

【巻 頭 言】

これからの野菜生産と養液栽培



成 川 昇*

農業従事者数の減少と高齢化の進展は年々厳しさを増しています。全国の基幹的農業従事者数について農業総合研究所の予測によると、1990年が312万に対して、2000年では217万人と39%の減少で、2010年が140万人、2020年では94万人に減少するとなっている。しかし総人口そのものはほとんど減らないので、それに見合った食料が確保されなければなりません。現在食料は国内生産と輸入によって賄われていますが、コムギ、ダイズなどの穀物はそれぞれ88%、95%が輸入となっています。最近では野菜類でもタマネギやアスパラガスの他、多くの品目が輸入されています。しかし、野菜は鮮度と安定供給が重要ですので、国内生産が基本であると思われます。そこでこれから限られた生産者が必要、十分な生産量を確保するためには個々の生産者（経営体）の規模拡大と高生産技術の確立が望まれます。そのためには土地利用型、施設利用型野菜栽培を問わず、省力化、機械化、自動化、計画生産化を一層、推し進めなければなりません。これからの方向付けの中で養液栽培は今まで以上に重要な位置付けになると思われます。

平成3年における全国の養液栽培普及の現状は野菜が410ha、花きが64haで、施設設置面積に対してはそれぞれ1.2%、1.0%となっています。これからもミツバ、ネギ、トマト、など今まで栽培されていた品目を中心に作付け面積は増えていくと思われますが、新しい需要の創造のために、養液栽培が活用されることと思います。ハープ類や水耕ミニセルリー、水耕ホウレンソウなどはすでに手がけられていますが、他に消費者ニーズにマッチした新新材がたくさん生まれることが予想されます。

これからの養液栽培について研究の面から考

えますと、生産物の特性を種類別にはっきりさせるような仕事が必要ではないかと思います。水耕ミツバの香りは土耕に比べて、弱いとか、ネギは逆に匂いが薄くて良いとか、良く耳にしますが、果たして、本当にそうなのか、定量的な調査研究が必要と思われます。糖、ビタミン類、シュウ酸、硝酸含量等についても同様なことがいえます。その上で付加価値を見つけることが大切です。

養液栽培は一般的に投下資本が大きいので、いかに一定面積から単収をあげるかが経営上重要です。施設の高度利用に関する研究がさらに推し進められるべきです。

今後、養液栽培において最も重要な課題になってくるのは培養液の取り扱いです。作物の種類にかかわらず、栽培を安定する方法として、培養液の交換方式がとられてきました。その作物の吸収にうまく合わなくなった組成の培養液は廃液として、周辺河川や空地に投棄される場合が多いと思います。

今、地球規模で環境保全が叫ばれている中、このままでよいわけがありません。技術的対策、行政的対応が必要と思われます。技術的対応としては、作物の種類、栽培時期に合わせた培養液のイオンを制御することにより、極力、培養液を外に出さない方法を取ることが考えられる。イチゴでは検討されているが、他の種類については今後の課題であると思われます。また肥料養分の回収装置の開発、使用済培養液の利用方法などについても生産者、研究者、行政担当者が一体となって取りくむべき問題と考えます。この上に養液栽培の発展があり、将来の野菜生産の一端を担う使命を果たすことができるものと思われます。

* 千葉県農業試験場、本会運営委員



内外のニュース

薬用・芳香植物世界会議

および栽培シンポジウムに参加して

高野 泰吉*

人間福祉のための世界会議が、1992年7月19～25日、オランダのマーストリヒト国際会議場で、また栽培シンポジウムが、1993年3月22～25日、イスラエルのチベリア（ガリレー湖畔）のシーザーホテルで開催された。

マーストリヒト会議

マーストリヒトの名は、E Cの会議などのニュースで知られるようになった。ローマ帝国の北の拠点として古くから文化の高い都市として、現在の市民も誇り高く、アムステルダム市民を見下げていたところがある。ドイツ、ベルギーに接し、ロンドンとパリに空路1時間の位置なので、TV番組も各国語の放送が見聞できる、特異な都市である。

この学会は国連の4機構、欧州の研究支援3機関、生物科学、園芸学、薬学、生薬学の国際4学会によって組織されていた。実務は国際園芸学会 (ISHS) の事務局が担当している。したがって、開会式の特別講演も多様な話題が提供された [Chronica Horticulturae 32 (4), 1993参照]。

2日目から研究発表やポスター発表が行われた。350名ほどの参加者があり、各セッションごとの招待講演と一般研究発表が97課題あって、かなり充実していた。原料生産、植物化学的品質、薬学等の発表が多く、ついで遺伝育種、資源植物学的課題があった。人間福祉、生産物の取扱い、バイオテクノロジー分野は少なかった。ポスター展示の発表が104件あって、4回に分けて説明の時間が設定された。生産（栽培）試験の研究発表もかなりあったが、園芸農学的にみて、低調な内容に思われた。薬用・芳香植物の

分野では、成分・品質評価が基準として重要なので、属の種を蒐集導入すること、種内のピオタイプ（遺伝子型）を明確にすること、栽培技術により成分含量や組成を目的に合うよう変化させること等が研究課題の主流となっている。その点で、施設栽培、養液栽培の研究が目ざされているが、筆者とギリシャ人の発表のみであった。(1988年アメリカのパジュー大学でハーブ、スパイスの養液栽培シンポジウムがあった)。現状は、ハーブなどは地中海沿岸やドナウ川流域諸国で栽培が盛んであり、今後、インド、アフリカ、南アメリカでの原料生産が期待されている。そこで、これらの地域での生産技術を向上させる方策についてワークショップが開かれた。このような指導の国際センターはオーストリーにある。

薬用芳香植物は連作を嫌うので、周到的な輪作が行われている。このことはエクスカージョンに出かけて、実際の圃場を見ることができた。他方、ハウス栽培ではロックウールで養液栽培が行われていた。製薬会社の植物園も見学した。

13部門に分れて、それぞれワークショップが活発に行われた。そのまとめは Chronica Horticulturae : 32 (4) に記録されている。研究発表論文は Acta Horticulturae 330～334の4分冊として近く刊行される。会の運営は Dutch treat で素晴らしいものであった。

チベリアのシンポジウム

3月22日から開催された。マーストリヒトの会議から1年も経たないうち、またシンポジウムがあるので、役目上出席することにした。ISHSの薬用、芳香植物セッションは、15年位前から

* 名城大学農学部

頻繁に会合を開いており、Acta Horticulturae も10冊位刊行している。したがって参会者も顔見知りが多く、和気あいあいの雰囲気でもあるが、議論も活発すぎてまとまりつかないことが多い。

22日午後から開会式と特別講演があった。歓迎の宴はガリレー湖舟遊びで、歌と踊りでにぎやかであった。23日、25日が研究発表会で、24日は終日、現地見学であった。

今回注目された研究発表は、精油によるカビや昆虫の防除の話題であった。無害の農薬として期待される研究の方向といえよう。栽培試験やバイオタイプなどの研究発表が多かったが、植物療法的な話題もあって、妙な雰囲気を感じたこともあった。40分の招待講演が11、一般発表が25の課題で数は少ないが、座長は2時間たっぷり務めさせられた。ポスターは40課題で、展示は十分な場所がとれていなかった。ポスターではバイオテクノロジー関係もいくつかあって注目をひいた。

24日のエクスカージョンは、午前中パセリ圃場、キブツ経営のハーブ、スパイスの乾燥工場、オレガノやレモンバームの圃場を見て廻った。5 ha 規模のハーブ栽培は、緑の絨たんを敷いたようで気持ちよかった。キュウリの露地栽培やスイカのトンネル栽培も広大な面積を占めていた。ハーブは120cm 幅のベットに植栽され、機械で年4回位8-10cmの高さで刈取りして行くやり方である。この作り方はオランダの場合と同様である。上記のベット幅に灌水チューブを6本ずつ、延々と張ってあった。刈り取り方式なので、時々液体肥料を施すようにしている。収穫物は乾燥品にする場合と生産者が蒸溜法で精油を抽出して出荷する場合とがあるが、イスラ

エルでは前者の製品が多かった。

高い山はなく、なだらかな丘や平坦地が農地として広がり、モモ、ナシ、オレンジ、ザクロなどの果樹園があるが、森林は少ない。石灰岩の岩盤が露出している位だから、深根性の植物は育たないようである。国の北半分は、ガリレー湖の水を利用して緑の農地が開けている。灌漑の努力に敬服した次第である。

Newe Ya'ar 農業試験場で昼食後、圃場を見て歩いた。芳香植物の栽培と育種に力点をおいており、5 ha の圃場を当てており、オレンジやオリーブの畑より広かった。ついで近くの温室栽培のハーブやハーブ苗生産専門の農家を2軒訪問した。オランダとほとんど同じ種類のハーブが作られており、ここで一括して名前をあげておく。スイートバジル、レモンバーム、マヨラナ、オレガノ、ペパーミント、ローズマリー、セージ等シソ科のものを主とし、アサツキ、タラゴン、パセリ、セルリ（中国種に類似）等がある。意外に少ないが、種内の品種分化がみられる。

カーメル国立公園を通り、古くから住むユダヤ人の村を観光（あわれを感じず）して、地中海に面するハイファの夜景を眺め入った。ハイファはイスラエルで最も美しいリゾート都市といわれている。2時間かけてチベリアのホテルに戻った。

本会の記事としてふさわしくない内容となってしまうが、薬用・芳香植物にも関心をもつキッカケとなれば幸いである。そしてこれらの作物こそ養液栽培にとりこむ価値があると筆者は考えている。別の機会に当研究室で行った仕事を紹介するつもりである（ISHS 薬用・芳香植物セッション、Vice-Chairman）。

第2回ヨーロッパの養液栽培研修視察団報告



堀内 正 美*

第2回ヨーロッパの養液栽培研修・視察団は、1991年9月30日に出発し10月12日に帰国しました。訪問国はデンマーク、ベルギー、オランダでした。本報告はデンマークについて紹介します。

1. 視察スタート

今回のデンマーク視察は、王立獣医農科大学のカールセン先生（国際セミナー「世界を翔ぶ養液栽培 1991年、4月」の講師）にお世話になりました。大学で出迎えた先生は、まず GAMMEL DANSK で我々を歓迎しました。かくして視察は乾杯で始まりました。GAMMEL DANSK は日本の養命酒に似たもので、30種類のハーブやフルーツから造られた酒です。これを飲むと体中に力がみなぎり、深酒の後にこれを少し飲んでおけば二日酔いもしなくなるという誠にありがたいお酒です。土産に買った団員の方も何人かいらっしゃいました。

2. デンマークの概況

デンマークの面積は43,000km²で九州とほぼ同じです。ユトランド半島の他約500の島々から成り立ち、国土は平坦で最高地点は標高172m、60%以上が農地です。人口は510万人ですが、国民の4/5は都市に住んでいます。

表1 デンマークの施設栽培（1989年・ha）

野菜	切花	鉢物	その他	全体
135	50	335	58	578

施設栽培面積は600ha弱で、ほとんどはガラス温室です。作物別には表1のようです。これらの施設園芸はコペンハーゲンのあるシエレン島の西側のフィン島が中心です。

* 静岡県農業試験場

コペンハーゲンで北緯55度とデンマークは高緯度にあり、日射量が少なく、温度も年平均気温8.5℃と低いため、高温性で暖房温度の高い作物や補光の必要な作物はコスト負担が大きすぎ採算がはいません。ですから、野菜や切花の生産は少なく、オランダや南欧などから輸入されています。

一方、温度を必要としない鉢物（カランコエなど）はドイツ、スウェーデン等へも輸出し、最大品目になっています。これらの鉢物生産は大半がピートモス等の培地を利用し、鉢を置いたベンチ内の液面を上下させる方式(ebb/flow)で栽培されています。

表2 デンマークの施設野菜栽培（ha）

トマト	キュウリ	レタス	ピーマン	メロン	その他
62	26	18	7	5	12

また、野菜の施設栽培面積は表2のようです。正確な統計はありませんが、トマトでは50%が養液栽培でほとんどはロックウール栽培です。キュウリは85%が養液栽培で、ロックウール、ポリフェノールあるいはポリウレタンなどの培地耕です。

3. 水質汚染対策

オランダと同様デンマークでも地下水汚染が問題となっており、EC共通政策、北海行動計画などにより国際的な環境汚染対策がとられています。硝酸態窒素は50%排出削減が目標とされ、作物を栽培する場合、施肥計画をあらかじめ政府に提出する必要があります。今回訪問したPKM農場では、露地でクリスマスツリー用鉢物を養液をかん液して栽培していましたが、排出した液は回収して再利用するシステムになっ

表3 デンマークでの視察訪問先

名 称	概 略
デンマーク王立獣医農科大学	デンマーク唯一の農業系大学
クリステンセン農場	ガーデנקレス、クレソンの植物工場
ヨーゲン・シモンセン農場	バラのロックウール栽培
ラスムッセン農場	トマトのロックウール栽培、チューブ式栽培
ルンビホルム農場	鉢物（ポインセチア、ペゴニア他）生産
P KM農場	鉢物（サボテン類）生産
デンマーク生産者協会（DEG）	生産者へのコンサルテーション機関
生産者出荷組合（GASA）	生産者を会員にした販売組織
園芸試験場	農林省の研究所
グロダニア社	グローダンの製造・販売会社
アンデルセン農場	カランコエ栽培、カランコエ苗生産
ベステルガルド農場	バラのロックウール栽培

ていました。

4. 視察先紹介

デンマークでは表3に示した農場、機関を訪問しました。そのうち2つの農場を紹介します。
○クリステンセン農場

これまでも植物工場として広く紹介されている農場で、ガーデנקレス（一部クレソン）を6,000m²の温室で栽培しています。現在の経営主は3代目で、創業は100年ほど前です。

栽培方法は日本のカイワレダイコンににています。培地には床板用のブナの廃材を300℃で高熱殺菌したものを使い、は種から収穫まで夏で5日間、冬で6日間かかります。収穫後は0.5℃で予冷して出荷し、年間900万ケースを主として国内のスーパーへ販売しています。

栽培で特徴的なことは、冬期（10月中旬～4月）に補光をすることと、発芽後に生育を揃えて強い根をはらせるため、7気圧で鎮圧することです。鎮圧作業は数年前まで人力で行われていたようですが、現在は機械化されていました。

○ルンビホルム鉢物生産農場

コペンハーゲン大学医学部をドロップアウトした兄弟が、1.8haの温室でポインセチア、ペゴニア、カンパニユラなどの鉢物を生産しています。訪問時には、さらに1haの移動ベンチ・ロボット利用の新システム温室を増設中でした。

栽培はエプアンドフロー方式の循環式装置（種類によっては鉢の上からの給液もある）で、培

地はロシアから輸入したピートが使われています。生産量は年間400万鉢で85％は輸出しています。

特徴はコンピュータが栽培管理、販売情報管理、人事給与管理など広く利用されていることです。環境制御は炭酸ガス、温度、湿度、光について行われ、コンピュータソフトウェアは自作しています。販売はGASA（生産者出資の販売組織）を通じて販売され、ヨーロッパに張り巡らしたコンピュータネットワークで、誰が何を欲しがっているのかすぐにわかるシステムが確立しています。

暖房は地域暖房が利用されています。石炭火力発電所の余熱を利用するため、近隣の農家と共同で4 km離れた所に公共供給施設を建設してありました。暖房費は石油利用の半分ですみ、年々地域暖房を利用している人が増加しているという話でした。

5. 視察の感想

今回の視察で興味深かったのは、鉢物生産がかなり先端的に経営されていたことでしたが、それ以上に驚いたことは環境保全対策です。資源リサイクルや地下水汚染対策などが農業部門でも現実的な問題として取り組まれ、一部は法的規制も受けるようになっていました。北欧では、それだけ環境汚染が人間にとって脅威になっています。経済的な問題を越えてまでも環境に対する問題を考える決意をしているようでした。

養液栽培研究会「第3回ヨーロッパ研修視察」 に参加して

岡 部 勝 美*



本年2月22日より3月6日までの13日間、筑波大学前教授鈴木芳夫先生を団長に、コーディネータの千葉大学篠原温助教授、神奈川園試佐々木皓二氏ら研究者7名、企業4名、生産者7名の計18名で、オランダ、ベルギー、フランス3ヵ国の研究所、市場、農家等21ヵ所を訪問した。以下はその概要である。

1. オランダ、ベルギーの養液栽培面積

オランダの温室面積は約1万ha、その内野菜で2,500ha(全野菜温室の55%)、花で660ha(同18%)、合計3,160haが養液栽培である(世界第1位)。トマト、キュウリ、パプリカ(ジャンボピーマン)は80%以上が養液栽培で生産されている。ベルギーは野菜温室が3,000ha、花温室が800haあり、野菜温室の50%が養液栽培である(世界第2位)。



図1 オランダ温室作物試験場にて

2. 「環境問題」を考慮した培地作り

栽培システムは両国ともかけ流し式のロックウール栽培が中心である。但しオランダでは環境への影響を重視し、2,000年までに温室栽培の

全てを閉鎖系栽培(肥料成分を温室外に出さない栽培法)とする政策が出されている。これを受けPTG(温室作物試験場)ではロックウール栽培を循環式に転換するための研究(培養液の回収法、殺菌法、調整法、低コストのシステム作り)を進めている。また、圃場に敷いた遮水材の上に砂、ピートなどを置き液肥灌水(液は回収再利用)により菊、球根類などを栽培する方法も検討されている。しかし農家にしてみれば循環式への転換で生産コストが30%増となり、「補助金でもなくてはできない(バラ生産者)」と受け止められ、当面1994年までに30%を循環式に転換するとの行政目標をクリアするのは難しそうな様子であった(93年現在循環式は10数%)。ベルギーのブノア氏(ヨーロッパ野菜研究開発センター所長)は「閉鎖系への転換は大規模温室が1ヵ所に集中しているオランダの特殊な事情」と述べ、専ら使用済みロックウールの回収、処理に問題を感じていた。同センターではその解決方法として、畝数を減らし1スラブあたりの植え付け本数を増やす栽培法、レンガ状に小分けしたスラブに定植しNFT水耕と折衷させた方式などロックウールの使用量を減らす技術を開発している。またブノア氏はポリウレタン培地を推奨した。ポリウレタンは化学的に不活性で型くずれせず蒸気消毒に耐え、ロックウールと同じ使用法で10~15年使用できるとのこと。スラブの価格はロックウールの1.6倍、すでにベルギーでは90ha、オランダでは200ha実用化されている。

