「農業と繊維・高分子」特集

水耕栽培

渡 辺 寛 之

1. はじめに

オランダにおいては施設野菜生産のほとんどがRW（ロックウール）栽培となっており、我国でも栽培面積が増加している。今までの水耕栽培に比較して栽培が安定しており、総合的に経済性の高いことがその要因である。しかし、それ以上に重労働の軽減によって、雇用による企業の経営のできる技術である点が評価されている。我国の農業は、後継者の減少により、零細農業から少数の中核生産者による大量生産に生産形態が移行する過渡期にある。RW栽培や底面給水は、中核農家の飛躍へのステップとなる技術と解釈できる。

2. 今後の動向

我国では有機栽培の野菜への関心が高く、水耕栽培は、品質的な問題も指摘され、必ずしも評価されていない。平成3年、施設栽培の中で水耕施設の占める割合は、野菜で1.2%（農林水産省食品流通局調査）しかない。このうちRW栽培は、水耕栽培全体の18%である。花き栽培では水耕栽培への取り組みが遅れ、昭和62年は0.2%であったが、その後RW栽培の導入によって平成3年には1.0%（63ha）に急増した。花の水耕栽培の72%はRW栽培であった⁵⁾。特にバラでは平成4年の5月には栽培面積の20%（82ha）にRW栽培が導入されている²⁾。

今後、省農薬または無農薬での安全な農産物の生産が望まれるが、後継者や農耕適地の減少などから、生産と品質の両面で高い経済性を持ったRW栽培技術の確立が必要である。また環境保護から養液を循環使用しなければならないであろう。養液の循環についての研究と分析体制の整備が待たれる。

地下部の環境を最適に近い状態に維持できるRW栽培

培では、炭酸ガス施用や補光など地上部環境の改善が必要であろう。

3. 水耕栽培、底面給水の分類と特徴

水耕栽培は狭義の水耕と固形培地耕に分けられる。後者は土耕栽培に近い栽培法で、培地として砂、礫等が用いられる。培地に孔隙があるので根への酸素供給が容易である。しかし、一定の培地を安定的に入手することが困難で、養液の組成に培地が影響することも多い。RW栽培も固形培地耕に分類される。

培地を使用しない狭義の水耕（湛液水耕やNFT）では、養液や根への酸素供給が問題である。これを改善するために部分的に培地を用いたり、根に養液を噴霧するなど色々な方式が用いられているが、設備費が高い。

鉢もののマットによる底面給水（図1）では給水時自由水面と鉢底とが接するので、鉢底が過湿になる恐れが

図1 鉢ものの底面給水

Nutrient Culture

筆者紹介 HIROYUKI WATANABE

The Nara Prefectural Agricultural Experiment Station

奈良県農業試験場栽培課 主任研究員

筆者は長年、シンテッポウユリの作型開発、バラのロックウール栽培など花き園芸の研究に従事されている。

本稿では、水耕栽培の現状と将来への課題を解説していただいた。

あり、培地の水分含量が適正レベル内で増減するように灌水は間欠的に手動か自動によって行われる。ひもによる底面給水では鉢底から自由水面までひもや毛管スティックによって一定の距離（水分張力）が保たれているので、水や養液は常時供給される。欧米では最近、4.5m×1.8m程度の移動できるプールで養液の腰水給水ができる Ebb & Flow が増加している。これらも給水方法に違いがあるが、基本的には固形培地耕である。

4. ロックウールの製造方法

RW は世界的には我国の明治時代に製造が始まっており、もともと断熱材として利用されていたもので、現在も需要のほとんどは建築向けである。原料は高炉スラグ、玄武岩、石灰岩であり、これらを千数百度で熔融したものを回転するローターに落とし、わた飴のように繊維状にしたものである^{1,4)}。この繊維にバインダーであるフェノール樹脂と親水性を付与するために界面活性剤を加えて厚さ7.5ないし10cmの板状に成型して、一定の大きさ（例：幅30cm、長さ91cm）にカットしたものがRW ベットである。さらに7.5cm角あるいは10cm角の大きさにカットしたものがRW ポットであり、苗の養成に利用されている。また稲の育苗用に、さらにうすくしたものも製造されている。また成型しない粒状綿は、鉢ものの栽培に利用されている。

5. ロックウールの性質

主成分はケイ酸カルシウムであり、結晶構造の石綿と異なり、細く縦に割れることがないので石綿のような発がん性がないとされており¹⁾、石綿の代わりに使用されている。RW ベットの繊維の表面はコーティングされているので化学的な活性は低いが、pH4以下の酸性条件では少しずつ溶解する。それでも栽培ベットとして通常の栽培に用いた場合、例えばバラの栽培では根がRW の物理性を維持してくれるので、6年間の継続栽培が可能であった。

栽培では、RW の物理性が非常に重要である。つまり養液を保持すると同時に、根の呼吸に必要な酸素が供給されなければならない。RW の90%以上は孔隙であり、水分保持力が弱く、RW の上部は水分含量（液相）が低くて気相が多いのにたいし、下部では水分含量が高くて気相が少ない。第2図は水分張力（自由水面から水を吸い上げる力）と水分含量の変化を測定したものである。低い水分張力でも水分含量は大きく変わり、同じ水分含量でも水分の増加過程では減少過程よりも水分張力が低く、水分を保持する力が弱い⁶⁾。

