

Development of an open/closed hybrid hydroponic culture system

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 笠原, 賢明, 渡邊, 修一, 吉川, 弘恭, 柴田, 昇平 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001716

循環式養液栽培装置への培養液供給動作を参照して給液制御する かけ流し式養液栽培装置の開発

笠原賢明・渡邊修一¹・吉川弘恭・柴田昇平

Key words : 養液栽培, 給液制御, トマト

目 次

I 緒 言	99
II 原 理	100
III 装置の試作とトマト栽培への適用例	103
IV 結果および考察	105

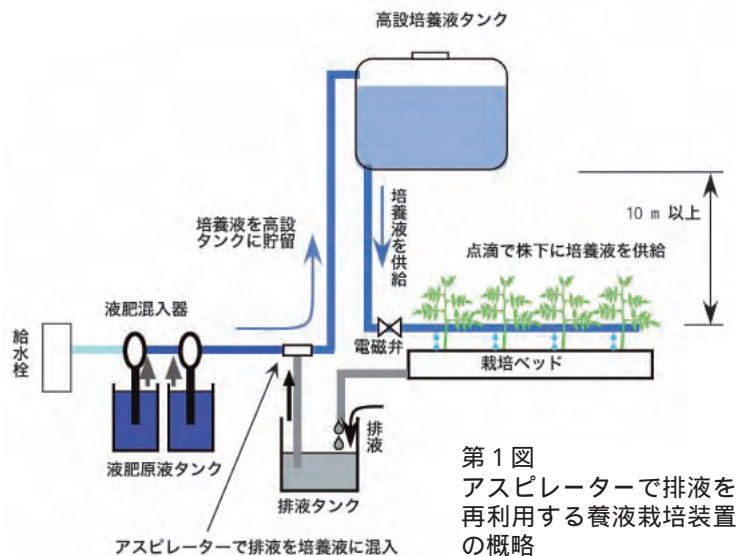
V 摘 要	107
引用文献	107
Summary	108

I 緒 言

近年トマトの生産に、土壤病害の回避、栽培管理の省力化や高品質果実の高収量化を図るために養液栽培が導入されている。一般に養液栽培を導入するにはコストが大きな問題である。四国地域に多い中山間傾斜地の小規模農家で養液栽培をおこなうには、スケールメリットを得にくいいため、平坦地以上にコストを低く抑える必要がある。筆者らはこれまでに、排水を再利用できる低廉な傾斜地用養液栽培装置を開発した^{1,2)}。傾斜地で使用するために地形を利用する、給液ムラが生じないようにする等の工夫はあるが、平坦地でも利用可能である。基本構成は、ロックウールなどの固形培地に点滴で培養液を供給する方式、いわゆる上面給液によるかけ流し式の固形培地耕である。この方式では作物の株下に、すべての株で同量の培養液が供給されるように点滴資材を設置する。本装置の給液制御は市販の24時間タイマーとサブタイマーの2種類のタイマーを組み合わせることでおこなう。すなわち、24時間タイマーで1日の給液回数と

給液時間帯（給液時刻）を設定し、サブタイマーで給液時間の長さを設定することで1回あたりの給液量を調節する。日射などの環境センサ類や制御用のコンピュータなどを使用しないため安価である。

この養液栽培装置は0.3 MPa程度の水源水圧があれば、水圧のみで作動し、動力ポンプを必要としない。作物が吸収しきれない余剰な培養液（排水）はいったんタンクに貯留し、アスピレーターを用いて新しく調製した培養液に混入して再利用する（第1図）²⁾。排水のアスピレーターによる培養液への混