3. 苦勞のない培養液管理

地下水が塩分を含むため、ほとんどの農家が温室の横にビニール敷の大きなため池を作り、そこに蓄えた雨水を栽培に利用していた。肥料

* 太洋興業(株)

は硝酸カリなどの単肥を濃厚液で蓄え使用している（不足すると運搬車が来て温室外に開口した供給口より濃厚液をタンクに供給する）。ほとんどの農家がコンピュータ付き給肥装置を持ち、そこに組み込んだ管理ソフト（作物別生育時期別に成分濃度が設定されている）に基づき自動制御している。通常、農家は2週間に1回ないし月1回の間隔で培養液チェックを専門家に委託している。オランダの場合80に分割された地域にサンプリング専門家がいて各農家から試料を集め（1温室でスラブ内約40ヶ所から注射針で採取し1サンプルとする）、BLGG（土壌植物分析センター）などに送る。分析結果をそのスタッフ又は別のコンサルタント業者が、あらかじめ得ている各農家の栽培情報と照らして検討し処方箋をつくり、サンプリング後36時間以内にオンラインで農家に答えている。費用は16成分の分析費、サンプリング費、アドバイスを含み、1サンプル120ギルダー（8,000円）と安い。



図2 トマトのハイワイヤー栽培
（オランダにて、台車に乗っての芽かき作業）

4. 大規模栽培を支える省力機材

各農家の温室はほとんどが1 haを越えている。果菜類は12月に定植し、軒の高さ(4m前後と高い)に張ったワイヤーまで主枝をつるし上げて栽培し（適時つる降しもする。ハイワイヤー栽培と呼ぶ）、翌年11月まで収穫を続ける。生産量

はトマトで1 haあたり400～500トンに及ぶ。この大規模多収量栽培は省力機材なしには成り立たない（養液栽培がその最たるものだが…）。畝間通路に配置した温湯パイプをレールとして自走台車を走らせ、それに乗って収穫等の作業が行われる（図2）。収穫果実は中央通路に設置したベルトコンベアーやモノレールで調整室に送られ、ここで例えばミニトマトでは果色3段階、重量3段階に自動選果され、自動的にパック詰めされる。ベルギーではサラダナが一か所で機械収穫できる、巻き取り式 NFT（野菜研究開発センター方式）とも呼ぶべき栽培システムが実用化されていた（図3）。



図3 サラダナの「巻き取り式」NET栽培
（ベルギーにて、アルミの定植板を巻き取って収穫する）

5. フランスでの視察

INRA（国立農業研究所）でピートなど培地に関する研究を、CNIH（国立園芸試験場）では鉢物、球根の培土試験、底面給液試験などを視察した。さらに大規模苗生産会社を訪問し、年間1億2000万本の苗をプラグシステム、ピートブロック、ロックウールポットなどを用い、つぎ木も取り入れた多様な方法で生産している様子を見学した。

全行程大変充実した内容であった。オランダではPTGのフォーフト氏に、ベルギーではブノア氏に、フランスではINRAのルメール部長に終始めんどろう見ていただいた。農業に詳しい現地通訳氏にも恵まれた。この方々との折衝にあたられコーディネエタの先生、それまでの関係を作られた諸先生方に感謝いたします。



事例紹介

和歌山県の養液栽培について

1. はじめに

和歌山県の養液栽培は昭和40年代後半にトマト、ミツバで湛液循環式水耕方式が導入され本格的に開始された。トマト、ミツバ、カイワレダイコンを中心に普及し、昭和54年には5.4haになった。その後、生産物価格の低迷や、施設費が高いことが要因となって面積の増加は一時的には停止したが、昭和60年代に入るとイチゴ、トマトの品目で、NFTやロックウール栽培など簡易型装置が普及し、昭和62年には8.9haになった。近年はバラのロックウール栽培の増加が著しく、平成4年の養液栽培面積は18haとなっている(図1)。

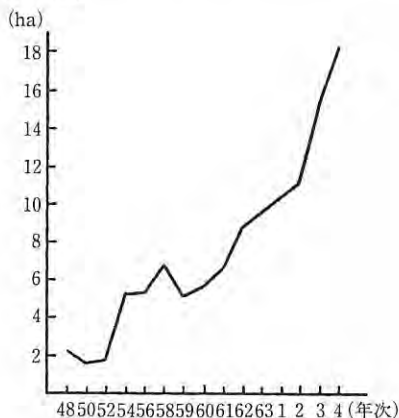


図1 養液栽培面積の推移

ここでは和歌山県における養液栽培の現状と課題及び県養液栽培研究会の活動について紹介する。

2. 品目別栽培面積の動向

平成4年の品目別面積は表1に示したように、

* 和歌山県農業試験場



西 森 裕 夫*

バラが7.4haで最も多く、次いでトマト6.6ha、ミツバ1.8ha、イチゴ1.2haとなっており、この4品目で養液栽培面積の94%を占める。特にバラのロックウール栽培は昭和63年に導入されて以来急速に普及した。新規に計画中のものもあり、今後しばらくは増加が続く見込みである。トマトは昭和60年以後、大玉系やミニトマトにおいて、ロックウール栽培や施設団地における礫耕栽培での増加はみられたが、最近では面積は横ばい状態である。ただ、昭和50年前後に普及した湛液水耕施設が耐用年数に近づいており、栽培方式をロックウール栽培に更新する動きがある。イチゴは平成元年以後、新たな面積の増加はみられていない。これは従来施設費の割合が低い品目としては栽培装置が10a当たり約450万円(ハウスは除く)と高く、さらに土耕栽培

表1 品目別面積と栽培方式
(平成4年、普及所調べ)

		栽培 農家		栽 培 方 式*				
品 目		面積	戸数	水耕	礫耕	砂耕	NFT	RW
〈野菜〉		a	戸					
ト	マ ト	655	54	○	○		○	○
ミ	ツ バ	176	32	○				
イ	チ ゴ	119	22				○	
キ	ユ ウ リ	38	1	○				
サラダ・レタス		23	3			○		
ク	レ ソ ン	17	2	○				
メ	ロ ン	12	1	○				
カ	イ ワ レ	12	5	○				
ネ	ギ	3	1	○	○			
〈花き〉								
バ	ラ	743	54					○
カーネーション		15	2					○
ガーベラ		1	1					○

* 栽培方式で、水耕は湛液水耕、RWはロックウール耕

に比べて収量が不安定なこと等が原因と考えられる。ミツバは最近10年間、面積はほぼ横ばい状態が続いている。他の品目で最近導入されたのはサラダナ・レタスの砂耕栽培である。これらは大手スーパーとの契約栽培であり、収益面では安定している。また、新たな取り組みとして青シソの栽培も試行的に行われている。

3. 栽培の現状と課題

(1) トマト

作型は半促成＋抑制の年2作型が中心になっており、一部には促成長期作型もみられる。経験年数豊かな栽培農家が多く、栽培装置や培養液管理を含めた栽培管理は個々に創意工夫している例が見られる。一部栽培経験の浅い農家では栽培が不安定な面もあるが、普及所等の指導により徐々に安定しつつある。大きな問題点は少ないが、今後の課題として次のことがあげられる。

- ①高温期の栽培管理技術：抑制作型での栽培をいかに安定させるか（特に播種時期が早い場合）、ロックウール栽培での尻腐れ果の防止技術など。
- ②栽培管理の省力化
- ③促成長期作型での草勢維持方法

(2) イチゴ

栽培方式は全て NFT である。栽培面積が伸び悩んでいる原因のひとつは収量が土耕にくらべてやや少ないことである。農家によっては4条植えベッドを導入し、栽植本数を土耕の1.5～2倍にして単位面積当たりの収量を確保している。反面、4条植えベッドは株数が多いため、育苗や古葉の除去等の管理作業に手間がかかる欠点もある。品種は“女峰”が60～70%で、残りが“とよのか”であり、養液栽培では低温期に草勢の強い“女峰”の方が栽培は容易である。品種の選定は現状では土耕に準じているが、今後養液栽培に適した品種の選定が必要であろう。収量の増加は最も大きな課題で、そのためには培養液管理方法、育苗法など総合的に現在の栽培管理方法を改善する必要があると思われる。また、CO₂施用等の新技術も今後導入を図る必要があらう。なお、CO₂施用については昨年度ある農家

（品種は“女峰”）で試験したところ、約30%の増収効果が認められた。

(3) バラ

近年、バラのロックウール栽培が急速に面積拡大している要因は、土作りが不要、管理が省力的、品種更新が容易等々土耕栽培と比較しての有利性が多く、加えてバラの収益性が高いことであろう。栽培農家は土耕からの転換、トマト等の養液栽培からの転換、新規に施設園芸に取り組む農家など導入の経緯は様々である。なかには従来の土耕を全てロックウール栽培に更新した農家もある。樹の仕立て方法はアーチング方式と従来の方式があり、約50%づつの割合でみられる。多数の品種が栽培されていることもあり、今後品種特性に応じて樹形の管理方法や培養液管理等を改善していく必要があらう。

(4) その他の品目

ミツバでは栽培技術よりも省力化や栽培経費の低減などが課題である。市場価格面では以前のような魅力が少なくなったため、ミツバに代わる新品目を模索している農家もあるが、新品目の開拓は困難であるのが現状である。葉菜類についてはサラダナに見られるように契約的な販売方法を開拓していくのも今後の一つの方向であろう。また、試行的に行われている青シソ等では養液栽培での管理方法が不明な点も多く、今後の検討が必要である。

4. 県養液栽培研究会の活動

和歌山県養液栽培研究会は昭和62年に栽培農家の発案により、相互の情報交換や技術向上を目的として発足した。会員は栽培農家で平成4年度現在67名あり、栽培品目も多岐にわたっている。研究会の活動は総会、講師を招いての研修会、現地見学会、品目別の分科会等を主とし、会員への研究や資材等の情報提供も行われている。栽培農家自身さまざまな工夫や試験的栽培も行っている例が少なくなく、研究会活動の中で情報交換が活発に行うことにより、農家の経営や栽培技術向上の面で得るもの大きいと思われる。今後は会員の幅をさらに広げ、より有意義な研究会に成長することが期待される。

薬用植物の養液栽培

— 高付加価値作物の模索 —

はじめに

最初におことわりしておきますが、薬用植物についてはまだ技術も経営も確立しているわけではありません。本稿は暗中模索からやっと抜け出した、いわば中間報告のようなものです。

10年あまり前、石油化学会社の企画部にいた私は新規事業を模索しておりました。当時既に高度成長時代は幕をおろし、めばしい大型商品は出揃い、僅かにファインケミカルス（精密化学品：医薬、色素、香料等）にまだ可能性が残されているかなという状況でした。

丁度その頃高辻氏（日立 基礎研、現東海大）らが「植物工場」という概念を提唱されていました。「ウン これは面白そうだ。栽培技術は水耕栽培らしい」というので参考書をあさりに出かけたところ並木氏（当研究会副会長）の訳書（野菜の水耕栽培 養賢堂）を見つけ、たまたま同期生の間柄だったので相談に出かけたわけです。

以上のように、いわば「工業」「企業」の立場から始めましたので、トマトもミツバも解らないまま変なものに取り付かれてしまったわけです。諸般の事情もあり企業としては計画を放棄しましたが、どうしても未練が残り、3年前に脱サラして細々と研究（というのもおこがましいレベルですが）を続けております。

なぜ薬用植物か

「工業」「企業」の立場から発想しますと、当然減価償却費、金利、工業並の労務費等を支払った上で事業として成立する作物が対象になります。オランダのようにすべて ha 単位の国には程遠いわが国の養液栽培の現状から考えると、かなり高付加価値の作物でなければ新規参入して



四 方 恒 生*

も採算が取れそうもありません。

例えば、エンダイブ、コールラビ等新しい西洋野菜、エンツァイ、コウサイダイ等中国野菜などは販売ルートさえしっかりしていれば経営的に成り立つと思います。全部とは言いませんがかなりのものは NFT でもロックウールでも湛水式でも市販の装置でうまく出来るようです。

色素や香料の原料植物にも高付加価値のものが沢山あります。これらのものは野菜とは異なり抽出、精製して製品になるものですから、一方で恒に組織培養の動向を見ておく必要があります。

さて、本題の薬用植物です。現在は山地森林からの採集、露地栽培、しかも大半は輸入に頼っています。従って、量的にも質的にも価格的にも毎年の変動が大きく、製薬会社は困っているようです。また、ある種のものは資源として枯渇の心配もあると聞いています。どうしても安定供給技術を確認しておかなければ毎年10%以上伸びているわが国の需要をまかないきれない可能性があります。

一口に薬用植物といっても何百種の植物があり、「草」あり、「木」あり、「葉」あり、「実」あり、「根」あり、千差万別です。私が手掛けているのはほんのひとにぎりのものに過ぎません。その中からいくつかの例を簡単にご紹介しましょう。

葉を利用するもの

よく知られているものに収れん性下痢止めとして用いられるゲンノショウコ、鎮痛剤、鎮けい剤のペラドンナ、強心利尿剤のジギタリスなどがあります。いずれも園試処方、EC2前後でうまく育つようです。ペラドンナのように根も利用したいのでなければ市販の NFT 装置でも

* (株)シグマ研究所 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口659

よいでしょう。ジギタリスは土耕の場合移植時に少しでも葉に土がかぶっていると大きく生育を妨げるといわれています。その意味では養液耕に適しているともいえましょう。また、花が美しく、こちらに注目している人もいますが、私のところではまだそこまで到っておりません。

花や実を利用するもの

発汗、駆風薬に用いられるカミツレ(カモミール)、血行障害、冷え性に用いるベニバナ、芳香性健胃剤、去たん剤に用いるウイキョウ(ハーブでいう Sweet Fennel とは少し異なる)、緩下強壯、利尿剤に用いられるエビスグサなどがあります。カミツレは強い植物でどんどん繁茂、開花してくれるのはよいのですが、毎日2 cm 位の小さな花を採取する手間が大変です。ベニバナ、ハトムギは草丈が徒長しがちで、分けつ、分枝が少なく、花、実の収量をいま一歩改善する必要があります。エビスグサ、似たような植物でハブソウは黄色の花が咲き、やがて20cm 位の鞘がぶらさがってきます。この中の実を利用するわけですが夏期の室温、特に30度を越える液温に耐えてくれる奇特な植物です。

根を利用するもの

有名なチョウセンニンジン(正式にはオタネニンジン)、肝機能を調整し解毒、解熱剤に用いられるミシマサイコ、浄血、鎮静、強壯薬に用いられるトウキなど比較的高価なものが沢山あります。収穫、調整の作業性を考えると是非養

液栽培、植物工場的センスで生産したいところですが、一般に養液栽培は根ものには適さないといわれているだけあってなかなか一筋縄ではいきません。土と違って石などの邪魔物が無いのでさぞ立派な主根が採取出来るだろうと湛水式装置でやったところ、素人の甘い期待は見事に打ち砕かれました。主根はねじくれ曲がって細根ばかり多く全く商品価値がありません。野菜のニンジン、ホウレンソウをやっても同じような結果です。多分理論的にも説明がつくのでしょうが学問的追求は私の任ではありませんので、以後、装置と条件を全くの Try & Error で検討し、最近やっと「まあまあ、それらしいもの」が得られるようになってきました。

薬用植物といえるかどうか解りませんがニンニクは市販の装置でうまく出来るようです。

おわりに

最後に肝心の薬効成分について一言。手掛けた薬用植物すべてを分析したわけではありませんが条件を間違えなければ大丈夫のようです。生薬の分野ではまだ解っていないことが多く、薬効成分を単離し、混合して服用しても植物体の薬効は再現しないものが多いようです。従って、匂い、光沢、しなやかさ等五感試験に合格するようなものを作ることが第一歩になります。

以上、とりとめのない報告になりましたが特殊なもの(薬用植物には限らない)を手掛けておられる方とは是非交流を持ち、お互いの研究効率を上げてゆきたいと考えております。

ガーベラの養液栽培

— 高梨健一氏の事例 —

神奈川県平塚市田村4523—2で、ガーベラの

* 神奈川県平塚農業改良普及所



青柳 伸一*

養液栽培に取り組んでいる高梨健一さん(34才)の事例を紹介する。

1. 栽培者の概要

- ① 栽培面積 ガラス温室 2棟2475m²
- ② 品種 サルサ(赤), ランバダ(オレンジ), デルフィ(白), バレンタイン(桃), 他約20品種. 全体の50%がピンク系で赤, 黄の割合を高くしている.
- ③ 作型 通常は図1のとおりであるが, 真夏以外は植付け可能なので, 植付け適期以外でも品種の入手に合せたり, 市場価格が下がり採算があわなくなると随時植えかえる.
- ④ 労力 本人, 妻, パート 6人, 計 8人



図1 作型

2. 栽培の経過

1983年にガーベラの土耕による栽培を始めた。当時は市場価格も良く、経営は順調に推移したが、4年目位から疫病が発生し始め、栽培面積の30%以上が罹病するようになった。この為、土耕栽培を続ける事は困難と考えて、養液栽培の導入を検討した。ガーベラでの実績はなかったが、トマトやキュウリの事例を参考にして、1989年にロックウール栽培を始めた。

