

File No. 53

## 養液栽培とその肥料

養液栽培は、肥料を水に溶かした液（培養液）によって植物を栽培する方法である。養液栽培の長所として、畝立、土寄せ、施肥、除草などの土耕に必要な作業が省略できること、灌漑と施肥が自動化され、肥料と水の利用効率がよく、大規模化が容易になること、土壤病害や連作障害を回避できることなどが挙げられる。特に植物の生育に合わせて養分と水が最適に投与され、植物の生育が速く、肥料や水の利用効率が高いことが最大の特徴である。

養液栽培は植物の根を支える培地の有無により、水耕栽培と固形培地耕に分けられる。固形培地を使わず、培養液だけのシステムは「水耕栽培」と呼ばれ、代表的なシステムはDFT湛液水耕とNFT薄膜水耕である。両者は栽培システム中の培養液が深いか浅いかの違いで区別されるが、中間的なシステムもある。水耕栽培は養水分の吸収効率が高く、植物の生育は多くの場合固形培地耕よりも速く、植物工場がほとんど水耕栽培を採用する。根を支える培地がないため、地上部が高く重い植物に適さず、主にミツバ、リーレタス、チンゲンサイ、コマツナ、ホウレンソウなどの葉菜類はこの栽培方式を使用する。

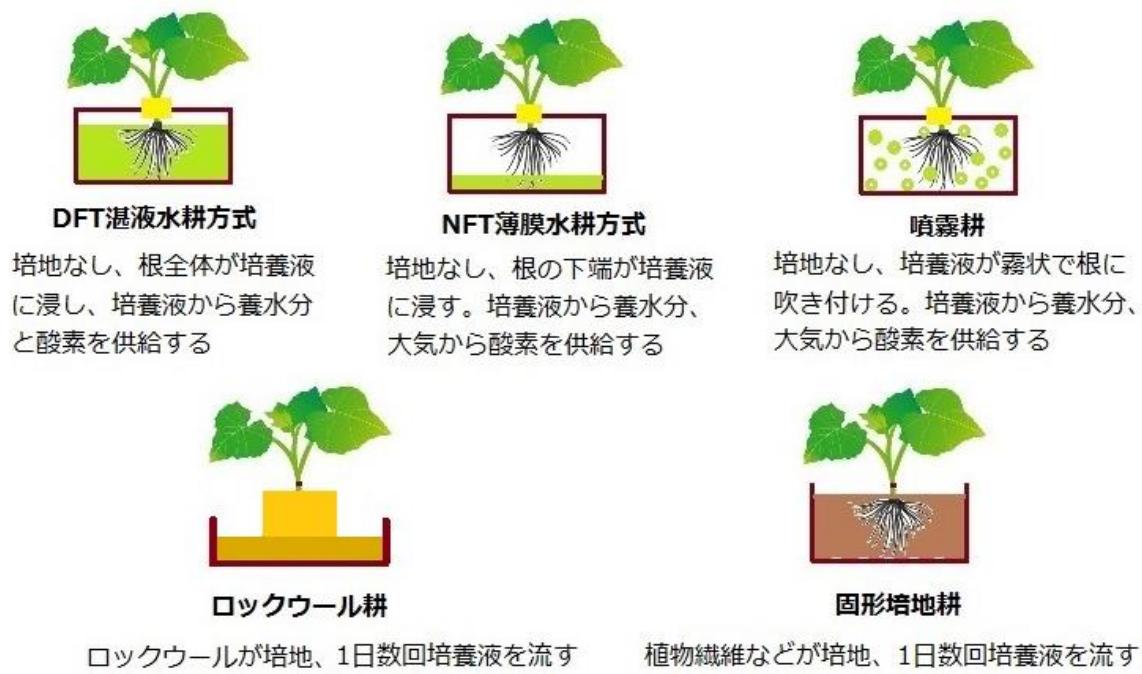


図 1. 各養液栽培システムの模式図

一方、固形培地を使うシステムは「固形培地耕」と呼ばれ、ロックウールを培地とするロックウール耕が最も多く普及しているが、最近ではヤシ殻のような植物纖維やパーライトのような無機粒状鉱物を主体とする固形培地を用いる方式も増加している。固形培地は植物体を固定支持するほか、土壤よりも透水性が良好で、培地を構成する粒子間隙や粒子