図2 ロックウールの吸排水特性

7. ロックウールの廃棄

RW は土壤改良資材として水田に施用されるケイ酸カルシウムと同じ成分であり、使用後のRW は水田に投入できる。RW を水田に並べてトラクターですき込めば、稲の定植に支障のない程度に粉碎できる。水稻を栽培したのち秋に耕起すると、このような繊維の塊はほとんど認められなくなる。玄米の収量も5～10%増加する³⁾。

8. ロックウール栽培装置の概要

RW 栽培は、ベットに養液を含ませて植物を栽培できればよく、図3のように養液を調製する部分、給液する部分、植物を栽培するRW ベット部分に分けられる。通常、生産者は養液をかけ流してベットからの排液を捨てる方式を採用している。これは病原菌の蔓延と養分組成のアンバランスを防ぐためである。

養液の調製は、タンクでする方式とタンクを用いずに給液パイプに直接肥料原液を混入する方式がある。前者は肥料濃度をEC（電気伝導度）で制御するので、養液を循環するのに適している。ほとんどの装置は2液混合であるが、4種類以上の肥料原液を混入できる装置も販売されている。

給液のノズルには3種類のものが使用されている。ドリップ式の高価であるが圧力調節機能が付いており、給液むらが最も小さい。この方式で最近では、RW に差し込むだけでセットできるものが販売されている。ほかにマイクロチューブも使用されている。土耕で使われている灌水用のチューブを使用することもでき、最も安価で、交換も容易である。

RWは国内4社のほか一部デンマークのものが輸入されている。導入当初は栽培管理が不慣れであり、外国のものやメーカー間に差があると報告されていた。しかし、玄武岩を原料とするものも熔融時に石炭岩を混入しているため、主成分は鉄鋼スラグを用いているものと同じケイ酸カルシウムであり、化学組成に大きな違いはない⁴⁾。また、メーカーによって繊維の太さや密度が異なるが、これによる生育差はない¹⁾。望まれるのはベットの水分特性などにばらつきのないことである。

9. 水分含量のコントロール

市販されているシステムでは、日射量、RWの比熱、RWの水分張力等を利用して給液がコントロールされている。筆者は生産者が簡単に自作できる制御方法として、次の方法を考案した。図3のように24時間タイマーとサブタイマー、フロートレスイッチを組み合わせて、RWにポリエステルキャピラリーで接続した直径20mm程度の容器内の水位の変化(水分張力の変化)を利用して制御を行う⁶⁾。この方法では、キャピラリーの量、容器の直径を変えることで水面の上昇速度を変え、排水量のコントロールが可能である。実際には水位の上昇をやや遅くしておき、サブタイマーによって給液を一定時間で切り上げて排水量を10~20%にコントロールする。

バラの栽培では定植直後は水位をRW底部まで上げておき、徐々に下げ、定植1か月以降は-5cmに下げて管理するだけでよい。

図3 ロックウール栽培装置

10. 養 液

A, B2種類の、粉末の配合肥料を溶かして用いるか、調製された液体肥料を用いる。従来の水耕栽培者は単肥(工業用薬品)を調製している人が多いのに比べて、RW栽培の生産者は配合肥料を購入する割合が高い。オ

ランダでは、タンクローリーで配送された複数の単肥の原液から養液を調製している。

養液の組成は園試処方が基準になり、かけ流しのRW栽培ではこの肥料だけでほとんどの植物に対応できる。しかし、排水量を少なくしたり循環栽培にする場合は、作物、用水に適した組成に変更しなければならない。

なお、オランダでは良質の用水が確保できないため雨水の利用率が高く、これが養液組成の標準化や収量増加に寄与したといわれている。

11. 他の培地の利用

我国およびオランダでは、RWに代わる固形培地の検索が行われている。フェノールフォーム、グラスウール、樹皮などさまざまなものが検討されている。培地として備えていなければならない条件はRWと同じであるが、農業に用いるためには水分コントロールが容易で、収量および経済性が高くなければならない。現在のところこのような条件でRWを上回る培地はないようである。

鉢もの栽培も、土に腐葉土等を混合して固形肥料を添加する栽培から、生物的、化学的に活性の低い培地を用いる固形培地耕的な栽培に変化してきている。培地としてはRW、ピートモス、パーライト等が素材の候補となろう。それぞれの底面給水の方式に適した培地の条件が検討されなければならないが、基本的には水分が上方へ移動しやすい培地でなければ底面からの自動給水は難しい。また過湿を防ぎ、水分上昇を容易にするには、小さな孔隙を内部にもつ大きな粒子が適している。

引用文献

- 1) Denis, L. S. : Rockwool in Horticulture, Grower Books, 5~11 (1987)
- 2) 水戸喜平: バラのロックウール栽培の現状, ハイドロポニックス, 6 (2), 23~24 (1993)
- 3) 中林和重・斎藤伸芳・内山和也: 水田における使用済ロックウールの施用効果, 日土肥誌, 61, 184~186 (1990)
- 4) 日本農業気象学会: ロックウール耕の現状と将来, 55~75 (1986)
- 5) 高島友三: 養液栽培の普及の現状と今後の推進方向, ハイドロポニックス, 6 (2), 36~40 (1993)
- 6) 渡辺寛之・横井邦彦: バラのロックウール栽培に関する研究 (第1報), 給水制御方法について, 奈良農試研報, 22, 73~80 (1991)

(平成5年5月17日受理)