3. 栽培の概要

ロックウール栽培システムは、誠和式を採用している。野菜栽培で実績があったことと、ランニングコストが安いことが選定にあたっての大きな理由である。

ロックウール栽培を始めるに当たって、井戸水を分析したところ、pHが7を越えており、CaOが多かったため灌水には使えないと判断し、当初から水道水を使用している(表1)。

表1 ガーベラの養液分析結果 92.12

	pH	EC	Ca	Mg	K	P	N
井戸水	7.3	0.42	5.7	1.9	0.9	0.1	1.4
灌液	6.7	1.7	9.3	5.4	6.1	3.0	21.0
マット	7.1	1.7	4.1	4.8	4.3	2.1	23.8
排液	7.0	1.3	4.7	3.9	4.0	2.3	20.1

単位 me

作型は図1のようである。5月下旬に苗を導入し、キューブ内で約4週間養成してからマットに乗せる。6月下旬には定植が完了することが望ましい。定植後30日で開花するが、株づくりのため8月下旬まで摘花をし、9月下旬から採花を始める。その後、1年から3年間収穫を続ける。花芽1本につき葉を4枚くらい残すようにして、余分な葉は取り除く。特に株元に十分光が入るように管理している。通常1株に4～5芽付いているので、葉数が16～20枚くらいを維持するように手を入れている。

植栽方法は図2のとおりである。90cmベット

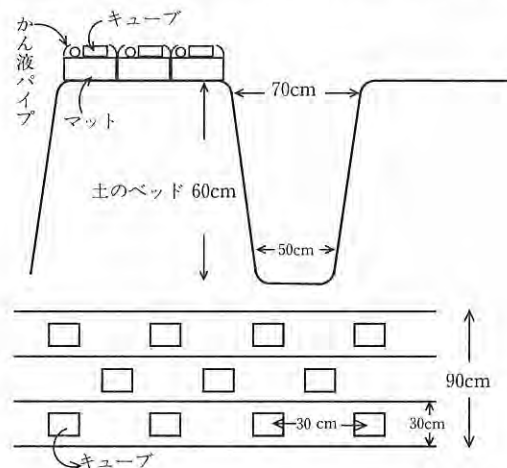


図2 植栽方法

に3条植えて、株間30cmのちどりに植付けている。この方法で、坪当たり18株入る。植付け当初は、葉面積が少ないため、ロックウールマット内の温度が高くなることもあるので遮光等で温度の上昇を防いでいる。ロックウールマット内の温度を冬は高く、夏は低く保つ事が望ましいので、土のベットを作り、その上にマットを敷いてみた。

養液管理は、pHとECを特に注意してチェックしている。pHは6.2を目安としている。通常は月1回簡易pHメーターで調べているが、定植後1ヵ月間、あるいは季節の変わり目は週1回くらいの頻度で調べている。

pHが高い場合は、pHダウンを使って6.5以上にならないようにしている。ECは、夏は1.2、冬は2.0にセットしコンピューターで自動制御し

ている。夏は蒸散量が多いので、うすい灌液をたくさん流すようにしている。ECは目標値よりも多少前後しても生育に影響はないが、pHは7を越えると確実に生育が悪くなる。このため、pHを上げないようにするのが、養液管理の最大のポイントである。要するに、日射量と蒸散量を常に念頭において管理することを心掛けている。

ロックウール栽培の長所は、①生産性が高いこと（土耕よりも20～30%多収）②ベンチ栽培なので作業性が良いこと（収穫、葉の整理などの管理が無理のない作業姿勢で出来る）③改植作業が効率的であること（品種の切り換えが迅速に行える）などの点である。反面、短所は生産コストが高くなることである。水道代が約2,000円、肥料代が約8,000円かかる（年間坪当たり）。この他に、ロックウール設備の償却負担が上乗せされる。

4. 問題点と今後の方向

ガーベラの切り花価格が高かった時代は収益性は十分高かったが、今の価格では経営を維持することが困難なので、いっそう良品生産に取り組むと共に、生産コストを下げることに取り組んでいる。現在、高梨さんが取り組んでいることは、市販の液肥から自家配合の液肥に切り換えていくことである。これにより肥料代が約40%節減される。

また、個人の生産者が他の産地と競合せず、市場で一定のシェアを占めるためには、希少性の高い品種や、他産地で栽培されていない品種を積極的に導入し、消費ニーズに対応した経営を進めていく必要があると考えている。そのために、ロックウール栽培の生産性の高さ、作業性の良さを十分活用して、良い品物を生産していくことを当面の目標としている。



海外文献の紹介

イチゴの水耕栽培で異なるキレート鉄を加えた場合の鉄栄養

J. J. LUCENA, A. GARATE, A. M. RAMON and M. MANZANARES (1990) Plant and Soil 123 : 9-15.

微量要素のキレートは、植物に金属イオンを与えるとときに微量要素を運搬する役割を持っている。キレートの効力は、培地中の安定度や反応性、そして植物の金属イオンの吸収能力に大きく依存している。これまでの研究で、植物中の鉄の栄養状態を評価するために鉄の含有量以外にも、植物体中のP/Fe比やFe/Mn比が良い指標になることが明らかになった。

本研究では、水耕栽培したイチゴにFeをMn, Cu, Znと同様に異なったキレートとして与えたときの効果について調査した。また鉄の栄養状態の指標となる比率についても検討した。

イチゴ“Douglas”を人工気象室（温度25/15℃、昼/夜、湿度70～75%）で砂耕栽培した。5 kgの石英砂を入れたポットに培養液を1.2リットル加え、1ポットに3個体定植した。培養液のpHは最初に6.8に調整し、減少分は1日おきに脱塩水を加えた。また培養液は1週間毎に更新を行なった。微量要素の処理は、以下のように3種類行なった。①Fe, Mn, Cu, ZnをすべてEDTAとして加えたもの。②Fe-EDDHA, Mn-HEEDTA, CuSO₄,

ZnSO₄を加えたもの。③FeとMnをポリフラボノイドとし、CuSO₄, ZnSO₄を加えたもの。収穫は定植後、4, 7, 11, 13週間目に行なった。そして、葉及び維管束組織の多量元素と微量元素を測定した。

培養液中の鉄濃度はFe-EDDHAが栽培期間中もっとも安定しており、ついでFe-EDTA, Fe-Polyflav.となった。これは、処理①と②では更新前の培養液のpHが7.3～8.0となっており、このpH範囲におけるEDTAの安定度がEDDHAよりも低いのが原因と考えられた。植物体の新鮮重は処理②がもっとも大きくなり、処理①は②よりも小さかった。処理③は最も新鮮重が小さくなり、外観ではクロロシスが見られた。葉中のマンガン濃度は、鉄濃度が増加すると減少する傾向が見られた。銅と亜鉛においては、鉄濃度の変化に対応する反応は見られなかった。茎の汁液中の鉄濃度も処理による変化は見られたが、葉の鉄濃度の変化よりも差は小さかった。定植11週間目の処理②の葉中Fe/Mn比は、処理③の10倍に、そして処理①の2倍になった。

以上の結果から、イチゴの水耕栽培においてFe-EDDHAは植物に鉄を安定して供給するための最も良いキレートであることが明らかになった。また、葉中のFe/Mn比は、イチゴの鉄栄養状態を知るための良い指標になることが示唆された。

（大阪府立大農学部 蔬菜学研究室 岡 准慈）



研究の紹介

促成キュウリに対する電照の効果



古 藤 英 司*

はじめに

11月上旬に定植する促成栽培では、定植後しばらくは栄養生長型の生育を示すが、収穫開始期から、それまでの短日条件に低温条件が加わり、生殖生長型の生育を示すようになる。その後収穫量が増えるに伴って草勢が衰え、節間伸長が抑えられ、甚だしい場合は心止まりになる。

最近のキュウリ品種は、草勢がやや弱く、果形の安定した品種が主流であり、なおかつブルームレス台木に接ぎ木される場合がほとんどであることから、2月以降の草勢の低下が顕著になっている。2期作の場合は、側枝先端の伸長が鈍化し、果実の形状が悪くなった頃が改植期になるが、長期1作栽培での心止まりは収量に大きく影響し、問題である。

そこで、草勢維持対策の1つとして電灯照明による長日処理の効果について検討した。

仕立て法と電照法

徳島県での主要な仕立て法である側枝誘引する下げ方式で試験を行った。主枝は16節で摘心し、第5、第6、第7節から発生した子づるを放任して後に誘引した。誘引しない子づるは1節で摘心し、第15、第16節から発生した孫づる2本は放任して後に誘引した。誘引した5本の側枝は、先端部の節間伸長にしたがって生長点部を30~40cm下ろして誘引ひもに止め替えた。

電照は主枝の最上端(摘心位置)の上約50cmの所に、6 m²当たり1個の割合で60Wの電照用白熱電灯を設置し、1時間に7~10分の照明で午後5時から翌朝6時まで行う間欠電照とした。

* 徳島県立農業試験場海南分場

電照開始時期は側枝での収穫開始時期とし、2月20日に電照処理を打ち切った。

電照が側枝の伸長に及ぼす影響

電照することで側枝の伸長が促され、図1に示したように、特に上位節から発生した側枝の伸長に大きな差がみられた。側枝の節数は側枝の伸長と同様の傾向であり、電照することで節数は増え、1株当たり20節以上多かった。側枝の節間長は、下位節から発生した側枝ではほとんど差はないものの、上位節から発生した側枝では明らかに電照することで長くなった(表1)。

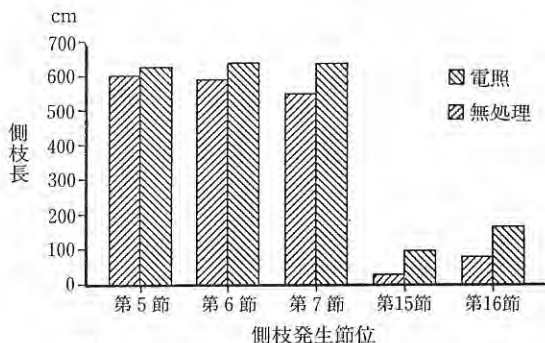


図1 電照処理が側枝の伸長に及ぼす影響

表1 電照処理が側枝の節数と節間長に及ぼす影響

項目	処理	側 枝 発 生 節 位				
		第5節	第6節	第7節	第15節	第16節
節 数	電 照	54節	51節	50節	15節	19節
	無処理	51	46	46	8	14
節間長	電 照	11.6cm	12.5cm	12.7cm	6.4cm	8.5cm
	無処理	11.8	12.8	11.8	3.5	5.5

電照が収量、品質に及ぼす影響

2月中旬までの収量には差はないが、図2のように2月下旬から差が現れ、4月30日までの総収穫本数では電照することで多くなった。外觀の品質には差はなかった。

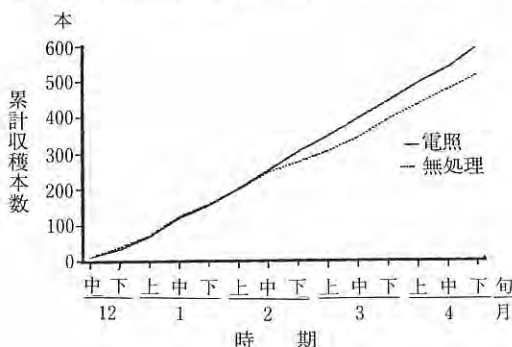


図2 電照処理が累計収量に及ぼす影響

まとめ

別に検討した子葉展開時からの電照処理では、電照しないのに比べて胚軸や節間の伸長は明らかに優ったが、雌花着生率は低下した。また、主枝での収穫が始まる時期に電照を始めると側枝の伸長は旺盛になるものの、側枝での果実肥大が遅れて増収効果はないという結果を得てい

る。

今回の試験のように、生育途中からの、しかも雌花着花性が安定した時期からの間欠電照では、雌花着生率が低下することなく、側枝の伸長が旺盛になった。そのため電照の開始時期は、低温短日条件をある程度経過し、生殖生長に傾きかけた頃が適当であると思われる。

試験中に心止まり株はなかったが、収量差は電照処理期間中には現れず、処理終了後に現れるという興味深い結果を得た。これは、先に述べたように通常、草勢の衰えが外見上判断できるのが2月中旬以降であるため、2月中旬以降は無処理区では担果力が低下したのに対して、電照による長日処理をすることによって生殖生長に傾く生理的な高まりを抑えることで担果力を保持できるものと思われる。

促成キュウリの長期1作栽培での草勢維持対策は生産現場でも研究が進み、成果を上げているが、低温、短日期の長日処理も草勢維持対策の1つと考えられる。しかしこの試験は、照度、電照時間ともイチゴの電照栽培に準じて検討したため、キュウリに対する効率的な電照法については今後の研究を待ちたい。

トマト尻腐れ症の研究の展望

1. はじめに

トマト果実の尻腐れ症が果頂部の局所的なカルシウム(Ca)欠乏であることはよく知られているにもかかわらず、今なおこれが問題になっているのは、根によるCa吸収およびCaの果実への移行と各種環境要因との関係が十分に解明されていないことと、断片的にしるこれらの知識

* 三重大学生物資源学部

橘 昌 司*



が生産者に十分に伝わっていないことに主な原因があると思われる。そこで、本誌にはややすぐわない内容になるかも知れないが、Caの体内移動の問題を中心に尻腐れ症(以下、尻腐れ)の発生要因の解説と、併せて今後の研究の展望を試みた。

2. 尻腐れの発生しやすさの品種間差異

尻腐れの発生しやすさに品種間差異があるこ

とはよく知られているが、その理由は詳しくは研究されていない。Greenleaf らは Ca の吸収や果実への移行の難易と低 Ca 濃度に対する果実組織の感受性の違いが品種間差異に関連しているとしている (表 1 参照)。

表 1 トマトの系統による尻腐れ症発生程度の違い^z (Greenleaf ら, 1969)

培地 Ca レベル	系統	尻腐れ症 発生率(%)	果実の養分含有率(%)		
			Ca	Mg	K
22ppm	AU-1	1.2	0.093	0.167	3.20
	AU-2	41.8	0.054	0.134	1.92
	AU-3	14.6	0.043	0.156	2.81
161ppm	AU-1	0.0	0.116	0.171	3.42
	AU-2	17.3	0.121	0.144	3.02
	AU-3	1.7	0.086	0.152	3.15

^z ピート：砂の培地に培養液を灌液。第 1 果房開花期から処理液を灌液

前者の要因はもともと環境条件の影響を強く受ける性質のものであるので、彼らの指摘が正しいとしても、この要因が絶対的なものか、または環境条件の影響の受けやすさを介した間接的なものであるかの整理が必要であろう。さらに、果実への Ca 移動の難易については果柄の離層形成部周辺の維管束の発達程度も検討課題であると思われる。

一方、後者の要因は非常に興味深い問題であるが、具体的なことは何も分かっていない。ミニトマトは大玉品種で尻腐れが多発する条件下でもあまり発生しない (表 2) が、ミニトマト

表 2 培養液の種類とミニトマトと大玉トマトの尻腐れ症発生率 (橘, 未発表)

培 養 液	尻腐れ症発生率 (%)					
	第 1 果房		第 2 果房		第 3 果房	
	ミニ	大玉	ミニ	大玉	ミニ	大玉
ホーグランド液 (1/3倍)	0	0	0	0	0	0
低 Ca 濃度培養液 ^z	0	40	3	40	3	18
N 源：硝酸アンモニウム	0	40	3	60	0	9

^z Ca 濃度は 0.26mM/l.

は果実細胞の Ca ストレス感受性が小さいように思われる。この問題については、果頂部組織の Ca 代謝を含めて、Ca 欠乏した果肉組織の生化学的研究が望まれる。

この場合、いかなる生化学的变化が尻腐れの発生につながるかをまず明らかにする必要がある。

3. 季節による発生率の違い

夏季に尻腐れが多発する培地条件を与えても冬季にはなかなか発生しないことが多い。尻腐れが夏季に多発する理由は十分には解明されていないが、夏季には果実の肥大が早いことのほかに、培地温度、光強度、空気湿度など種々の環境要因が複雑に関与している可能性がある (表 3)。光強度の影響については、強光下では細胞の Ca 要求性が高まるのが他の植物で認められており、生理学的にも興味深いテーマである。また、培地の高温の影響については、根組織の細胞壁のズベリン化との関連など生理学的な機作の解明が残されている。いずれにしても、効果的な尻腐れ対策を立てるためにも、夏季に尻腐れが発生しやすい理由を明らかにすることは意義が大きい。

表 3 培養液温度と受光量がトマト果実の尻腐れ症発生率に及ぼす影響^z (橘ら, 1992)

処 理 区	尻腐れ症発生率 (%)		
	第 1 果房	第 2 果房	第 3 果房
液温放任 (対照区)	69.0	63.0	50.0
液温 35℃	80.0	100.0	100.0
液温放任・白色寒冷紗被覆	39.3	17.3	24.1
液温 35℃・白色寒冷紗被覆	63.3	76.9	40.0

^z 培養液の Ca 濃度は 0.5mM/l.