第1図
アスピレーターで排水を
再利用する養液栽培装置
の概略

(平成22年8月17日受付, 平成22年12月15日受理)
中山間傾斜地域施設園芸研究チーム

¹ 広域農業水系保全研究チーム

本研究の一部はプロジェクト研究「省資源プロ・省化学肥料型」の援助で実施した。

入率は最大で2割程度である。したがって、栽培ベッドへ供給する培養液に対する排水の割合、すなわち排水率を2割以下に抑制すれば発生する排水を全量再利用することができ、この装置は施設外に排水を廃棄しない閉鎖式の養液栽培装置として使用することも可能である^{1,2)}。

開発した養液栽培装置で排水の再利用をおこなう利点は、水と肥料を節約できることである。しかし、1株でも青枯れ病等の土壌病害が発生すると培養液を介して施設全体へ蔓延する危険がある。排水の殺菌装置の導入にはコストがかかるため、農業生産現場で普及するには至っておらず、かけ流し式の装置としてのみ利用されている。本養液栽培装置を、排水を再利用せずにかけ流し式の装置として用いた場合には、適切な給液制御により排水の発生を抑制しなければ水と肥料が無駄になる。

排水の発生を抑制するには、作物の生長や天候の変化による水分要求量の変動に応じて、適切に培養液の供給量を調節することが必要である。東出(2010)は、傾斜地用養液栽培装置を導入したトマト生産者のハウスにおいて、排水の発生量を給液量決定にフィードバックする精密な日射比例制御と、タイマー制御とを比較し、両者で同程度の果実収量を得ながら、栽培期間全体では排水率を同程度の約20%にできることを示した¹⁾。ここで、東出は以下の2点について指摘している。すなわち、1) タイマーのみの制御では作物の生育ステージや天候による水分要求量の違いに合わせて、タイマーの設定を変更する必要がある。2) 地域の作型や気象条件に

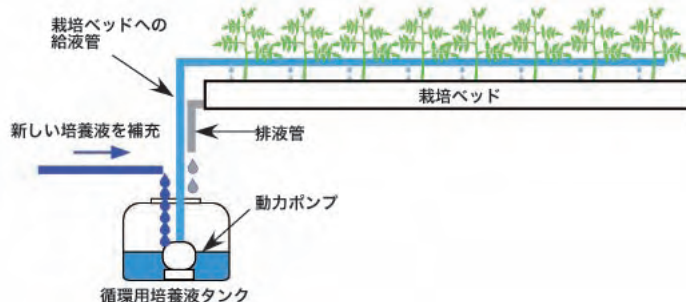
応じた給液量の設定値を構築することが必要である。

一方筆者らは、半自動の制御装置を用いることにより排水の発生を抑制する給液管理手順を考案した³⁾。その制御装置はバケツ、電磁弁、液面センサで構成される。基本的にはタイマー制御であり、排水の発生の多少に応じて給液の休止をおこなうものである。この方法では、作物の生育ステージや天候による水分要求量の違いをそれほど厳密に把握しておく必要はない。ただし、大量の排水が発生した場合、それ以降の給液時間帯には、日射の有無に関わりなく無条件に長時間給液が休止する。したがって、降雨が続いたのち急に晴天となった場合には、固形培地の保水量が不十分な場合、培地中の培養液が不足気味となるリスクがある。

そこで、本研究では前述の半自動の制御装置と同程度の低廉な制御装置を用いて、排水の発生を抑制しながら固形培地が水分不足となるリスクの少ない養液栽培の給液制御方法を検討し、装置の開発をおこなうこととした。

II 原 理

ロックウールなど保水性のある培地を用いた固形培地耕では、作物は培地に保持されている培養液を吸収している。吸収されて減少した培地中の培養液を点滴給液で補うという考え方に基づいて給液制御がなされている。ここで、一般的な循環式養液栽培装置(第2図)の全体構成と装置全体への培養液供

