培関連実用書も、現場で役立つ技術的内容を紹介している。しかしながら、本書もそうであるが、欧米の場合、その姿勢が徹底している。本書は、423ページもある分厚い本である。その中で、基本的原理について書かれてあるのは、たったの28ページであり、それ以外はすべて現場に直結した内容となっている。例えば、各種無機要素の説明では、欠乏症や過剰症の用語の説明に始まり、要素別の説明では、関連する全ての要素について、機能、欠乏症、過剰症、施用方法、濃度調節方法と項目別に大変詳細に説明されており、読むだけで、ある程度の生理障害の診断ができるようになっている。また、栽培の初心者にも理解できるように表現はとても平易であり、用語の解説も詳しく載っている。

本書の目次は、以下の15章から成っている。

第1章 導入

第2章 植物はどのように育つか？

第3章 土と養液栽培

第4章 植物の根：その役割と機能

第5章 必須元素（無機要素）

第6章 その他の元素

第7章 培養液

第8～9章 養液栽培システム（水耕および無機固形培地耕）

第10章 有機培地耕

第11章 養液栽培の作型について

第12章 養液栽培温室

第13章 各種診断手順

第14章 病虫害防除

第15章 教育分野での養液栽培

前半部分は、理論と原理やシステムの仕組みに関する解説が中心で、後半の第11章からは個別事例について詳細な説明という構成になっている。特に、第12章から第15章は、日本の養液栽培実用書ではあまり触れられていない部分である。第12章では、温室構造の紹介だけでなく、温室建設時の気象、立地条件、部材の選び方まで書いてある。また第13章では、培養液や植物体の診断方法が詳細に述べられている。培養液の簡易分析に使う日本メーカー製のカード型分析器や各種EC、pHメータの説明に続き、具体的な培養液サンプルの採取法も解説されていてなかなか興味深い。例えばこんな感じである。「実験室レベルでの分析を行う場合、サンプルを採取する前に必ず分析を行う予定の実験室に連絡をとって、必要なサンプル量や送付方法を確認すること。・・・中略・・・サンプリングには、新生児用のほ乳瓶を使う方法がある（なぜほ乳瓶なのかは理由は書いていないが、恐らく付着している夾雑物が少ない為であろう。）。サンプル採取後に、ゴム製の乳首を取って強く蓋をする。なお、サンプル採取時には、培養液や水のサンプルを入れて数分

*筑波大学大学院生命環境科学研究科（本会運営委員）

後に一度サンプルを捨て、その後再び培養液を入れるという操作をする。」というように、内容はとても具体的である。添付されている資料も、培地中の適正無機要素濃度範囲や、植物体栄養診断のサンプリングのための生育段階目安、植物体中の各種無機要素適正レベル等といったように充実しており、素人でも簡単な栄養診断ができてしまうような内容である。筆者が読んだ感じでは、恐らく栽培の初心者でも、本書使って作物の選択や基本的な栽培システム構成を検討して栽培を始めることができると思う。まさに「実用マニュアル」である。

興味深いことに第15章では、学校教育現場におけるアメリカ養液栽培研究会の取り組みや、学校でもでき

るパーライトを培地にした簡易養液栽培方法等が紹介されている。将来的な養液栽培振興を考えると、教育現場への普及・展開は重要である。アメリカでの取り組み事例は、我々の研究会での活動にも参考になるだろう。

洋書ということで、敬遠される方も多いかもしれないが、本書の英文はそれほど難しくないの、辞書片手でも十分読むことができると思う。先に書いたように、本書の内容は、現場ですぐに役立つ内容が盛りだくさんである。栽培現場の傍らに欲しい一冊として推薦したい。

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～

■微量元素

植物がライフサイクルをまっとうするために必要な無機要素で、代謝的に役割をもち、それを他の元素で代替できないものは‘必須要素’と言われるが、現在それらはC, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Clの16種がある。Clが必須元素の仲間入りしたのは比較的新しい。実験方法が精密になり、微量分析が可能になれば、必須元素がさらに増える可能性もある。

ニッケル（Ni）はそれを必須と認める人々と認めない人々があり、現在の所「誰もが認める」ということにはなっていない。Niはウレアーゼの構成要素で、尿素を分解するために必要であることは良く知られている。尿素は養液栽培でもN源として利用されているが、そのままでは根からは吸収されにくい。N源としては、分解されて NH_4^+ となり、さらに酸化されて NO_3^- となったものなどが利用されている。ところが、尿素は葉面施与した場合には良く吸収されて良好なN源となる。尿素を与える際には、0.1ppm程度のNiを併用すると