4. 空気湿度との関係

空気湿度が Ca の吸収や体内移動、引いては尻腐れの発生に密接に関係していることは間違いない。しかし、いかなる湿度が尻腐れの発生を助長するかという問題については、相反する実験結果が報告されていて十分に整理されていない (表 4, 図 1)。恐らく、日中の多湿や夜間の乾燥は Ca の吸収や果実への流入に対してマイナスに作用し、夜間の多湿または日中の乾燥はそれにプラスに作用するというように、湿度の影響は日中と夜間で異なり、プラス作用とマイナス作用の影響の大きさによって尻腐れの発生が決まるのではないかと思われる。この問題につ

いては、既往の研究結果を詳細に検討した上で、空気湿度と尻腐れの関係を矛盾のない形で整理する必要がある。ハウスの空気湿度の正確な調節には相当な困難を伴うが、湿度以外の要因も含めた総合的な要因解析の研究が望まれる。

表4 空気湿度がトマト果実の生長とCa含有率に及ぼす影響^z (Banuelos ら, 1985)

相対湿度 (%)	果実重(g/個)		Ca(乾物%)		K(乾物%)	
	新鮮重	乾物重	頂部	基部	頂部	基部
93±2	31.4	3.1	0.058	0.063	5.77	4.79
53±2	26.4	2.6	0.065	0.072	6.05	5.73

^z オガクズ培地。高湿度区では尻腐れ症はほぼ100%発生。

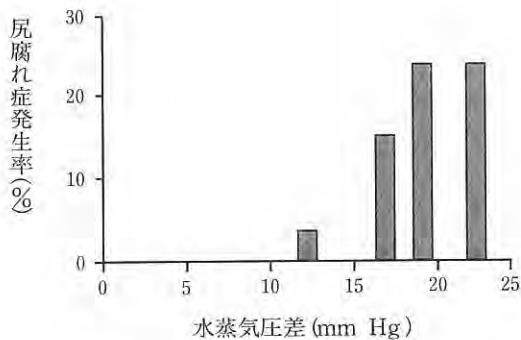


図1 トマト果実の尻腐れ症の発生率と空気湿度の関係。水蒸気圧差は6月16日に、発生率は6月26日に、それぞれ測定。(Gerard ら, 1968)

5. 根域酸素との関係

根域酸素については、それが不足しないように不断の注意が払われているが、夜間は呼吸が日中に比べて小さいという理由で、一般的には日中ほど頻繁には通気されない。しかし、夜間に根域の酸素が不足すると、Ca吸収量が抑制されるとともに、根圧が低下してCaの地上部への移行、引いては果実への移行が抑制される結果、尻腐れが多発する(表5)。このように夜間における根の酸素不足は尻腐れの発生を引き起こすので、特に夏季高温時には夜間にも十分な通気を行うことが大切である。研究上の問題点としては、この間の事情を定量的に把握することであろう。

表5 昼間または夜間の通気停止が水耕トマトの尻腐れ症発生率に及ぼす影響^z (橘, 1988)

通気処理		発生率 (%)		
昼間	夜間	第1果房	第2果房	第3果房
通気	通気	8.0	10.2	2.6
通気	無通気	88.9	93.0	54.5
無通気	通気	31.3	39.1	0

^z 培養液温度 日中最高:32℃, 夜間最低:21℃

6. 培養液のケイ酸濃度との関係

培地面の問題点の一つは、尻腐れの発生とケイ酸栄養との関係についてであろう。ケイ酸は必須元素ではないが、葉の表面に沈積して葉からの蒸散を抑える働きがあることから、ケイ酸施用が尻腐れの発生を抑える可能性が指摘されている。効果がないとする報告もあるが、幾つかの実験ではケイ酸施与の効果が認められている(表6)。用水中のケイ酸濃度は地域によってかなり異なるようなので、そのことも考慮してさらに追試すべき課題であると思われる。

表6 培養液のケイ酸濃度がトマトの尻腐れ症発生率に及ぼす影響 (青木ら, 1977)

培養液濃度(ppm)		莖葉乾物重	尻腐れ症発生率
Si	Ca	(g/株)	(%)
0	23	26.6	85.7
0	83	34.5	33.3
253	23	29.9	20.0
253	83	35.2	0

7. 着果ホルモンとの関係

体内でのCa移動とオーキシンの逆方向への移動が相互に関係していることが、トマト果実を含む多くの系で認められている。Bangerthは、ジベレリン(GA₃)や4-クロロフェノキシ酢酸(4-PCA, トマトトーンの主成分)の果実処理によって、果実のCa含有率が低下することを認めている(図2)が、これらの着果ホルモンは、果実からのオーキシンの拡散移動の阻害(および果実肥大の促進?)を通して、Caの果実への

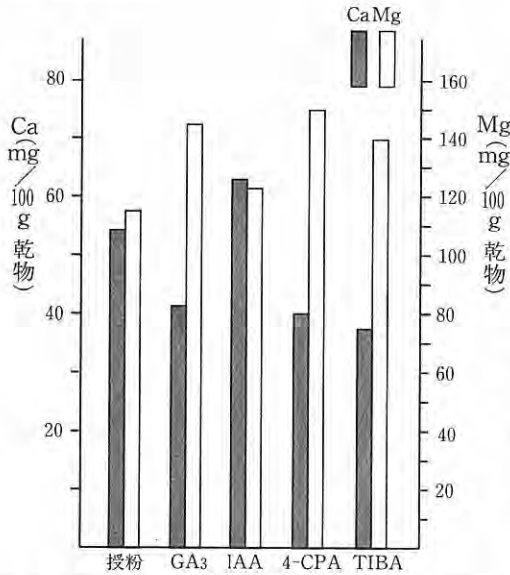


図2 各種の植物ホルモンで単為結果したトマト果実の成熟期におけるCaおよびMg含有率 (Bangcrth, 1976, 一部省略)

流入を阻害する可能性がある(図3)。今のところ、着果ホルモン剤によって尻腐れ症が多発したとする直接の証拠は報告されていないが、その可能性は十分にあると思われるので、この点についての基礎・応用の両面からの研究が望まれる。

8. おわりに

以上に述べたように、尻腐れの発生要因は多岐に亘り、残されている問題も少なくない。まだ未知の発生要因がある可能性も残されているが、個々の発生要因はかなり明らかにされているので、今後は、これらの発生要因の組み合わせによる定量的な要因解析研究を展開する必要がある。この研究の推進には、できるだけ多くの環境要因や生体情報をリアルタイムに計測し評価する手法や高度な環境調節室の開発が前提条件になるように思われる。

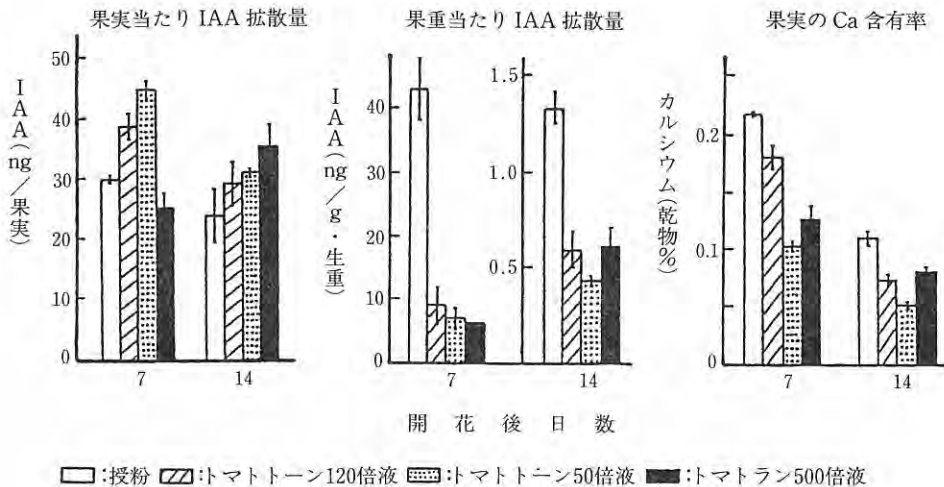


図3 トマト果実からのオーキシシン拡散量に及ぼす着果ホルモンの影響 (橘ら, 1990)

プホースを設置して、培養液を施用します。トマトなどの果菜誘引栽培用ベットは、幅が6 mと広いためにホースを2 m 間隔で3本設置します。ポリエステルシートに染みわたった後の余分な培養液は、3 %の勾配をつけたドレーンを通じて集液タンクに回収され、必要に応じて再度培養液として利用します。また、降雨の際に集液タンクが一杯になると、オーバーフロー分を直接雨水貯溜タンクに貯え、必要に応じて培養液タンクに供給して雨水を利用します。



図2 露地水平養液栽培システムにおけるトマトの地下部

(黒シート、ポリエステルシート、白シートの順に敷かれ、根は主にポリエステルシートの下に発達している。チューブは培養液施用のための給液パイプ)

水平養液栽培システムの特徴は？

このシステムは、最初施設内での使用を目的に開発されましたが、その後露地用に改良されました。このシステム自体の特徴をあげると、次のようになります。

- 1) 構造が単純なため設置しやすく、NFTやロックウール栽培よりも建設コストが安い。
- 2) 栽培密度の異なる果菜類と葉菜類を同じシステムで栽培できる。
- 3) 根域培養液中の溶存酸素濃度は80%以上で、生態的に健全なため病気が発生しにくい。
- 4) 培地（ポリエステル）の量を少なくして

も、収量は低下しない。

5) ポリエステルは3～5年間使用が可能。

6) 循環式のため、地下水を汚染する心配がない。

露地栽培での成果は？

作夏のヨーロッパは、好天（雨がなく、日射量も多かった）が続いたため、作物の出来は土耕でも一般に良好のようでしたが、水平養液栽培のトマト（5月中旬定植、6月末より収穫開始）の生育は土耕より良好で、露地のトマトとは思えないほどでした（図3）。

露地栽培での養液栽培の利点を要約すると次のようになります。



図3 水平養液栽培による露地でのトマトの生育状況（1992年9月撮影）

1) 全ての作物で、10～14日間収穫が早まり、長期間収穫できる。2) 収量が土耕に比較して20～40%増加する。3) 外観、内部品質、日持ち性が高まる。4) かん水量を少なくすることができる。5) 農薬（土壌消毒剤）の使用禁止への対抗手段となりうる。

ドイツと日本では、自然条件や社会的背景が異なるために、ドイツでできることをすぐに日本に導入することは出来ませんが、露地での養液栽培の取り組んでいる例があるということを、参考にしていただければ幸いです。

なお、このシステムは、東西ドイツ統一による機構改革でGrossbeerenの野菜試験場内に設立された民間会社（会社名：GEFOMA GmbH, 住所：Theodor-Echtermeyer-Weg 1, O-1722, Grossbeeren, Germany）が取り扱っていますので、興味のある方は直接ご連絡ください。



新製品の紹介

カネコ HIGH & LOW PONIC



岡田 美和子*

1. はじめに

カネコ HIGH & LOW PONIC (以下 H&L) は、花き鉢物栽培の灌水省力化だけを目的としたプラントではなく、花き鉢物栽培のシステム化を提案するものであります。

鉢物の灌水法は、鉢あるいは植物の上面から灌水する上部灌水法と、鉢の底面から灌水する底面灌水法に大別され、それぞれの方法により、作物の生育に与える影響は異なっています。灌水は、各鉢に過不足なく水を補給すること、過湿害・養分の流亡・病気の発生などを抑えることを考慮した方法がより植物管理に望ましいと思われます。そこで、従来の大規模生産、省力化生産の手段とされる、**腰水灌水**による灌水システムを紹介させていただきます。シクラメンの栽培風景は図1に示すとおりであります。



図1 H&L PONIC 栽培風景

2. 栽培システムの特徴

(1)灌水方法は、**プールタイプの腰水灌水法**です。

1 プールが幅180cm、奥行き90cmで、ベンチにこのトレーを並べていきます。腰水の水位を5mmから25mmまで変更することができますので、鉢・フラワーコンテナ・セルトレーなど大きさにこだわることなく、均一に灌水することができます。鉢広げも自在に可能です。

(2)給水方法は、**間断給水**です。

各トレーへの給水は、マイクロチューブで行います(図2)。このチューブは、奥行き30mのベンチでも均一な水量を各トレーに供給することが可能です。排水は、サイフォン現象を利用しており、電気的な制御を必要としません(図3)。灌水のための1次給水をし、滞水した後、2次給水により排水させる方法をとっています。排水後、1トレーに残る水量は、約400cc程度です。



図2 給水部

* カネコ種苗(株)



図3 排水部

＝オプション＝

(3)肥培管理

液肥を循環して再利用する栽培が可能です。私どもは、野菜の養液栽培のシステム開発を続けてまいりましたので、自動肥料混入の技術も備えております。この技術をH&Lシステムに導入し、栽培管理に活用していただけたと思います。培土につきましては、検討中でありますが、既存する底面給水方法と同様、上部灌水よりも気相の割合が多めのものが好ましいと思われれます。また肥料の流亡がほとんどありませんので、肥料の量も少なくて済みます。

(4)高効率・省力管理

オリジナルベンチの採用により、縦・横移動ができます。また、給水口・排水口を一箇所だけに備え、トレーをその場まで移動させるサイクルベンチも検討中であります。

3. H&Lでの栽培データ

試験内容：灌水方法の違いが生育に及ぼす影響を比較する。

①上部灌水—ジョウロにより上から散水

②腰水灌水—H&Lにより灌水

(1)セル成型苗試験

供試作物：インパチエンス

播種日：1993年3月3日

調査日：1993年4月10日

(2)ポット苗試験

供試作物：パンジー

播種日：1993年1月26日

移植日：1993年3月1日

調査日：1993年4月20日

(1)(2)試験とも、表1、2より調査項目すべてにおいて、H&Lで栽培したものの方が優れた結果となった。

表1 セル成型苗の生育調査結果

	草丈 (cm)	葉数	葉幅 (cm)	新 鮮 重 (g)	
				地上部(20本)	地下部(19本)
上部灌水	3.5	4.2	1.9	13.1	3.1
腰水灌水	4.5	4.5	2.2	16.5	4.1

表2 ポット苗の生育調査結果

	葉幅 (cm)	新 鮮 重 (g)		乾物重 (g)
		地上部(5本)	地下部(5本)	地下部(5本)
上部灌水	4.4	67.9	24.1	2.07
腰水灌水	4.8	75.0	31.0	2.23

ポット苗試験における根部の様子は、図4に示すようであった。



図4 試験2 ポット苗 地下部

セルトレー栽培では、移植の際、根量が少ないと、根鉢がくずれる恐れがあるが、腰水で給水させた場合、根の張りが良く、生育も早いため、高効率栽培が可能になると思われる。

4. おわりに

以上のとおり、カネコ HIGI&LOW PONIC は、花き鉢物の栽培システム化を目的に開発致しましたが、セル育苗・トレー育苗・他の野菜のポット育苗など、幅広い利用が可能です。

現在、シクラメン・アジサイ・花壇花の生産者の方々に、試験的に使用していただいておりますが、現場の意見を取り入れながら、さらなる商品開発に力を注いでいく所存であります。

ポケットベル利用による安価で 簡易な緊急通報装置



木村 元*

1. 概 要

本装置（よびかけくん IKA1200NPD1）は養液栽培において、重要な気温、水温、pH、EC等をセンサーで監視し、設定した異常値になると接点出力が動作するセンサー出力、その他養液栽培に必要な機械の故障を知らせる接点を、本装置に接続することにより、異常発生時に設置場所コードと異常センサー番号をポケットベルに通報する緊急通報装置です。なお、本装置の実用試験、販売は協和種苗㈱において行なわれています。

2. 具体的使用例

2-1 必要な物

- a 異常を検出して接点を動作させる監視用のセンサー出力（気温、湿度、水温、pH、EC、日照、機械の故障、電源ブレーカの状態、停電検出等）
- b 本装置（よびかけくん）
- c 電話回線
- e AC100v 電源

2-2 準 備

本装置に監視用センサーの出力（最大5ch）、電話回線、電源を接続し、ポケットベルの呼出番号、場所コード等の登録（申し込み書に必要事項を記入する事により電話回線経由で登録されます）を行う。

2-3 動 作

監視用センサーが動作すると（設定された異常値になると）本装置は登録されている順序に従い、各ポケットベルに場所コード（3桁の番号）と動作したセンサー番号を通報します。

表示例 場所コード＝010

動作センサー＝3（入力端子3）

0 1 0 --- 3 ---

3. 使用上の問題点

本装置（よびかけくん）の標準入力は、接点入力となっており温度、水温、pH、EC等を監視し、設定値に達すると接点を動作させる、センサーが必要となります。

温度センサーは、比較的低価格で入手出来ますが、ECセンサーは高価であり、pHセンサーは適正な保守が必要となり、監視用センサーの選択がキーポイントとなります。

養液栽培のセンサーは、アナログ信号処理が多いため、本装置のハードとソフトを変更することにより、アナログ信号を直接接続し、本装置で異常値を設定し監視することも出来ます。



図1 ポケベル通報装置「よびかけくん」
品名 IKA1200 NPD1

4. 特 徴

- a 緊急通報が低価格で構築出来ます。
- b 複数（最大5台）のポケットベルに通報出来るため、グループ対応（通報の共有化）が出来通報の確実性を増します。

* 岩通精密㈱

24 新製品の紹介

- c 場所番号が任意（3桁）に設定出来ますので、複数の箇所を同一のポケットベルで集中管理出来ます。
 - d 電源等の故障で停電用電池がなくなっても、AC電源が復旧後自動的に動作します。
 - e テストスイッチによる定期点検が出来ます。
 - f 本装置に電話する事によりセンサーの異常状態が通報されます。
- 注 よびかけくん本体の故障、センサーの故障、NTT回線の故障、テレメッセージの故障、ポケットベルの故障、ポケットベルの受信場所による受信不能等の故障が確率は少ないが有り得るため100%の通報保証は出来ません。

5. 仕様

- a 仕様回線—NTTの一般加入回線
- b ダイヤル方式—DPまたはPB

- c 登録ダイヤル桁数—最大15桁
- d 対応ポケットベル—NPタイプ
- e ポケットベル数—最大5
- f 通報順序—ポケットベル番号登録順
- g 場所コード—000から999
- h センサー数—最大5ch
- i センサー形式—無電圧接点
- j 電源—AC100V $\pm$ 10V
- k 停電用電源—006P乾電池（2時間）
- l 寸法—120 $\times$ 100 $\times$ 40mm*
- m 重量—250g*
- n 周囲温度—0 $^{\circ}$ C $\sim$ 60 $^{\circ}$ C
- o 周囲湿度—10% $\sim$ 90%
- p 認定機器番号—S90-2139-0