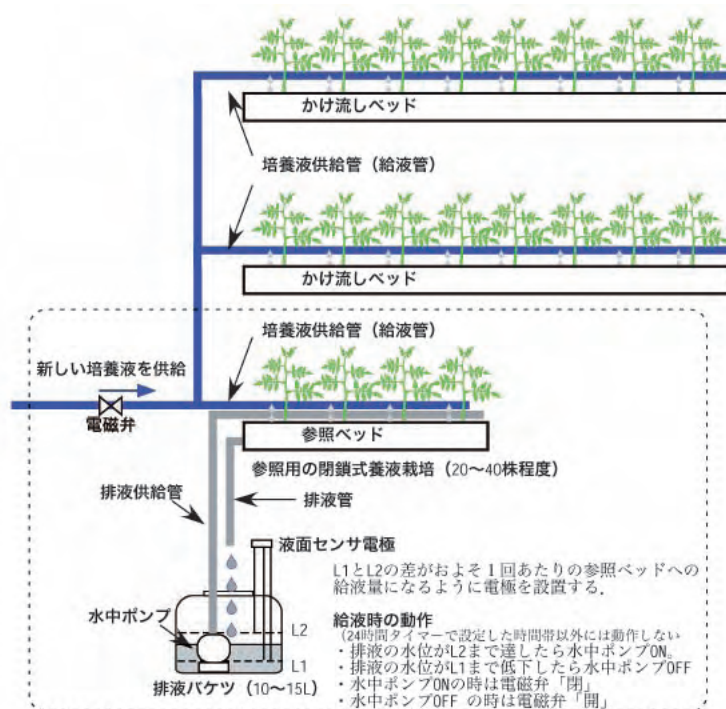


第2図 循環式養液栽培装置の基本構成の例

給の考え方を紹介する。この方式では循環用培養液タンクから栽培ベッドに培養液が供給され、ベッドから排出された余剰な培養液（排液）は再びタンクに回収される。排液回収後には、施設全体の作物が吸収した分だけタンク中の培養液は減少し、この減少分の培養液を新たに調製してタンクに補充している。つまり培養液の減少分を補うという点で、循環式養液栽培における装置全体への培養液供給の考え方や固形培地耕における培地への培養液供給の考え方は類似していることがわかる。固形培地耕では培地中の培養液の減少分を知ることが容易でないのに対して、循環式養液栽培装置では培養液タンク内の培養液がどれだけ減少したか明白である。したがって循環式養液栽培の培養液の減少分（培養液の消費量）を参照して、固形培地中の培養液減少量を推定し、かけ流し式の養液栽培の培養液供給量を決定すれば、作物の水分吸収量に応じた給液制御が可能と考えられる。