尿素の効果が高まる。

モリブデン（Mo）も微量元素として重要なものである。Moは、ニトロゲナーゼや硝酸還元酵素などのモリブデン酵素を構成している。前者は分子状窒素（窒素ガス）を、後者は硝酸を、それぞれアンモニウムに還元する働きをしている。実際、マメ科植物などの根粒には茎葉の10倍以上ものMoが含まれていて、それが不足すると、植物が共生的窒素固定に大きく依存している場合にはN欠乏になりやすい。また、硝酸を主要なN源としている場合には、Moが欠乏すると硝酸の還元が抑えられて体内に硝酸が蓄積するが、Moを施与するとする体内の硝酸濃度が低下し、生育が改善される。一般的な培養液中の濃度は0.01ppmとされている。Mo欠乏症として、カリフラワーやブロッコリーなどでは鞭状葉症や、カンキツの葉の黄斑病が発生することは良く知られている。

質疑応答

Q GAPでは、培地のリサイクルについてどのように考えたらいいでしょうか？



篠原 温*

A まず、GAPと培地のリサイクルを分けて考えましょう。

1. GAPとはなにか

食の安全から最近GAPという言葉が良く聞かれるようになってきました。GAPは「Good Agricultural Practice」の略で、ジ・エイ・ピー（またはギャップ）と発音されますが、日本語では「適正農業規範」と訳されています。

食の安全のためには、農場から食卓まで一貫した安全性を確保する必要があります。その中で農場（生産から流通に渡すまで）として、生産物（商品とも言えます）の安全性に責任を持つための方法と取り組み方を示したのがGAPです。具体的には、数々の危害（有害微生物、農薬、異物混入、不適環境など）を明らかにして、①危害がどこから来るのか、②危害を最少にする方法は何か、③危害が起こってしまったらどうするのか、などを農場ごとに決めて、ちゃんと記録に残す方法です。現在のところ、JA、県や市の行政が地域独自に行うものと、J-GAPやイオンなどの民間認証による広域をカバーしたもの（こちらはお金がかかりますが）の二本化が進んできています。どちらを選択するかは営農状況によりますが、どちらにしても、消費者に安心して安全な農産物（商品）を届けるためには必須な取り組みであると言えます。すでに、栽培履歴簿・農薬管理簿などは、農家の9割近くがつけていますので、GAP記帳簿はこれらプラスアルファの記帳（統合して一冊の記帳簿でOK）で実現できると考えてください。決して難しいものではないのです。きちんとした農場管理をしている農場は今のままでもOKで、やっていることを記帳して保管すればよいのです。

2. 培地のリサイクルについて

さて、培地のリサイクルですが、これは栽培環境整備の部類でGAPでは扱われます。例えばロックウール（以下RW）ですが、温室の横に使用済みのRWが山積みになっていたら、非衛生的な危険物としてどんなGAPの査定でも不合格になってしまいます。RWのリサイクルには2通りの方法があり、①イネのケイ酸カルシウム肥料として水田にすき込む（10aの温室から出るRWは水田50aにすき込むと良いとされています。これが一石二鳥で日本では最良だともおもえます）方法と、②メーカーに依頼して再処理してもらう方法（乾燥させて大きな袋に詰めて会社まで運搬する必要がありますが、産地が全国に散在する日本ではあまり現実的な方法ではありません）とがあります。リサイクルできない場合は、「ガラスくず及び陶磁器くず」の分類で処理されます。このようにRWは使用後の処理が大変なので、3～5年の長期使用が行われています。一方オランダやスペインでは産地が集中していますので、RW製造業者が培地を回収して（販売価格に回収費用が含まれているので）リサイクルを行っています。

無機質系培地のRWは、養液栽培用培地としては理想に近いものですが、上記のこともあり、最近では有機質系培地（ココピート、杉皮、もみ殻）やゼオライトのように畑地への還元が可能な培地の利用が進んできています。

栽培の効率だけを追求して、農場の環境衛生や農産物の安全性を忘れると農業そのものができる時代が来ていると言えるでしょう。

*千葉大学園芸学部（本会運営委員）

本会記事

第16回 合同部会

日時：2006年11月6日（月）13:30～17:00

場所：ひらつかスカイプラザ 11F 第1会議室

議事：

1) 第59回神奈川大会実行委員会事務局からの報告

神奈川大会開催に先だって準備状況等が説明された。研究会・現地見学会の進行等について、各種資料に基づいて計画の詳細が説明され、明日の大会の準備状況、運営方法、会場設営等が議論され、運営委員の役割分担等についても確認した。（報告：深山（神奈川大会実行委員））

2) 事業報告

1. 第58回京都総会の報告（報告：寺林）

資料に基づき第58回京都総会（18年5月19日 京都府民総合交流プラザ（京都テルサ）第1会議室で開催）の決算報告が行われた。有料参加者は、会員50名、非会員5名であり、余剰金は特別会計に繰り入れることが了承された。

2. 第7回養液栽培「夏の学校」報告（報告：糠谷）

資料に基づいて養液栽培夏の学校2006（初級コース、初心者コース併設）の総括、暫定の決算報告が行われた。決算案は、ほぼ確定しており、暫定案は原案どおり了承された。近日中に確定する最終決算については、会長・副会長に委任されることになり、余剰金は特別会計に繰り入れることが了承された。参加者は33名であった。