*印はACアダプタ、接続ケーブルを含まない。

ロックウールに代わる環境保全型 素材モスマットの開発

1. 開発の動機

「農業も環境汚染だ」と云う認識はヨーロッパで強く、農地に施用された肥料が流出し、地下水を汚染し、又は河川・沼湖に流亡し富栄養化を招くこと、或は農業資材の廃棄物、例えばロックウールが環境を汚染することに注意をはらい、これらの使用を制限、又は回収を義務付ける等を法規制している。

オランダから技術導入されたロックウール耕は、わが国の固定培地式養液栽培の主流をなし、高い水準にあるとは言え使用後の廃棄処分の問題、更にはアスベストに関連する人体の悪影響が懸念され¹⁾、環境や人にやさしい養液栽培資材及び技術の開発は時代のニーズだ



大 林 久*

と考え、熱き想いを持ってクスリを研究していた異業種の私達が、ロックウールに代わる環境保全型新素材モスマットを開発した。

2. 杉、ヒノキの樹皮のみが腐らない

杉、ヒノキの樹皮のみが腐らないので廃棄が困難で、大切な資源である石油で焼却処分を余儀なくされていた。ところが異業種であることが幸いし、腐らないからすばらしいのだ！なにかあるぞ！と発想を転換、幼きころ遊んだ田舎のお寺やお宮さんの杉・ヒノキの茅葺屋根に想いをはせ、着目し、杉・ヒノキの樹皮のみが腐らないのは微生物分解をうけない、即ち微生物の繁殖を抑制する成分があるはずだと直感した。そうすれば、今や日本の農業で重大な問題になっている連作障害を回避出

* タケダ園芸㈱技術研究部

来る有望な資材として、また使用後は鉱物質のロックウールとは違い、モスライトは植物性繊維で焼却処分が出来、環境を汚染せず人体に対する悪影響の心配が無く、手袋やマスク等の保護具の着用を必要としない。

3. モスマットの特徴

モスマットの特徴を活かし、栽培農家側に立った廉価な養液栽培システムを共同開発した。

○TC-21養液栽培システム

(タケダ園芸・TAM研究所・キッツ・日新化成と共同開発)

特 長

- ① 天然樹皮による焼却可能な培地による環境保全型養液栽培システム
- ② 根張りに優れ甘いトマト・メロン、コクのあるキュウリが出来る
- ③ システムの設置が簡単で安価
- ④ 培地の塩類蓄積が少なく「かけ流し」不用で環境を汚染しない。
- ⑤ 培地自体に抗菌作用があり、土壌病害虫を抑制する(省農薬)
- ⑥ アオコの発生がないため、根菜の養液栽培が可能
- ⑦ 連作障害を抑制する可能性が大きく高齢化社会下で土耕からの参入を容易にする。
- ⑧ 植物性繊維で人畜無害のリサイクル利用モスマット

4. 環境保全型新素材モスマットによる TC-21 養液栽培システムの構成

方 式：モスマットーエバーフロー灌水方式

主要部：TC-21液肥混入装置、灌水装置、モスマット

設備が単純で取付け簡単

灌水量が少ない、根張りがよい(甘いトマト・メロン、コクのあるキュウリが出来る原因と推

定)

TC-21養液栽培システム専用製品：

TC-21用モスマット、育苗用キューブ、TC-21用肥料 A 号・B 号及び微量要素など

5. 現地栽培の実績

トマト：桃太郎完熟トマト(糖度6～8度)

群馬県白沢村(フルーフトマト)

桃太郎完熟トマト(糖度6～7度)

島根県東出雲町

ミニトマト：ミニキャロル(糖度8～10度)

島根県仁多町

ミニキャロル(NFTより糖度は高く作業が簡単)青森県十和田市

メロン：アムスメロン(糖度15～16度、大果高糖度)島根県仁多町

アールスメロン(糖度16～17度、大果高糖度)宮崎県宮崎市

キュウリ：(コクのあるキュウリ)松江市・白沢村

6. 現地栽培を終えて

杉、ヒノキの樹皮には、天然のフェノール類、モノテルペン類、セスキテルペン類などの抗菌物質を含んでいるため²⁾、養液栽培に多大な被害を与える土壌伝染性の病害を抑制し、イチョウ病、アオガレ病は発生しなかった³⁾。藻類の発生も抑制するため、根菜類の養液栽培が可能となる。

参考資料

- 1) 労働省労働基準局長:労働衛生に関する指針
平成5年1月1日
- 2) TAM研:モスマットの成分分析結果
(中間報告)平成3年9月
- 3) 日本農業新聞:大地に返るトマトの養液栽培
用樹皮培地
平成4年3月25日



誌上シンボジウム

養液栽培における研究開発と普及の問題

養液栽培技術の改善方向



佐田 明和*

はじめに

平成3年の養液栽培面積は473haで平成1年から約100ha増加している。和歌山県においても昭和62年に9haであったのが、平成4年には18haと約2倍になっている。

以前から養液栽培は施設費が高い、複雑な管理技術が必要等の問題点があつて、多くの利点があつても飛躍的に伸びないのが実情であつた。しかし、近年になって急速に普及したのは、装置や機器の技術的進歩のほかに、最近の深刻な労力不足と土耕栽培での労働過重から、土づくり・土壌消毒・耕起うね立て・追肥等の作業を養液栽培では省くことができるということも大きな要因であろうと考えている。

現在、本県には約180戸の農家が養液栽培に取り組んでいる。以下、本県の現状、問題点を中心にして養液栽培技術の改善方向を述べてみたい。

1. 品目の拡大と管理技術の確立

養液栽培で実用的にとりあげられている品目は野菜が31、花きが9種類といわれ最近かなり種類が増えているようである。

本県では3—4年前まではトマト、ミツバで栽培面積のほぼ90%を占めていたが、最近では野菜でイチゴ、サラダナ、パセリ、オオバ、花きではバラ、ガーベラ、カーネーションが栽培されており、野菜が11種類、花きが5種類になっている。

これらの品目のなかで、イチゴの NFT 栽培は技術的には安定した成績を得ているが、オオバ、パセリでは全般的な栽培管理技術に不明な点が多くある。

表1 和歌山県の型式別面積

型 式	面 積
	m ²
ロックウール	79,610
セセラギ改良	21,680
ハイポニカ	21,071
M 式	17,633
スミセ礫耕	15,996
N F T	11,088
自己式礫耕	4,250
クボタ	2,500
サンドポニク	2,300
新和式	2,160
S K ジャパン	1,170
カネコ	1,100
サンスイ	1,046
三井東圧	1,000
多段式パイプ	800
合 計	183,404

(平成4年6月・普及所調べ)

バラの栽培面積は7haであるが、ロックウール栽培での樹形管理を含めた高品質栽培技術の体系化が必要である。また、ガーベラのロックウール栽培では株の腐敗防止対策が課題となっている。

養液栽培の品目が増加したといっても、まだ種類が限られている。当场ではシンボジウムのロックウール栽培技術開発に取り組んできたが、養液栽培の特性を活かしてラン類を幅広く検討してみたいと考えている。

2. 装置等のコスト低減化

県内に導入されている設備費の状況を見ると、最近の砂耕や礫耕の事例では装置費に3.3m²当り

* 和歌山県農業試験場

2万円をこすようである。

イチゴの NFT 装置は作業環境の改善等のメリットからみてかなりの普及が期待されたが、約 1 ha にとどまっており、自作装置は別にして平均 3.3m²に 1 万 5 千円の装置費を要している。イチゴ農家の高齢化等の状況からみると投資額に問題がある。

一方、バラのロックウール栽培装置は 3.3m²当り 1 万 5 千円～2 万円を要しているが、急速に普及したのはバラの市場価格が高値で推移し収益性が良いことが要因である。

経済性を考慮した簡易装置の開発は各所で取り組まれており、当场でも簡易毛管水耕装置の実用化を検討している。最近の装置は簡便であり、安価になってきたが養液栽培の一層の拡大のためには装置をはじめ機器や資材のコスト低減をさらに検討する必要がある。

3. 病害対策

養液栽培では施設内外の衛生面に常に気をつかうのが基本であるが、実際の栽培では水媒性の病害がいつも発生し問題になっている。

農薬による消毒は困難なことが多いが、紫外

線の照射、オゾンの利用、加熱による殺菌等の物理的消毒方法の実用的な技術開発が必要である。

本県にも紫外線照射装置等は古くから導入されているが、効果に問題があってあまり活用されていない事例が多い。

4. トラブル（未然に防ぐ）対策技術

実際場面で、栽培途中に生育異常が発生して、指導機関等に持ち込まれる事例をみると原因は多種多様であり、培養液管理の不備によるもの、病虫害によるもの、養液関係以外の環境不良によるものなどさまざまである。

養液栽培ではちょっとした注意不足が原因でのトラブルが大半であることが多いが、その対策としては培養液の更新や種のまき直しとなり、農家にあたえる経済的、精神的な負担が大きいのが実情である。

今後はさらに操作が簡単で精度のすぐれた分析機器の開発を進める必要がある。また、生育の異常が栽培者の目にとまる前に未然に防ぐことができる診断等の技術があれば養液栽培は一層安定し、拡大するものと考えている。

メーカーから見た今後の問題

1. まえがき

弊社は創立以来 45 年近くにわたって野菜の品種育成を行ってきたが、その他にもユニークな農業資材を開発販売してきた。一方十数年前に養液栽培に着目した頃、その当時、施設園芸栽培において次のような問題点が指摘されていた。

- (1) 土壌病害の多発や塩類集積による連作障害の発生。

- (2) 農作業の労働過重等に起因する後継者難。
- (3) 高齢化等による労働力不足。

このような深刻な問題を解消するために今までの方式と異なり次のような利点を持つものとして NFT 水耕を重点的に取り上げ普及推進を図ってきた。それは、

- (1) 栽培作物の適応範囲が広いこと。
- (2) 作物にとって最も大切な養分と酸素の吸収が極めて良いこと。



中 村 敏*

* みかど育種農場(株)

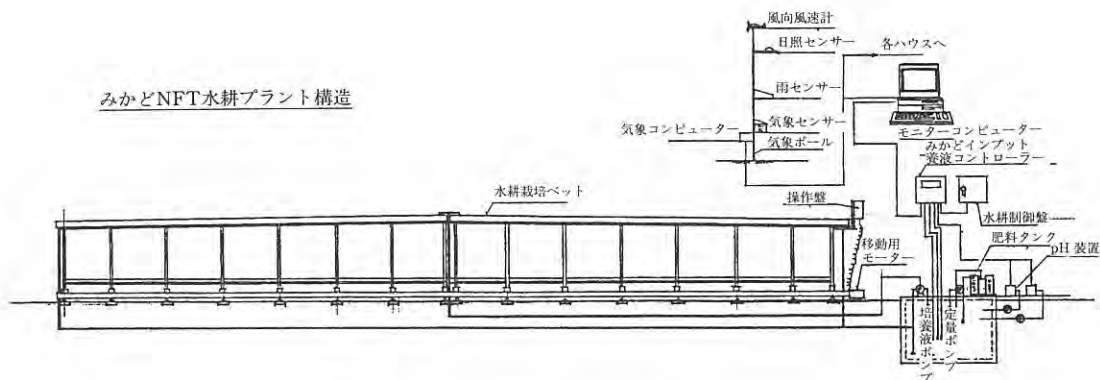


図1 みかどNFT水耕プラントの構造

- (3) 従来からの高額なプラントに比べて設置費が安く省力的であること、などである。

このような長所をもつ NFT 水耕を千葉県内の研究機関の先生方のご指導と助言をいただき、みかど NFT 水耕プラントを完成させたものである。

2. メーカーとして取り組んできた主な経緯

- (1) 養液栽培において最も難しい培養液管理を自動養液コントロール化することにより省力化が図られ、通常の栽培管理に作業が集中できるようになった。
- (2) ベッドの組立は軽量簡易化した架台を開発し、廉価にプラント化することができた。
- (3) NFT 水耕は湛液方式と異なりベッドが軽量である。従ってその利点を活かして葉菜用とイチゴ用は高設として作業性と利便性を高めた。特にイチゴ用のプラントは高設することにより栽培管理と収穫作業が容易になり全国的な話題を呼び弊社研究農場には連日、大勢の見学者が訪れるようになった。
- (4) 果菜プラントでの栽培品目はトマトが主であるが系統も大玉系、ファースト系、ミニトマト系、完熟系と移り変わっているが水耕で栽培容易な品種の育成を行ってきた。
- (5) 葉菜プラントの栽培品目はミツバ、葉ネギが主であるが最近、急速に栽培が普及したサラダ菜などの品種改良を行っている。
- (6) 施設の有効利用を高めるための移動ベンチ



図2 移動ベンチによるサラダ菜の定植



図3 移動ベンチによる収穫状況

方式に改良することにより従来の固定式ベンチに比べて30%程度の生産量の向上を図ることができるようになった。

3. 現状での問題点

- (1) 新しく養液栽培を始める人の中には、かつての土耕栽培技術の概念が捨てきれずにいる

ため、新しい養液栽培の管理や樹勢コントロールへの技術対応がスムーズに出来ないこともあり、成績の上がらない農家もある。

- (2) 一般的な問題でもあるが新しい商材を開発してもそれを栽培する農家が少ない場合は市場開拓の難しさもある。又、出荷量が多くなる場合は価格低迷の原因ともなっている。
- (3) 水耕栽培の経営安定は良品の計画生産、計画出荷の周年栽培が重要なキーポイントであるが、季節ごとに対応する栽培作物の品種数が少ない。

4. 今後の課題

- (1) 経営安定を図るための周年出荷と消費者のニーズにあった新作物や新品種の開発。
- (2) 低コストで機能的な管理が出来るようなプラント開発。
- (3) 省力化と高品質生産のためのコンピュータの導入。
- (4) 生産者同志の情報交換や技術交流の推進。



図4 水耕用品種の採種圃場（サラダ菜）

養液栽培農家への援助の経過と 今後の課題

—培養液分析を通じての普及活動—

はじめに

千葉普及所管内では、養液栽培農家が増加の傾向にある。しかし、栽培技術、特に培養液管理技術が十分に確立されておらず、しばしば問題が起きていた。そこで、普及所では培養液の分析を通して、養液栽培農家の指導援助を強めてきた。ここでは、これらの取り組みの経過を報告する。

1. 培養液の成分バランスはなぜ崩れるか

培養液は、「できるだけ長期間にわたって、安定的に適正な成分バランスが保たれる」ように設計されるのが理想と考えられる。

「〇〇処方」などとして現在使われている各処方は、各作物の吸収量に見合う量とバランス

* 千葉農業改良普及所

から作られたものであり、「長期に安定」といった考え方にも通じる。ところが、「〇〇処方」に従って作られている「〇〇1号・2号」といった配合肥料を使っているにもかかわらず、かなり短期間の内に成分バランスが崩れるケースが珍しくない。これは、栽培に使用した培養液の成分バランスと作物が実際に吸収している成分バランスとの間にズレがあるためである。

このズレが生じる大きな原因として、培養液を設計する際に、原水中に含まれる成分の量が考慮されていないことがあげられる。

千葉県農業化学検査所が中心となって行った、千葉県内で養液栽培に使われている原水中の各成分の量を示したのが表1である。この表から、原水中には比較的カルシウムとマグネシウムが



北原 勝*

表1 千葉県内の地域別地下水の水質 (1985 千葉県農業化学検査所)

地域	調査数	統計項目	pH	EC mS/cm	アンモニア 一窒素 mg/l	硝酸 一窒素 mg/l	リン mg/l	カリウム mg/l	カルシウム mg/l	マグネシウム mg/l
北総 地域	88	最大値	9.0	1.2	3.2	55.0	7.0	22.1	71.4	70.8
		最小値	6.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	5.5	1.0
		平均値	7.9	0.3	0.1	8.0	0.0	2.6	22.5	9.8
		標準偏差	0.3	0.1	0.2	11.8	0.0	3.3	11.6	7.8
九十 九里 地域	69	最大値	8.8	3.7	6.0	74.0	2.5	48.8	170.9	62.9
		最小値	6.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0
		平均値	8.1	0.7	0.2	6.8	0.1	10.1	68.5	18.4
		標準偏差	0.2	0.2	0.4	9.4	0.1	7.9	32.6	9.4
安房 地域	24	最大値	9.0	1.0	6.9	20.8	1.8	25.5	95.9	42.7
		最小値	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.1
		平均値	8.1	0.4	0.5	1.8	0.1	5.9	31.4	10.5
		標準偏差	0.2	0.1	1.3	3.0	0.1	4.0	18.1	8.7

多く含まれ、また、原水によりその量に違いが大きいことがわかる。

2. 培養液の成分バランスが崩れた

ロックウール栽培のかけ流し方式などの一部を除き、多くの栽培方式ではタンクや栽培槽を備え、培養液のECをチェックしながら濃厚原液を追肥する方法をとっている。このような培養液管理方法では、原水中に比較的多く含まれるカルシウムやマグネシウムの割合が時間の経過とともに高まる。そして、カリウムやリンが欠乏するといったケースがよくある。

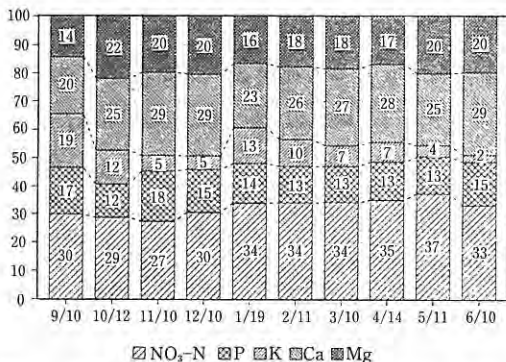


図1 改善前の各成分構成比の推移(1989.9~1990.6)
単位：当量での%

図1に、1989年9月から翌年の6月にかけて、比較的大容量の培養液タンクと栽培槽を装備し

た湛液方式の栽培装置で、年一作型のミニトマトを栽培した時の、培養液中の各多量要素の構成比の推移を示した。定植直後の9月には概ね適正なバランスを示しているものの、時間経過とともに、カルシウム、マグネシウムの割合が高まり、カリウムの割合が低下していることがわかる。この時のトマトの生育は、主茎が細くなり、葉色は淡く、葉は小さくなり、着花数の減少と着果不良の症状がみられた。なお、1月にカリウムが増加しているのは、培養液の一部更新をしたためである。