考案した装置の給液系統の基本構成を第3図に示す。作物による培養液の消費量を知るために、装置の一部を、参照用の循環式の養液栽培装置（参照区）

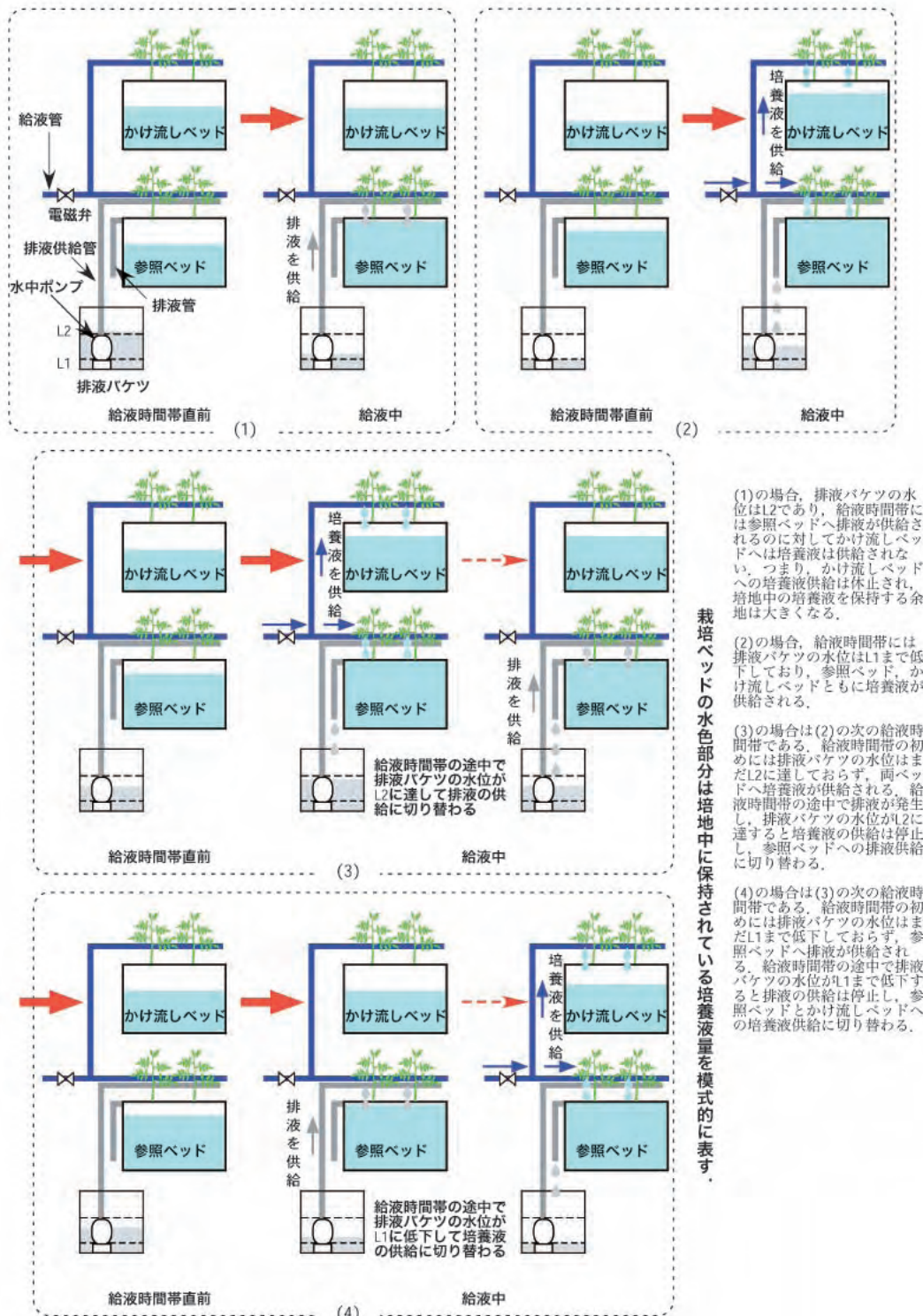
とする。給液系統の基本構成は一般的な循環式養液栽培装置と類似しているが、循環用培養液タンクの代わりに排液バケツを設置している点、培養液を循環用培養液タンクに供給する代わりに参照ベッドへ直接供給する点、および排液供給用の点滴資材（排液供給管）を設けている点が異なる。循環式養液栽培装置部分では、バケツに一定以上に溜まった排液は培養液の代わりに栽培ベッド（参照ベッド）に供給される。装置全体に対してタイマーによる給液制御をおこない、24時間タイマーで培養液または排液を供給する時間帯（簡略化のため以下、給液時間帯と呼ぶ）を、サブタイマーで1回あたりの給液時間の長さ、すなわち1回あたりの給液量（培養液または排液の供給量）を設定する。この基本構成においては、参照区は閉鎖式養液栽培（閉鎖系；養水分が系外に排出されない）であるため、参照ベッドへは作物が吸収した分だけ培養液が供給され、かけ流しベッドへも同量の培養液が供給される。かけ流しベッドの作物の株あたり吸水量が参照ベッドの作物と同じであれば、かけ流しベッドでは培養液の過不足がなく、原理的には排液は発生しない。通常、排液バ