内部にゆるやかに培養液を保持しており、根の養分吸収利用機能が発揮しやすい。また、固形培地があるので土耕の感覚が応用できることも特徴のひとつである。施設栽培ではトマト、イチゴ、キュウリなどの果菜類やバラなどの花き類はこの栽培方式を使用することが多い。各養液栽培方式の概略は図1に示す。

極め付きは「養液土耕栽培」である。このシステムは土そのものを培地として使い、土耕感覚で栽培でき、作後の培地廃棄もないうえ、何より尿素や硫安、塩化カリなどの汎用肥料を使え、肥料を含む農業資材のコストが安い。国外を中心にこの30数年間増えてきた。養液土耕栽培の詳細は別の文章で説明する。

植物の生育に窒素など16種類の必須元素があり、その中の一つを欠けては成長ができない。必須元素のほか、ナトリウムやケイ素のような植物生長を助ける元素もある。養分なしでは植物が生育できないことは慣行栽培も養液栽培も同じである。

しかし、養液栽培はその文字のとおり、培養液で植物に養分と水分を供給するため、まず、肥料が完全に水に溶けなければならない。すなわち、完全水溶性のものしか使えない。

次いで、植物は尿素態窒素や有機性窒素をそのまま吸収利用せず、アンモニアイオンも微量しか吸収利用できない。なお、アンモニアイオンが微量では問題がないが、一定濃度を越えると、植物に害を与える恐れがある。従って、養液栽培は主に硝酸性窒素の肥料を使う。

さらに養液栽培、特に水耕栽培は土壤の緩衝作用がなく、培養液が直接に根に接触して、pHが根の機能に大きく影響を及ぼすため、化学的弱酸性か中性の肥料しか使えない。

また、微量元素について、培地からの供給が期待できないので、培養液が提供しなければならない。

従って、養液栽培では慣行栽培用の単肥や化成肥料はそのままでは使用できず、限られている肥料しか使えない。当然、値段も汎用肥料より高い。

以下は、主な養液栽培用の肥料をリストアップする。

1. 窒素： 硝安、硝酸カルシウム、硝酸加里、りん酸一アンモニウム
2. りん酸： りん酸一アンモニウム、りん酸一カリウム
3. 加里： 硝酸加里、りん酸一カリウム
4. カルシウム： 硝酸カルシウム、塩化カルシウム（稀に使用）
5. マグネシウム： 硫酸マグネシウム、硝酸マグネシウム
6. 微量元素： ホウ酸、硫酸第一鉄、硫酸亜鉛、硫酸銅、モリブデン酸ナトリウム、EDTA-鉄、EDTA-亜鉛、EDTA-銅など

このリストには硝酸加里やりん酸一アンモニウムのような2つの養分を有するものが多い。また、これらの肥料の特徴は完全水溶性だけではなく、その溶液が弱酸性～中性で、微量元素を除き、強酸性やアルカリ性を呈するものがない。

通常、培養液の処方は、正常な生育をした植物体の分析、養液栽培実験で養水分吸収速度と吸収量の追跡、各養分イオンの組成・濃度を変化させながら栽培実験の結果などに基

づいて、その最適な組成、濃度を決める。適切な配合と調節が必要であることはもちろんだが、化学反応により沈殿を生じないように肥料の選択に注意も必要である。処方の確定には手間暇がかかり、普通の農家では簡単にできる仕事ではないので、市販の配合済み肥料または農協や業者が推薦する処方を採用するところはほとんどである。

植物の種類によってその生育に所要の養分量が異なり、同じ植物でも品種、栽培時期、生育段階、温度、光条件などによって養分吸収量が変わる。培養液の成分組成はそれに合わせなければならないが、実際の栽培ではこのような細かい点までコントロールできなかったため、同じ組成の培養液を追加しながら使い、生育段階や栽培時期で濃度を調整して対応することが多い。

培養液を調合する際に、各肥料が粉のままで混合・溶解すると肥料間に化学反応を起こして沈殿が生じ、肥料養分が不溶性になってしまうことがあるので、注意すべきである。特に、硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ )、りん酸イオン ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) がカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ )、マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) と反応して、 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{CaHPO}_4$ 、 $\text{MgHPO}_4$  を生成して沈殿し、吸収利用できないばかりではなく、養液栽培のタンクや配管に付着して、送液に支障が出る恐れがある。この問題を解決するには、個別に原液を作り、使用の際に希釈してから配合することは有効である。