3. 培養液分析の結果から培養液設計

培養液のバランスを適正に保つためには、培養液組成をその作物の吸収特性に合わせる必要があると考え、培養液分析の結果を使った培養液設計に取り組んだ。

掛け流し式のロックウール栽培など以外の養液栽培では、一定期間の、各成分の「見かけの吸収量」(消費量)を次式により知ることができる。

$$\begin{aligned} \text{一定期間の見かけの吸収量} = & (\text{期間初期の栽培装置中の量} + \\ & \text{期間中に加えられた濃厚原液中の量} + \\ & \text{期間中に加えられた原水中の量}) - \\ & \text{期間終期の栽培装置中の量} \end{aligned}$$

そこで、栽培農家の協力を得て、濃厚原液消

費量、原水使用量、各時点の培養液中濃度から、「見かけの吸収量」を求めた。そして、翌年度(1990年8月～1991年6月)は、「見かけの吸収量」から使用する原水中の成分量を差し引いて、培養液の組成を設計をした。その結果、図2に示すように、各要素の構成比に前年度のような大きな変動がなくなった。また、トマトの生育面でも、主茎が細くなり、着花数が減少し、着果不良になるといった症状がかなり改善された。

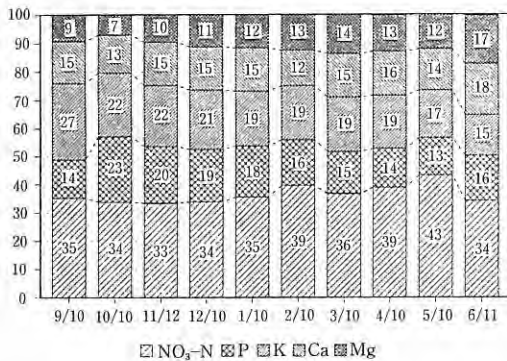


図2 改善後の各成分構成比の推移(1990.9～1991.6)
単位：当量での%

さらに、翌々年度(1991年8月～1992年6月)は、一作の間、培養液を更新することなく栽培することができた。

現在、千葉普及所では、原水中の多量要素(硝酸態窒素・アンモニア態窒素・リン・カリウム・カルシウム・マグネシウム)と重炭酸の含量を測定し、培養液組成の設計はパソコンの表計算ソフト上でやっている。

この設計方法の特長は次のとおりである。

- ① 原水中に含まれる各成分を考慮しているため、原水の違いによる培養液への影響を少なくできる。

- ② 吸収量計算の結果などを使い、作物・作型・品種・栽培装置等、それぞれにあった設定で計算できる。

- ③ 原水中に含まれる重炭酸の量に応じ、中和のために必要となる酸の量を求め、リン酸や硝酸を濃厚原液に加えるため、培養液 pH の上昇がおきにくい。

- ④ とにかく計算が早く、計算上の間違いがない。

- ⑤ 単肥の組み合わせになるため、使用する肥料の種類が増え、その点では「めんどくさい」と農家に言われる。

4. 今後の課題

管内には、トマトの他に、サラダナ、ミツバ、イチゴがあり、それらでも培養液設計の必要がある。

また、培養液組成も、季節、生育ステージ、によっても変わってくるため、それに合わせた設計が求められる。今のところ、トマトの培養液では「夏季用」と「冬季用」の二通りの設計を試みている。「冬季用」では、生育が弱くなるのを防ぐ目的で、アンモニア態窒素を一定量加えるようにしている。「夏季用」では、石灰欠乏症である尻腐れ症を防ぐため、アンモニア態窒素を含まないようにしている。

おわりに

栽培期間中に生育が不良になると安易に培養液更新をしている例が多いが、更新時に廃棄された古い培養液はどこへ流れて行くのだろうか。すでに、野菜の大型産地などで、地下水の硝酸汚染が進行し、飲料水基準の10ppmを越えているところがあるという。

こういう点でも、適切な培養液管理により、培養液更新を極力少なくすることは、今後重要な課題になると考えられる。



— 原水をめぐる諸問題 —

水道水を用いた場合の 根傷みの発生とその回避

寺 林 敏*

水道水を用いた場合、作製後間もない培養液で水耕栽培すると、根が障害を受けることが既に知られていました。給水栓から汲んで間もない水道水には、消毒の目的で処理される塩素が残留しており、この残留塩素が原因で根傷みが起こります。水道水中の残留塩素は時間の経過とともに減少することから、数日間汲み置きした水道水で培養液を作製した場合、あるいは作製後に数日間汲み置きした培養液では根傷みは発生しなくなります。

金魚を水道水で飼う時に、ハイポ（チオ硫酸ナトリウム）を入れて塩素抜きをしてやるのと同じ様に、水耕栽培でもハイポで塩素抜きした水道水なら、培養液を作製しても根傷みは発生しません。残留塩素が根傷みの発生原因であることは疑う余地はありません。しかし、よく調査してみると、直接の原因物質は残留塩素ではなく、培養液の要素成分であるアンモニウムイオンと残留塩素が反応して生成される物質（クロラミン）であることがわかりました。現に、給水栓から汲んだ直後の水道水（高濃度の残留塩素が含まれている）に水耕育苗したサラダナを定植しても根傷みは起こりません。

症状は、根が最初、あめ色になり、しだいに褐変し、酷い場合には根が溶けたようにズルズルになります（図1）。症状の進行は極めて速く、高温期に行った実験では、処理後30分で葉がしおれ始め、翌日には根の変色が明らかに認めら

れました。地上部の症状は、根傷みによる吸水低下に原因するしおれです。このような根の障害が生じた場合、新たに根が伸長してきても、著しい生育遅延を起こします（図2）。

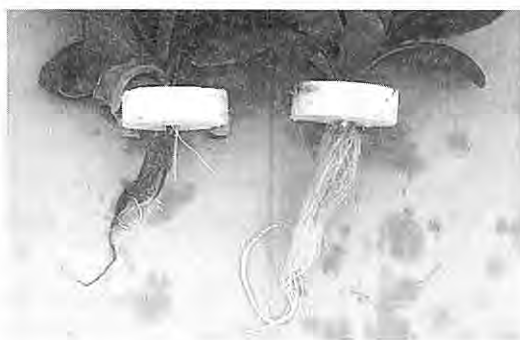


図1 左：作成直後の培養液に移植したサラダナ
右：作成1週間後の培養液に移植したサラダナ



図2 左：作成直後の培養液に移植したサラダナの1週間後の生長
右：作成1週間後の培養液に移植したサラダナの1週間後の生長

* 京都府立大農学部

図3は根が障害を受けることによって、根から電解質が漏出するのを示したものです。わずか処理6時間の間に急激な根からの電解質漏出が起こっています。図4は作製直後の培養液に時間を変えて処理し、その後、残留塩素の存在しない培養液に移して12日間栽培したサラダナの新鮮重増加率を示したものです。わずか6時間の処理でその後の生長が著しく阻害されているのがわかります。

残留塩素には遊離塩素（次亜塩素酸及びそのイオン）と結合塩素（アンモニア、アミノ酸等と結合したもの）の2種類があり、水道水に残留しているほとんどの塩素が前者の遊離塩素です。京都府立大学の水道水では、遊離塩素濃度はおよそ0.4ppmで、この水で園試処方50%濃度液（アンモニウムイオンがりん酸アンモニウムで与えられている）を作製すると、遊離塩素のほとんどが結合塩素（クロラミン）になり、水耕サラダナでは酷い根傷みを引き起こします。

根傷みの直接の発生原因であるこの結合塩素、汲んで間もない水道水中に含まれる遊離塩素は何れも、時間の経過とともに減少します。しかし、光があたらない条件下に置かれるとこの結合塩素の減少が極めて遅くなります（図5）。

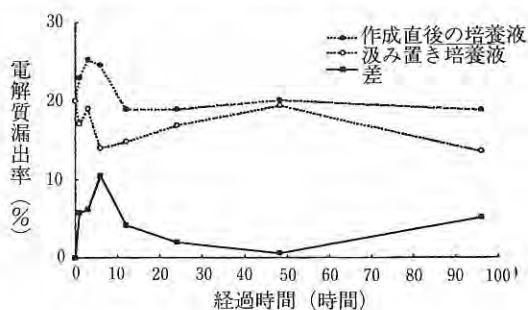


図3 作成直後の培養液および汲み置き培養液に移植してからの経過時間による根からの電解質漏出率の変化

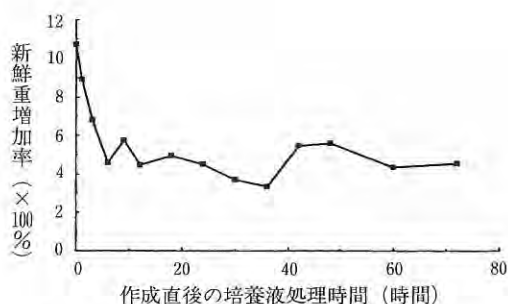


図4 作成直後の培養液の処理時間による、処理開始から12日後の新鮮重増加率の差異

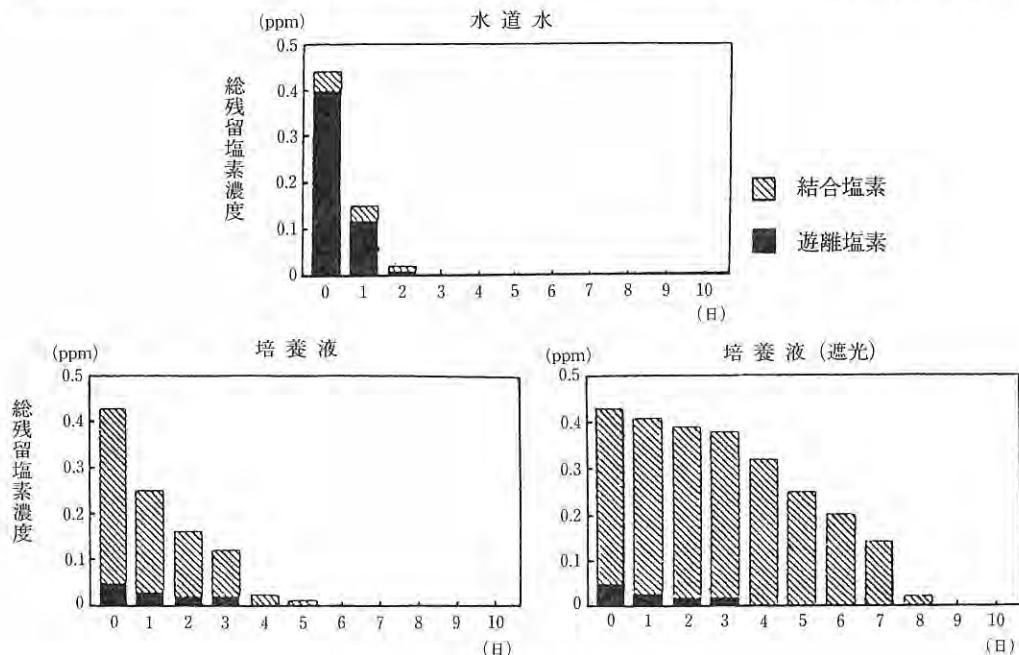


図5 総残留塩素濃度の経時的変化

サラダナでは結合塩素濃度が0.1ppm 以下であれば、まず、根傷み発生の危険はないといえます(図6)。培養液の保管状態は栽培者によって異なるため、作製後あまり日数の経過していない培養液を多量に栽培ベッドに供給するような場合は、実際に残留塩素濃度の測定を行うのが賢明です。残留塩素の測定にはオルトトリジン法とDPD法の2種類があり、いずれもキットとして市販されており、操作も簡単です。

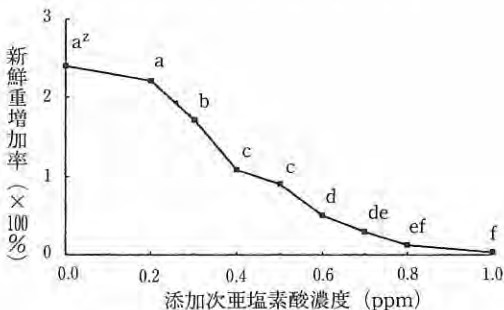


図6 汲み置き培養液に添加する次亜塩素酸濃度の違いによる、添加後10日目の新鮮重増加率の差異
z: ダンカン多重検定により異なる文字間に有意差有り

結合塩素に原因する根傷み発生を回避する方法として以下の事が考えられます。

- ①水道水を培養液の原水として使用しない。
- ②残留塩素濃度の高い状態の水道水を原水として使用しない。

可能ならば、3日間ほど汲み置きしてから使用する。

チオ硫酸ナトリウム(ハイポ)を1トンあたり2.5g 添加する(チオ硫酸ナトリウム添加は、

培養液作製後でも効果あり)。

粒状活性炭で濾過する(約2トンの水道水が容積5リットルの粒状活性炭で脱塩素できる)。

③結合塩素を形成させない。

アンモニウムイオンを入れない(例えば磷酸アンモニウム塩を磷酸カリウム塩にかえる)。

アンモニウムイオンを入れるとしても、培養液作製後に数日遅らせて添加する。

④栽培ベッド及びタンクに作製後間もない培養液を多量に入れない。

サラダナは残留塩素に原因する根傷みが発生しやすい作物です。まだ、本格的な調査は行っていないませんが、サラダナの場合ほどひどくはないものの、トマトやネギでも同様の障害を受けることが観察されています。

過去に農水省が行った調査によれば、培養液の原水として水道水を使用している栽培者は約30%ありました。現在、実体は明らかではありませんが、水道水を使っている栽培者は決して少なくないと思われます。実際栽培において水道水の残留塩素に原因する根傷み症状の発生が問題になっています。

残留塩素に対する感受性の作物及び品種間差、栽培方法の違い(培地の有無による差)、顕在化していない根傷みの実体調査など、まだまだ多くの問題が残されています。

文 献

- 山崎肯哉(1982) 養液栽培全編(博友社)
- 寺林 敏ら(1991) 園芸学会雑誌第60巻別冊2 270-271.
- 伊達修一ら(1993) 園芸学会雑誌第62巻別冊1 34-35.
- 巖 巖・菅原正孝(1980) 上水道工学要論(国民科学社)

原水の重炭酸イオン及び pH を考慮した 培養液調整法

正 森 啓 司*

1. 同じ処方でも、農家によって培養液の pH が違う。

培養液を調整する場合、濃厚原液を希釈して使用するが、同じ肥料の濃厚原液でも、原水によって給液される培養液の pH は異なってくる。

たとえば、トマト栽培では、定植直後の EC の低いとき pH は上昇する。そのための対策として、pH を測定しながらリン酸を添加し適正範囲になるよう調整していた。この添加するリン酸の量が農家によって極端に違う。

2. なぜ原水によって培養液の pH が違ってく るのか？

従来の原水の分析項目だけでは、pH の違う説明がつかない。何か他に説明できる項目があるのではないか？と思われたが、なかなか原因がつかめず、苦慮していた。これが M アルカリ度（酸消費量）であることがわかり、その後「野菜・花きのロックウール栽培」に紹介された重炭酸 (HCO_3^-) であった。この著書によれば、オランダでは原水の分析重要項目として HCO_3^- が上げられているが、日本ではほとんど問題とされていない項目であった。

その結果、重炭酸濃度の高い原水は同じ酸の量を添加しても培養液の pH の低下は少なく、重炭酸濃度の低い原水では培養液の pH は急激に低下してしまう（図 1）。

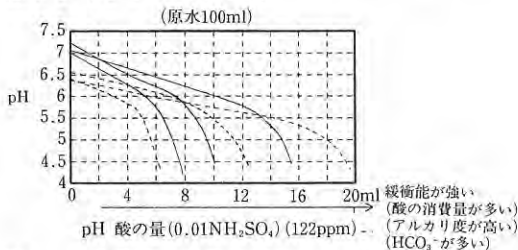


図 1 異なる原水に酸を添加したときの
pH の変化

酸を添加する前（採水直後）の pH が高い（アルカリ性）ほどアルカリ度が高いとは言えない。

3. 重炭酸とは？

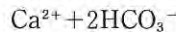
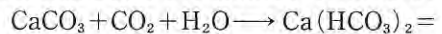
炭酸物質の一つで、水中の炭酸物質は、分子状二酸化炭素 CO_2 、分子状炭酸 H_2CO_3 、重炭酸イオン HCO_3^- 、炭酸イオン CO_3^{2-} の 4 つの異なった形で存在する。

水に炭酸ガスが溶けた場合



全体では、酸性を示す。

CO_2 は水を酸性にし、 HCO_3^- と CO_3^{2-} は水をアルカリ性にする。一般的な地下水は地下の微生物の呼吸により CO_2 を多量に含んでいるので微酸性になっている場合が多い。また、水中の CO_2 は岩石土壌と反応して重炭酸イオンになる。



重炭酸濃度は通常計測している pH（採水直後）との相関は低く、RpH（曝気後）との相関は高い。この RpH は、水中に溶けているガスが大気中のガスと平衡状態（採水時に含んでいた CO_2 を放出する）になった時の pH を示し、一般に $\text{RpH} > \text{pH}$ 。このように RpH を計ることによってある程度の重炭酸濃度が予測できる。

4. 重炭酸の分析方法

原水の重炭酸量を分析する方法は簡単であり、水の pH 緩衝能に影響するイオンの総量、特に重炭酸と炭酸を測定するもので、結果は重炭酸に換算した ppm として算出される。

◎ BICARBONATE 法（一部改）

原水に酸を加えていきその pH が約 4.5 になるまでの酸の液量から算出する。

1) 用意するもの

メスシリンダー 100ml

ビーカー

pH メーターまたはメチルオレンジ（指示薬）

0.01N（規定） H_2SO_4 （硫酸）

ビュレットまたはメスピペット

* 徳島県藍住農業改良普及所

2) 測定方法

- ①原水 100ml をメスシリンダーで測る。
- ②メスシリンダーからビーカーへ移す。
- ③0.01N H_2SO_4 をビューレットで滴下し、pH が4.5になるまで加えていく。
- ④ pH4.5になったときのビューレットの値を読む。

このときの値(Aml)に6.1をかけると重炭酸イオン(HCO_3^-)濃度(ppm)が計算できる。たとえば、図2の原水では9.5ml でpH が4.5になり、重炭酸イオン濃度は $9.5 \times 6.1 = 58\text{ppm}$ 含まれていることになる。

◎電気伝導度滴定法

酸を加えていきながら、ECを測定する。始めは漸増または漸減していくが、ある点を堺に急激に上昇していく。この変位点の酸の量を求めれば、重炭酸濃度は算出できる。

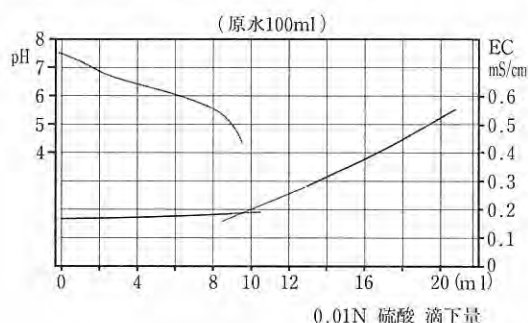


図2 原水に酸を添加したときのpH, ECの変化

5. 重炭酸濃度の分布状況

現在入手しているサンプル数は少なく、160点ほどの分析値であるが、6～489ppm と大きな差がある。サンプルの重炭酸濃度の頻度は、0～50ppm が29%、50～100ppm が47%を占めており、200ppm 以上は6%となっている。このように最大値と最小値の原水では、肥料設計が同じでも調整された培養液のpH は大幅に異なるだろうと思われる。

6. 重炭酸(pH)をどうすれば制御できるのか?