3. 第12回国際園芸技術展報告（報告：塚越）

資料に基づいて千葉県幕張メッセで開催された第12回国際園芸技術展（18年7月25日（火）～27日（木））時の出展決算報告が行われた。今回は、開催期間が1日短縮されたが、入場者数は前回とほぼ同数であった。また、事業収益は本会会計の雑収入に繰り入れることが了承された。

4. 第1回出前講義（京都）報告（報告：和田）

資料に基づいて、今年度新たに企画され、京都で行われた養液栽培出前講義について総括、決算報

告等が報告された。今回は、ミツバの生産者を中心に11名の参加者に対して1泊（講義10コマ）で行われ、3名の講師（和田、伊達、丸尾）で対応した。決算案については、種々議論があり、今回は原案どおり了承され、余剰金を特別会計に繰り入れることが決まった。また、料金体系等については、会員に分かり易いものをワーキングで引き続き検討することになった。

3) 部会活動報告

1. 編集部会報告（報告：高市）

18年度第2回編集部会の審議資料に基づき、ハイドロボニックス20巻2号の編集日程・内容等について報告された。若干遅れがあるが、ほぼ予定の期日（19年2月28日）に刊行できる予定である。続いて、21巻1号（19年8月刊行予定）の編集方針等について若干の説明があった。同号に対する編集会議は3月上旬に開催を予定しているが、同号掲載を検討している「養液土耕栽培および果樹・花き養液栽培実面積」等に関するアンケート調査について、養液土耕については今回調査を見送り、その他の部分について1～2月にアンケートを行うよう準備することが決まった。

2. 情報部会報告（報告：岩崎）

ニュースレターNo35（18年6月）、No36（18年12月予定）について記事内容等の報告があった。また、HPの管理について報告があり、種々意見が交換された。

3. 事業・企画部会報告（報告：寺林）

今後の事業計画の予定について報告があったが、予定されているいずれの大会、事業についても検討が不十分であることから、年内に事業企画部会を開催して、案を確定することが了承され、概要について2月刊行予定のハイドロボニックスに掲載することとした。

4) 今後の事業計画

1. SHITAシンポジウム特別協賛（和田担当）

第17回SHITAシンポジウム「スーパーベジファクトリー“安全安心無農薬仕立て植物工場”」（19年1月25日（木））に特別協賛することが決定され、

会員への案内の送付方法等が議論された。

2. 第60回大会（総会・研究会，丸尾・塚越担当）

19年5月頃に東京で開催予定。研究会予定テーマは事業企画委員会で決定し，ハイドロポニックス次号に案内を掲載することとした。

3. 第8回養液栽培「夏の学校」（糠谷担当）

今年度とほぼ同じ内容で8～9月に静岡大学農学部で開催する予定であるが，詳細は，事業企画部会で検討し，ハイドロポニックス次号に案内を掲載することとした。

4. 第61回大会（研究会・見学会，寺林担当）

11月に島根で開催予定。今のところ11月8・9

日に開催することで計画が進んでいる。

5) 設立20周年記念事業（報告：篠原）

記念事業（記念式典・講演会・祝賀会・絵本の出版）について資料に基づいて現状報告があった。記念式典等の開催時期は20年2月頃を予定し，詳細については継続審議することとなった。

また，協賛金については，集めることは了承されたが，詳細についてはさらに継続的に検討することになった。

6) 会員管理（報告：塚越）

18年9月30日現在の会費納入状況等について報告された。一般・学生・海外・団体の合計納入件数は718件であった。

入会申込書

(フリガナ) お名前	会員種別 一般 (¥5,000)・学生 (¥3,000) ・団体 (¥30,000 以上)
ご住所 〒 -	※該当するものに○をつけてください。()内は年会費。 年会費入金方法 口座振替・クレジットカード払い・郵便払込 ※上記のいずれかの方法をご選択ください。 原則として口座振替，クレジットカード払いとなっております。
お電話番号	
e-mail	申込み年月日 年 月 日

この申込書を FAX，または郵送にて，(有)ダブル・ワークスまでお送りください。
受領後，正式な入会申込書，会費お支払いのための手続資料等，(有)ダブル・ワークスより送付させていただきます。

退会申込書

会員番号 (フリガナ) お名前	会員種別 一般・学生・団体 (該当するものに○をつけてください)
ご住所 〒 -	退会事由 (差支えなければご記入ください)
お電話番号	申込み年月日 年 月 日

この申込書を FAX，または郵送にて，(有)ダブル・ワークスまでお送りください。
定期発送物とともに，退会届受領書を送付させていただきます。この受領書をもって，退会手続完了とさせていただきます。
なお，年度内退会は原則として認められませんので，ご了承ください。
会員の情報は本会から会員への連絡以外には使用しません。

《申込書送付先・お問い合わせ先》

有限会社ダブル・ワークス

〒591-8025 堺市北区長曽根町130-42 さかい新事業創造センター319号

TEL 072-240-7071 FAX 072-240-7081 e-mail gakkai @ w-works.jp