養液栽培に用いる原水の水質も重要である。石灰岩流域に多く見られる硬水はカルシウムとマグネシウムイオンが多く含まれ、沈殿が発生しやすい。また、鉱山地帯に鉄や銅のような金属イオンを多く含む原水では微量元素は低濃度であっても過剰障害が発生するため、ある程度以上の濃度で含有している場合、原水として使えないことが多い。

培養液の管理も重要である。ロックウールや有機質培地を使う「固形培地耕」では培養液をかけ流し、循環使用しないところもあるが、培地なしの「水耕栽培」方式では培養液を回収して循環使用する。従って、培養液の循環使用には注意が必要である。

循環方式の培養液の管理は下記の注意事項がある。

## 1. 培養液の濃度と pH 変化

培養液の養分組成と濃度が植物に吸収された養水分量と一致している場合は、培養液の組成と濃度は変化せず、吸収された量だけを追加補充すればよい。しかし、植物の養水分吸収量は生育状況、生育ステージ、環境条件等で変化する。

気温や日射量が植物葉の水分蒸発を通して、根の水分吸収量に大きく影響を及ぼし、培養液の濃度が変化する。また、植物の各養分の吸収速度と培養液の養分組成がずれて、特定養分が多く吸収された場合もある。陽イオンと陰イオンのバランスが崩れ、根から排出される根酸や根の腐敗により発生した有機酸によって、回収した培養液の pH が酸性に傾ける傾向がある。

従って、回収した培養液の養分濃度と pH を常に監視し、調整する必要がある。

- ① 養分の濃度調整は EC (電気伝導度、Electro Conductivity) を指標にして行う。
- ② pH は 5.5~7.0 に維持する。pH を下げたい場合は硝酸やりん酸、pH を上げたい場合は

炭酸水素カリウム（重炭酸カリウム）を使う。pHを矯正する場合は一度に1.0程度の大きな矯正は根に与える影響が大きいので、徐々に行う必要がある。

条件があれば、自動計測装置を培養液タンクに設置し、常に調整することを勧める。(図2A)

## 2. 培養液の殺菌消毒

養液栽培は施設内で行うもので、慣行栽培に比べ病原菌の感染が起きにくいが、人員、資材や苗からの持ち込み、施設内地面粉塵の飛散等により根部の病害発生があり得る。一旦病気が発生して、汚染された培養液により一気に広げられる恐れがある。従って、回収した培養液を循環使用する前に殺菌消毒をすべきである。

培養液の殺菌消毒方法は熱、紫外線、ろ過、オゾンなどがあり、コストパフォーマンスとしてろ過+紫外線が一番良いといわれる(図2C)。



図2. 培養液に使う各種装置。

A : 培養液の EC・pH 自動計測装置とろ過装置、B : 培養液タンク、C : 紫外線殺菌装置

## 3. 培養液の更新

循環方式の培養液は更新を行わずに長期間栽培する場合は、根から分泌された有機酸などが蓄積し、目標とする培養液組成が維持できなくなることが多い。病気が発生した場合は病原菌の汚染もある。定期的にまたは必要に応じて培養液を更新すべきである。

通常、葉菜類では1作経過すると、培養液の汚れが溜まり、次作の生育不良を引き起こす恐れがあるので、作ごとに更新する。トマトのような長期栽培の場合は、病気が発生した場合はもちろんのこと、植物を元気に育てる観点からも定期的に培養液を更新することが必要である。

## 4. 排液の処理

養液栽培施設は国の「水質汚濁防止法」に基づく対象施設ではないが、使用後の培養液はまだ無機養分が多く含まれて、そのまま河川への排出や地下浸透等により環境への影

響が懸念される。排液は主に硝酸性窒素が問題となることが多い。使用した培養液の排液処理には処理コストの少ないこと、維持管理負担が軽いことが必要条件となる。通常、排液を水田または脱窒用還元ゾーンに導水して微生物による自然脱窒させることが望ましい。