培養液のpH 調整には、pH コントローラーで適正範囲になるよう酸・アルカリを使う方法と濃厚原液タンクにあらかじめ計算して酸を加えておく方法がある。

pH コントローラー

利点：希望のpH に管理できる。
 欠点：pH センサーが壊れた場合、酸の過剰で強酸性の培養液になる。
 添加される酸・アルカリの量がいつも変わる。
 肥料成分が設定より増えてしまう。
 (特にリン酸)
 酸やアルカリでpH 調整した残りの成分が蓄積する可能性がある。(特に硫酸のS)

濃厚原液タンク

利点：酸として添加される肥料成分を培養液の組成に加えておけば、全体の組成を把握することができる。
 欠点：酸の添加量を定めるため、原水中の重炭酸を計り、そのうち培養液設計をする必要がある。

「添加する酸の量は、原水の重炭酸の濃度を約50ppm に減少させ、同時に pH を5.5かわずかに高い値にするのに必要な量とする。(野菜・花きのロックウール栽培)」と記述されているが、実際に、徳島県では平成元年10月から重炭酸の分析・検討を定期的に行い、濃厚原液タンクに酸を添加する方法でpH の調整技術確立を農家段階で図ってきた。ロックウール及び NFT 栽培のトマトでは、残すべき重炭酸濃度は、原水にもよるがおおむね30ppm 付近になるようにしている。ただし、アンモニウム塩(リン酸1アンモニウム、硝安)などが入る場合や、原水中の重炭酸濃度により添加する酸の量は変える必要がある。また、循環タンクや培地内分析を行うことで、吸収組成やpH の動きを把握でき、次の濃厚原液調整時にpH が適正範囲内で推移するように酸の量を決定する(図3)。

なお、pH が低くなりすぎるときや原水の重炭酸の濃度が低いときは炭酸水素カリ(KHCO_3)を加え緩衝能としての HCO_3^- を増やし対処する。

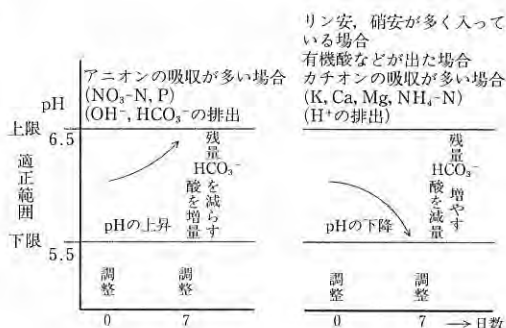


図3 培養液調整後のpH の動きと対策

7. 酸の種類と重炭酸消費量

養液栽培に pH 調整として使用されている酸は、硝酸・リン酸・硫酸がありそれぞれ肥料成分や重炭酸消費量は違う。また、酸の規定度が同じでも実測すると消費量は異なる。あらかじめ使用する酸における消費量を事前に求めてから計算するようにする（表1）。

表1 酸の種類と重炭酸イオン消費量

	温度 °C	規定度 %	比重	注1) 消費量1		注2) 消費量2		成分
				ppm	%	ppm	%	
硝酸 HNO ₃	61.0	13.3	1.372	40.5	0.81	13.6		NO ₃ -N
	65.0	14.4	1.391	43.8	0.88	14.4		
	67.5	15.0	1.402	45.8	0.92	15.0		
	70.0	15.7	1.413	47.9	0.96	15.7		
リン酸 H ₃ PO ₄	37.0	13.9	1.231	14.1	0.28	11.7		PO ₄ -P
	75.0	36.3	1.579	36.9	0.74	23.7		
	85.0	43.9	1.689	44.6	0.89	26.9		
	90.0	48.1	1.746	48.9	0.98	28.4		
硫酸 H ₂ SO ₄	95.0	35.5	1.834	108.3	2.17			
	98.0	36.7	1.836	111.9	2.24			

注1) 消費量1は、原水20トンに酸を1リットル添加したときの重炭酸イオンの消費量。

注2) 消費量2は、原水1トンに酸を1ml 添加したときの重炭酸イオンの消費量。

注3) リン酸は、実測及び計算値(H⁺+1/2H₃PO₄として計算)。

たとえば、濃厚原液タンク200 l (100倍希釈で培養液の調整量は20トン分)に85%のリン酸を1リットル(50ml/トン)添加した場合、重炭酸イオンは44.6ppm 消費され、Pとして50×1.689×0.269=22.7ppm 入ることになる。

表2 pH を考慮した培養液設計

培養液設計表		NO ₃ -N		P	K	Ca	Mg	NH ₄ -N	HCO ₃	EC	pH
原水	(ppm)					15.0	6.0		80	0.25	6.8
トマト処方	(me)	12.0	4.0	6.8		6.0	2.8	1.0		2.0	(5.9) …第4図へ
処方一原水	(ppm)	168.0	41.2	265.9		120.0	34.2	14.0			
	(ppm)	168.0	41.2	265.9		105.0	28.2	14.0	30	残すべき量→残量 HCO ₃ と pH の図より設定 50 中和 (消費) する量	
濃厚原液200リットルに 溶かす量 (20トン分)		1 トン分		NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg	NH ₄ -N	HCO ₃	
B	0.55 %	硝酸67.5%	27 ml	5.7							
A	0.68 %	正燐酸75%	34 ml		13.0						
A	5.81 kg	硫酸マグネシウム	290 g					28.2			
B	11.05 kg	硝酸石灰	553 g	77.4			105.0		6.6		
AB	13.06 kg	硝酸カリ	653 g	84.9		249.5					
A	1.34 kg	第1リン安	67 g		17.6				7.4		
A	0.99 kg	燐酸1加里	49 g		10.7	13.5					
A	0.13 kg	硫酸カリ	7 g		2.9						
肥料計		(ppm)	168.0	41.2	265.9	105.0	28.2	14.0	50		
原水+肥料		(ppm)	168.0	41.2	265.9	120.0	34.2	14.0	(30)		
		me/l	12.0	4.0	6.8	6.0	2.8	1.0			

9. おわりに

原水の水質は、地域によって、また個々の生産者の井戸水や上水道など大きく異なる。各自の原水の性質を知った上で、培養液設計は行う必要があり、特に pH は高くなりすぎるとリン酸カルシウム等の沈澱や Fe の不溶化が問題となる。また、下がりすぎると根腐れなどが起こりうる。

今回の pH を考慮した培養液調整は、酸を使用

8. 原水の重炭酸

イオン及び pH を考慮した培養液調整法

実際に単肥を使用するにあって、どの肥料をどれだけ溶かせれば良いのかを計算しなければならない。計算方法は「pH を考慮した培養液設計(表2)」に従い、上から順に計算していけば、最終目標とする濃厚原液タンクに入れる肥料の量が算出できる。ただ、残量重炭酸濃度と pH の関係(図4)は、同じ重炭酸濃度でも原水が違えばグラフの傾きは同じにはならず、それぞれの原水によりこのグラフは作成し、目標とする pH を導き出さなければならない。

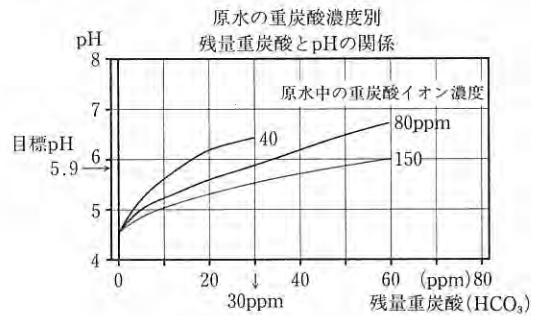


図4 残量重炭酸濃度と pH の関係

するため取扱いに気を付けなければならないが、pH を適正に管理するためには必要な技術であり、吸収組成に合わせた培養液処方を調整するのに不可欠となってくる。単肥に替えるときには、正確な秤、pH 計はもちろんのこと、定期的な原水及び培養液の分析と処方箋づくりの体制を早期に確立することが必要である。



ワンポイントメモ

培養液肥料のはなし

1. 肥料袋に表示される窒素以外の保証成分量は酸化物である

例えば、配合肥料Aの保証成分量が下記のように表示されていると、

アンモニア性窒素	1.5
硝酸性窒素	8.2
水溶性リン酸(P_2O_5)	8.0
水溶性加里(K_2O)	27.0
水溶性苦土(MgO)	4.0

配合肥料A 1 kgの養分量は

アンモニア態窒素 $1 \text{ kg} \times 0.015 = 15\text{g}$

硝酸態窒素 $1 \text{ kg} \times 0.082 = 82\text{g}$

リン $1 \text{ kg} \times 0.08 \times \frac{31 \times 2}{31 \times 2 + 16 \times 5} = 35\text{g}$

カリウム $1 \text{ kg} \times 0.27 \times \frac{39 \times 2}{39 \times 2 + 16 \times 1} = 224\text{g}$

マグネシウム $1 \text{ kg} \times 0.04 \times \frac{24 \times 1}{24 \times 1 + 16 \times 1} = 24\text{g}$

となります。

また、硝酸石灰肥料Bの保証成分量が下記のようになっていると

硝酸性窒素 11

硝酸石灰肥料B 1 kgの養分量(g)は

硝酸態窒素 $1 \text{ kg} \times 0.11 = 110\text{g}$

カルシウムは保証成分になっていませんが、硝酸石灰肥料なのでカルシウムが含まれています。硝酸カルシウムの硝酸態窒素とカルシウムの重量の比率は14:20ですから、硝酸態窒素が11%であるとカルシウムの成分量は $(20 \times 11) \div 14 = 15.7(\%)$ です。

カルシウム $1.0 \text{ kg} \times 0.157 = 157\text{g}$

となります。

2. 肥料には不純物が含まれる

例えば、ある硝酸カリウム肥料の保証成分量が下記のように表示されていると、

硝酸性窒素 10.0%

水溶性加里 37.0%

硝酸カリウムの分子式は KNO_3 で、その分子量は

$39 + 14 + 16 \times 3 = 101$ です。

純度100%の硝酸カリウムに含まれる硝酸態窒素の含有率は

$14 \div 101 \times 100 = 13.9(\%)$ です。

同様に純度100%の硝酸カリウムに含まれるカリウムの含有率は

$39 \div 101 \times 100 = 38.6(\%)$ です。

一方肥料に表示された水溶性加里は酸化物ですから、単体のカリウムの含有率は

$37.0 \times \frac{39 \times 2}{39 \times 2 + 16 \times 1} = 28.3(\%)$

硝酸性窒素の純度は

$10.0 \div 13.9 \times 100 = 72(\%)$ です。

カリウムの純度は

$28.3 \div 38.6 \times 100 = 73(\%)$ です。

そこで、硝酸カリウムの施用量が300g 必要な場合、この肥料を300g 施用したのでは

$300 \times 0.72 = 216(\text{g})$ しか施用しないことになります。

硝酸カリウム300g 施用に必要なこの肥料の量は

$300 \div 0.72 = 416(\text{g})$ となります。

また、この肥料の硝酸カリウム以外の28%の不純物がイオン化する物質である場合には、この不純物によってもEC値が上がりますので、管理EC値を高める必要があります。さらに不純物がナトリウムや塩素などの好ましくない成分の場合には、それ自体で培養液の浸透圧を高めたり、他の養分吸収を阻害しますので注意する必要があります。

(宇田川雄二 千葉県農業試験場)



海外文献の紹介

イチゴの水耕栽培におけるホウ素要求性

A. Garate, M. Manzanares, A. M. Ramon and R. O. Carpena-Ruiz Dpto. (1990) Acta Horticulturae 287: 207-210.

ホウ素は植物の必須元素であるが、植物の代謝における基本的な役割はまだ明らかになっていない。イチゴはホウ素欠乏に対する感受性が低いと考えられているが、イチゴのホウ素要求性についての知見はまだ不足している。本研究では、イチゴにおけるホウ素の吸収と転流について調査した。

品種は“Douglas”を供試し、温室内で水耕育苗した。4個体を4リットルのポットに定植し、一カ月後に培養液のホウ素濃度を0.1ppmと0ppmにする処理を行なった。収穫は、処理後2, 4, 6, 8週目に地上部と地下部、古い葉と若い葉に分けて行なった。培養液は収穫毎に更新した。

ホウ素欠乏区において、植物体に欠乏症状は見られず、地上部の生長にも処理による差は見られなかった。果実収量にも処理による有意な差は見られなかった。しかし、

ホウ素欠乏区で根の新鮮重は生長にともなって増加せず、処理6週目には欠乏区の根の新鮮重は対照区の約二分の1になった。対照区では、生育初期に若い葉よりも古い葉でホウ素を多く蓄積したが、欠乏区では若い葉のホウ素濃度が急激に減少した。また、ホウ素欠乏区の培養液から0.1ppm以上のホウ素が検出された。根のホウ素含量を調べるのに、乾物を水抽出、塩酸抽出、メチルアルコール抽出したものと灰化した試料とを比較したが、抽出法による差は見られなかった。

以上の結果から、本実験で用いたイチゴ“Douglas”において、ホウ素欠乏に対する感受性は低いが、根の伸長が影響を受けることが明らかになった。また、ホウ素欠乏区の培養液中で見られたホウ素は、根のアポプラストから流出したものと考えられた。この品種では地下部の重量が地上部よりもかなり大きいので、地上部の栄養生長及び生殖生長に必要なホウ素濃度は、根のアポプラストから再吸収、転流してくる量があれば十分であると考えられた。

(大阪府立大農学部 蔬菜学研究室 岡 准慈)



連載

やさしい養液栽培： 病害回避のための栽培環境の管理



草刈 真一*

はじめに

培養液を介して伝染する病害は、発生すると施設全体に広がり、根を侵して致命的な被害を与えることから養液栽培で最も恐れられている。最近、ロックウールなど固形式培地を用いた養液栽培では、萎ちょう病、ウイルス病など培地に病原菌が残って伝染する病害の発生が多く認められ問題となっている。これらの病害はいずれも土壌伝染性病害の範疇に入るもので、養液栽培では培地を交換することから発生を回避できるとされてきた病害である。養液栽培では病原菌を栽培系内に入れないことが大切とされる。本報では、最近問題となった病害を中心に養液栽培における病害発生防止対策についてまとめた。

1. 種子伝染性ウイルス病とその対策

作物病害には、斑点細菌病、炭そ病など、種子を介して病気の伝染する病害が知れている(表1)。種子伝染性病害のうち萎ちょう病やモザイク病は、病原菌が土壌や培地に残り、汚染された培地を使うと再び病害が発生、被害が大きくなる。

大阪府下のロックウール栽培施設でトマトのモザイク病(TMV)が発生し、この施設の種子を調査したところ40%近い種子からウイルスが検出された。この種子を播種したところ約2%近い株にモザイク病が観察された。モザイク病は一度トマトに感染すると残根とともにウイルスが培地(スラブ)に残り、汚染スラブを用いるかぎり発生を繰り返すことになる。図1は、

表1 主要野菜の種子伝染性病害

トマト		キュウリ	
モザイク病	TMV	緑斑モザイク病	CGMMV
黄化えそ病	TSWV	斑点細菌病	<i>Pseudomonas syringae</i>
条斑病	TMV	褐斑細菌病	<i>Xanthomonas campestris</i>
斑点細菌病	<i>Xanthomonas campestris</i>	褐斑病	<i>Corynespora melonis</i>
かいよう病	<i>Corynebacterium michiganense</i>	黒斑病	<i>Alternaria cucumerina</i>
軟腐病	<i>Erwinia carotovora</i>	黒星病	<i>Cladosporium cucumerinum</i>
黒斑細菌病	<i>Pseudomonas viridiflava</i>	輪紋病	<i>Ascochyta phaseolorum</i>
葉かび病	<i>Cladosporium fulvum</i>	炭そ病	<i>Colletotrichum lagenarium</i>
萎ちょう病	<i>Fusarium oxysporum</i>	つる割病	<i>Fusarium oxysporum</i>
輪紋病	<i>Alternaria solani</i>	メロン	
		えそ斑点病	MNSV
		モザイク病	CGMMV-W 系
		斑点細菌病	<i>Pseudomonas syringae</i>
		褐斑細菌病	<i>Xanthomonas campestris</i>

* 大阪府立農林技術センター

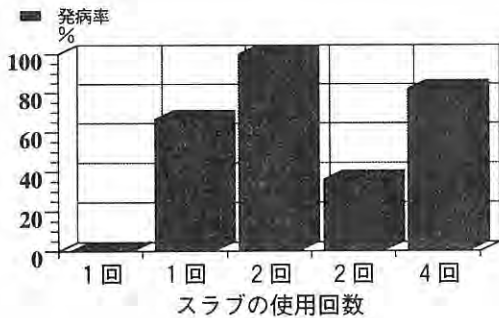


図1 ロックウール栽培におけるスラブの使用回数とTMVの発病率

発病圃場におけるトマトモザイク病の発病率とスラブの使用回数について調査したもので、使用回数が2回以上で高い発病率となっているのがわかる。また、表2は農林技術センター内の

表2 養液栽培栽培におけるトマトの連作とTMVの発生

培 地	使用回数	栽 培 作 物	発病率
粗穀	1作	無し	0.0%
粗穀	2作	キュウリ	0.0
粗穀	2作	トマト	7.7
粗穀	2作	トマト	95.5
粗穀	3作	トマト・キュウリ・トマト	4.5
粗穀	4作	全てトマト	88.9
粗穀	6作	全てトマト	85.0
ロックウール	2作	トマト	38.5
水耕		トマト	0.0

施設において発生したトマトモザイク病の被害を調査したもので、トマトの連作回数が多くなるほど被害が増加しているのがわかる。これらのスラブ内の残根からはウイルスが分離されており、ロックウールのようにスラブを繰り返し使用する方式では、土壌栽培と同じようにウイルスがスラブを介して伝染していくことがわかる。TMVは不活性化するのに90℃、10分という熱処理が必要で、汚染スラブを再生するには、高温条件が必要になる。ケミクロンGや臭化メチルで処理することによってウイルスを分解、不活性化できるが、薬剤がスラブ内に残る

と次作で障害がでる。夏期のハウス密閉による高温と、温風暖房機のダクトの熱を利用し3～4日間スラブを処理する方法がある。

ウイルスの種子伝染を防止するには、種子を10%の第3りん酸ナトリウム溶液に20分間浸漬し十分水洗する。ウイルス病予防では、まず種子に注意し、病気の予防で対応するのが大切である。

2. 根部病害の侵入と対策

トマトの根腐疫病発生圃場において病原菌の分布を調査したところ、罹病植物の根はもちろんであるが、礫、パネル、発病株付近の土壌から病原菌が検出され、施設内に広く病原菌が分布しているのが確認された(表3)。病害の発生

表3 トマト疫病発生圃場における病原菌の分布

	施設—1	施設—2
罹病植物(根部)	+	+
罹病植物(地際茎)	+	+
罹病株残渣	+	+
礫	+	—
パネル	—	+
健全植物(根部)	—	+
培養液(栽培槽内)	+	+
培養液(タンク)	+	—
通路土壌	—	—
通路土壌(発病株周辺)	+	+

した圃場では、通路、施設内の植物残渣は丁寧に除去し、栽培槽、タンク、養液の配管等についてはホルマリン、ケミクロンGにより消毒が必要となる。ホルマリンは、ケミクロンに比較し殺菌効果は高いが、池や水田に廃液が流れ込んで被害の発生した事例もあり使用には注意が必要である。ケミクロンGは塩素系の殺菌剤で500～1000倍に希釈し、タンク、配管、栽培槽が十分つかないように薬液を入れて消毒する。太陽光線によって分解しやすいので夜間に処理するとよい。昼間処理する場合には、黒のマルチフィルムなどで太陽光線を遮るようにする。礫耕で礫を消毒する場合には残根を十分取り除いてから消毒したほうが効果があがる。これは太い根などがあると根の内部まで十分殺菌されないことがあり、これらの残根中の殺菌されなかった

病原菌が感染源となる可能性がある。処理後のケミクロンGの廃液には注意が必要で、2～3日間太陽光線にさらしたあと施設内の土壤に吸収させるのが良い。

育苗中の病害発生防除も重要で、特に5～6月、9～10月の育苗で発生が多く、罹病株から疫病菌あるいは *Pythium* 属菌が分離される。発病株率は2～3%程度であるが、周辺の健全苗すべてから病害菌の検出されることもある。罹病植物を除き健全な苗を移植したつもりでも、病原菌を本圃に持ち込む結果となる。苗の観察と管理が重要で、病原菌の侵入のないようにすることが成功の秘訣のように思われる。

発病した場合の対策であるが、培養液中に薬剤を入れて防除する使用登録のある薬剤はない。現在のところミツバの立枯病についてはフルトラニル水和剤（モンカット水和剤）が散布薬剤として登録されただけである。残留農薬についてのチェック体制も厳しくなっている。登録外使用はしないことである。

3. 養液栽培に病害防除の試み

養液栽培では病原菌の侵入によって大きな被害となることから、病害発生を防止する方法の検討がなされている。紫外線ランプによる殺菌装置は、礫耕栽培当時から試験がされ、実用的

な装置も開発されている。紫外線によりキレート鉄の分解という欠点があるが、補給に十分注意すれば問題はない。殺菌効果は病原菌の種類によって異なる。青枯病菌など細菌類では弱い線量で殺菌されるが、フザリウム属菌などは高い線量が必要となる（表4）。紫外線処理では、ランプを培養液中に設置するのに防水が必要で、石英管（紫外線を吸収しない容器が必要となる）などにいれ水中に設置されることが多い。最近では、直接水中に紫外線ランプを設置できる流水殺菌灯（図2：松下電器kk）も市販されており、組立てることも容易である。

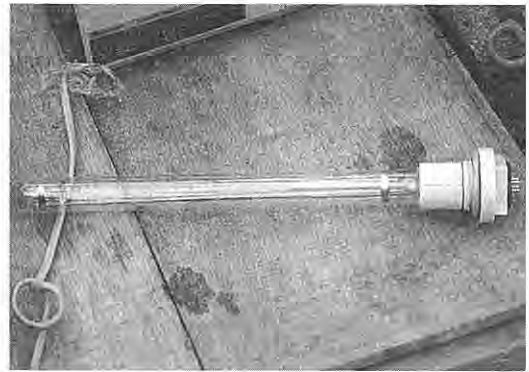


図2 流水殺菌灯の外観

写真は GL-13/Q で防水されておりガラス管部分を直接水中に設置できる。

表4 紫外線による病原菌の殺菌

トマト青枯病菌に対する紫外線の殺菌効果

紫外線ランプの数	紫外線の照射時間（秒）					
	0	10	20	30	60	120
5本	25.4 ^{a)}	0	0	0	0	0
8本	33.2	0	0	0	0	0

a) 希釈平板法による病原菌数(×10⁵cfu/ml)。

キュウリつる割病菌に対する紫外線の殺菌効果

紫外線ランプの数	紫外線の照射時間（秒）					
	0	30	45	60	120	180
5本	25.4 ^{b)}	29.5	13.2	6.5	4.7	0.0
8本	98.1	29.4	7.8	1.9	0.0	0.0

b) 小型分生胞子の発芽率(c/c)。

紫外線ランプは流水殺菌灯(GL-13/Q：紫外線出力1.7W)をステンレス掃に設置して試験した。

紫外線のほか熱、オゾンによる殺菌法(図3)も研究されている。いずれも大きな養液栽培施設では経費がかかるのが欠点で、面積に小さい育苗施設等に利用する方法を検討し被害発生を少なくできるような機器の開発が期待される。

4. おわりに

防除対策については、拮抗微生物の利用も検討されている。養液栽培では、養液中に微生物を入れることで根圏に拮抗菌を供給できることから土壌より効果的とされ、有効菌の検索がなされており実用化も検討されている。

養液栽培における病害対策は、大阪府においても重要テーマであり、農薬の使用登録を含めより有効な防除対策について検討していきたいと考えている。

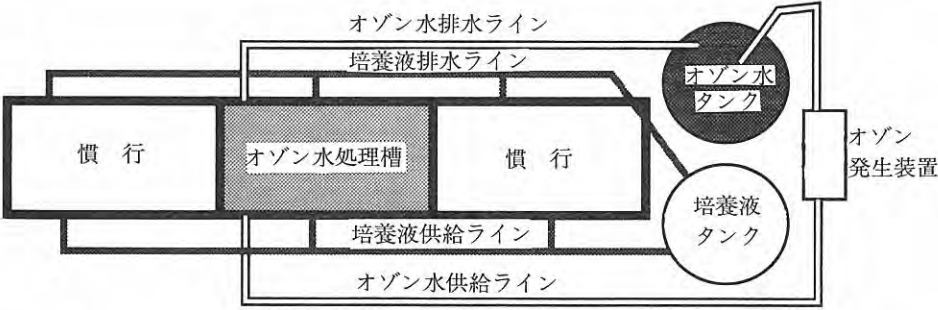
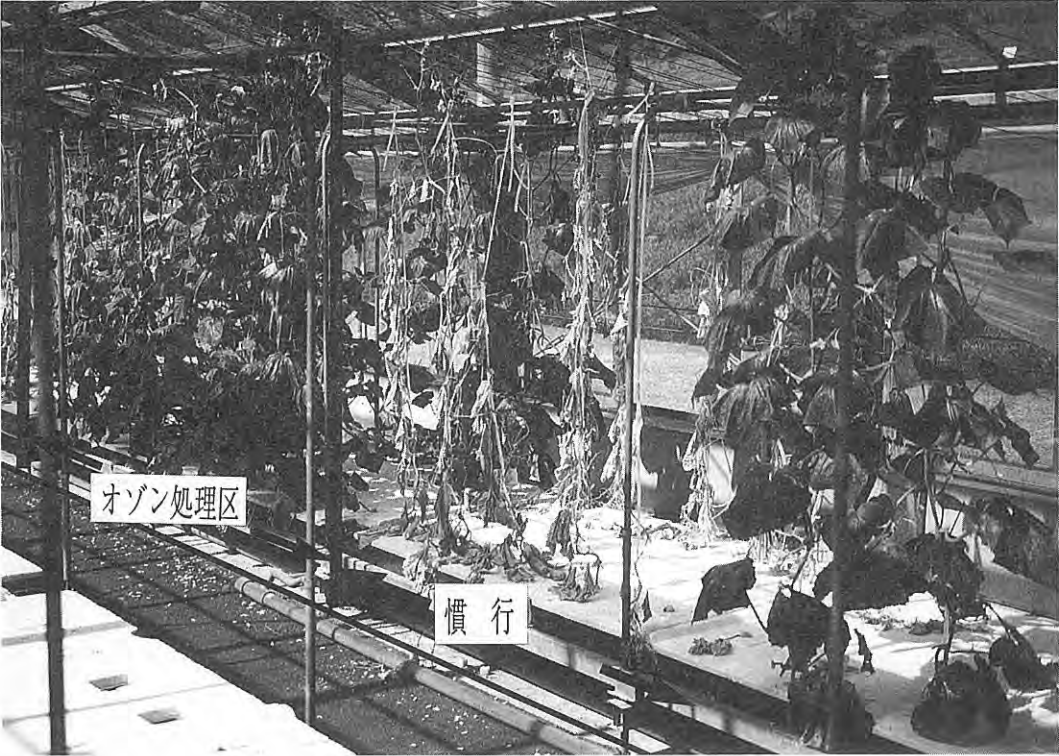


図 3 オゾン水循環装置を設置した栽培試験装置

培養液は1日3回循環し、培養液循環終了後オゾン水が循環するようになっている。

?? 養液栽培質問箱 ??

池田英男*

Q. 最近、水道水の pH がかなり高いせいか、栽培中の培養液の pH は一般に適当とされる 5.5~6.5 よりかなり高めに経過している。心配ないだろうか。また下げるのにはどうしたらよいだろうか？

A. 近年、水道水は水道管のサビ防止のためかなり pH が高くなっていて、筆者の測定例では pH7.9 というものがあったが、このような水道水は水耕にはあまり好ましくない。このような場合でも、肥料を溶かして培養液にすると pH は下がり、好適範囲に入るなら問題はない。また栽培中の pH としては、5~7 の範囲では問題ないと考えられる。

培養液の pH が高いことによって生ずる可能性のある問題はいくつかあり、一つは鉄(Fe)が吸収されにくくなると同時に、不溶化が早くなる。キレート鉄(Fe-EDTA)はかなり広い範囲の pH で安定とされているが、pH5.0 では 7~10 日間で 10% 程度の不溶化が測定されたのに対し、pH7.5 では同じ期間に約 20% の不溶化が測定された例がある。このほか、亜鉛(Zn)や銅(Cu)などの重金属類も不溶化して欠乏症を起こす恐れがある。

pH を下げるためには、硫酸(H_2SO_4)が使用される場合が多い。しかし、pH が恒常的に上昇傾向にある場合、これを下げるためにどんどん硫酸を入れるのは SO_4 を増加させて電気伝導度(EC)を高める原因にもなって、結局液替えをしなければならなくなる。

培養液の pH を下げるためには、リン酸が使われる場合がある。リン酸はそれ自身ある程度高濃度で施用しても作物生育の障害とはなりにくいものであるが、培養液中ではカルシウム(Ca)と反応して沈澱を生じやすいので、あまりの多用は避けるべきである。

このほかに、pH を下げる目的で使えるものに

硝酸(HNO_3)がある。硝酸はかなり薄めても皮膚につくと障害を起こすので、扱いには注意が必要である。硝酸は、それ自身窒素源として作物に吸収されるので、硫酸のように SO_4 が培養液中に多量に残って問題になる、ということはない。トマト栽培の後半など、培養液中に Ca が残り気味で pH が高くなりやすいときなど、硝酸カルシウム [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$] の代わりに使うと、Ca を増やさずに窒分(NO_3)だけを補うことができる。

上記の方法とは別に、作物によっては硫酸 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] を適当量混ぜることによって pH を下げたり、pH の変化を少なくすることができる。すなわち、アンモニウムを優先的に吸収する作物(例えばレタスやイチゴなど)では、培養液中にアンモニウムイオン(NH_4)があるとこれを硝酸イオン(NO_3^-)より多く吸収して pH は低下する。これに対し、ホウレンソウ、カブなどは硝酸を優先吸収する傾向が強いので、 NO_3^- と NH_4^+ の比率を 8:2 から 6:4 程度にしておくと、培養液の pH はかなり長時間安定して維持できる。

* 大阪府立大学農学部

本会記事

事業・企画・情報・編集合同部会報告

日 時：1993年5月7日(金)

場 所：千葉市ちば共済会館

出席者：会長以下16名出席

議題1 規約改正後の本会の運営について

(1) 各部会の業務分担及び運営委員会の所属部会について次のように決定した。ア) 事業部会(部会長；糠谷，幹事；丸尾，部会員；佐々木，飯田，成川，橋本，寺林)；総会・運営委員会・監査会などの開催，渉外，役員候補推薦と折衝，研究会予算案・決算案作成，顧問候補の推薦，会計，会員管理，財務管理。イ) 企画部会(部会長；並木，幹事；宇田川，部会員；武市，犬伏，堀内，篠原)；企画，研究会の開催，規約。ウ) 編集部会(部会長；高野，幹事；鈴木，部会員；橘，中島，池田，村瀬)；会誌ハイドロポニックスの編集発行。エ) 情報部会(部会長；田中，幹事；正森，部会員；小菅，谷)；情報収集，ニュースレターの編集発行，会員募集。(2) 総会での事業報告の方法について審議した結果，昨年までと同じように庶務，集会，企画，編集，情報の項目に分けて事業報告を作成，報告することとした。(3) 特別講演会「世界を翔ぶ養液栽培」の予算に絡んで各大会の余剰金の取扱を審議し，昨年度の静岡，東京大会の余剰金を特別会計に繰り入れ，準備金を積み立てることとした。(4) 予算案作成方針について討議した。(5) 運営委員会は，年1回総会の数カ月前に，各部会は適宜必要に応じて開催する(総会時でも可能)ことにした。

議題2 今後の総会，研究会について

1993年7月24日(土) 第20回養液栽培研究会・

愛知大会

1993年9月29日(木) 第21回養液栽培研究会・千葉大会

1993年11月25・26日 第22回養液栽培研究会・和歌山総会

1994年1～3月 第23回養液栽培研究会・東京大会

1994年8月29日 特別講演会第24回養液栽培研究会・大阪大会

1994年9月1日 特別講演会第25回養液栽培研究会・東京大会

1994年11月 第26回養液栽培研究会・総会

議題3 その他

(1) 第20回愛知大会について鈴木委員より大会案内の説明があった。(2) 特別講演会「世界を翔ぶ養液栽培」について集会担当より具体案(スピーカ候補者としては，Benoit(ベルギー)，Ho(イギリス)，Van Os(オランダ)，Le Maire(フランス)の4名)が提出された。(3) ハイドロポニックス第7巻第1号の目次，執筆者について，鈴木編集部会幹事から説明があった。次号には会員名簿が掲載されること，ISSN 番号の取得を検討すること，第2号を2月末に確実に発行するために原稿の締切を1ヶ月早めることなども提案された。(4) ニュースレターを佐藤印刷で，印刷・発送すると若干高くなるようであるが，委員の負担軽減を考え，今後も継続することとした。また，情報部会で，入会案内を1,000部作成し，本会研究会等で配布すると共に，各運営委員の手元にも置くこととした。