第3図 循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置の概略
点線で囲った部分が一般的な循環式養液栽培装置（第2図）と類似の構成になっている

ケツの液面センサL1とL2の差がおよそ1回あたりの給液量になるように電極を設置することで、かけ流しベッドへの培養液の供給の休止は1回程度になり、固形培地中の水分が不足となる事態を避けることができる。

以下に給液の動作を例示する (第4図)。単純化のために培地が培養液で飽和するまで排水は発生せず、また飽和してからは直ちに発生するものとする。なお、「給液中」とは給液時間帯 (24時間タイマーがon) でサブタイマーがonになっている状態であ



(1)の場合、排水バケツの水位はL2であり、給液時間帯には参照ベッドへ排水が供給されるのに対してかけ流しベッドへは培養液は供給されない。つまり、かけ流しベッドへの培養液供給は休止され、培地中の培養液を保持する余地は大きくなる。

(2)の場合、給液時間帯には排水バケツの水位はL1まで低下しており、参照ベッド、かけ流しベッドともに培養液が供給される。

(3)の場合は(2)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排水バケツの水位はまだL2に達しておらず、両ベッドへ培養液が供給される。給液時間帯の途中で排水が発生し、排水バケツの水位がL2に達すると培養液の供給は停止し、参照ベッドへの排水供給に切り替わる。

(4)の場合は(3)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排水バケツの水位はまだL1まで低下しておらず、参照ベッドへ排水が供給される。給液時間帯の途中で排水バケツの水位がL1まで低下すると排水の供給は停止し、参照ベッドとかけ流しベッドへの培養液供給に切り替わる。

栽培ベッドの水色部分は培地中に保持されている培養液量を模式的に表す。

第4図 循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置動作例

る。第4図における(1)の場合、排液バケツの水位はL2であり、給液時間帯には参照ベッドへ排液が供給されるのに対してかけ流しベッドへは培養液は供給されない。つまり、かけ流しベッドへの培養液供給は休止され、培地中の培養液を保持する余地は大きくなる。(2)の場合、給液時間帯には排液バケツの水位はL1まで低下しており、参照ベッド、かけ流しベッドともに培養液が供給される。(3)の場合は(2)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排液バケツの水位はまだL2に達しておらず、両ベッドへ培養液が供給される。給液時間帯の途中で排液が発生し、排液バケツの水位がL2に達すると培養液の供給は停止し、参照ベッドへの排液供給に切り替わる。(4)の場合は(3)の次の給液時間帯である。給液時間帯の初めには排液バケツの水位はまだL1まで低下しておらず、参照ベッドへ排液が供給される。給液時間帯の途中で排液バケツの水位がL1まで低下すると排液の供給は停止し、参照ベッドとかけ流しベッドへの培養液供給に切り替わる。以上(1)、(3)、(4)の例で示したように、参照ベッドに排液が供給されているときにはかけ流しベッドへの培養液の供給が休止される。培養液供給の休止によりかけ流しベッドの培地に培養液を保持する余地が確保され、排液の発生が抑制される。なお、参照ベッドとかけ流しベッドの培地容積は同じである必要はない。ただし、かけ流しベッドには培養液を保持しつつ、新たに培養液を保持する余地を確保できるだけの培地容積が最低限必要である。つまり、最低限必要な培地容積は参照ベッドよりもかけ流しベッドの方が大きいと考えられる。

考案した装置は循環式とかけ流し式の養液栽培の形式を混合したものであることから、循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置と命名し(以降、ハイブリッドシステム)、給液制御の方法をハイブリッド給液制御と以降呼ぶことにする。この名称にはタイマーと液面センサを組み合わせた制御方法という意味もある。

ここで、ハイブリッドシステムを栽培現場に適用することを考えると、かけ流し式の固形培地耕においては、生育の不揃いや施設内の環境の不均一さに起因する株ごとの吸水量にバラツキがあるため、施

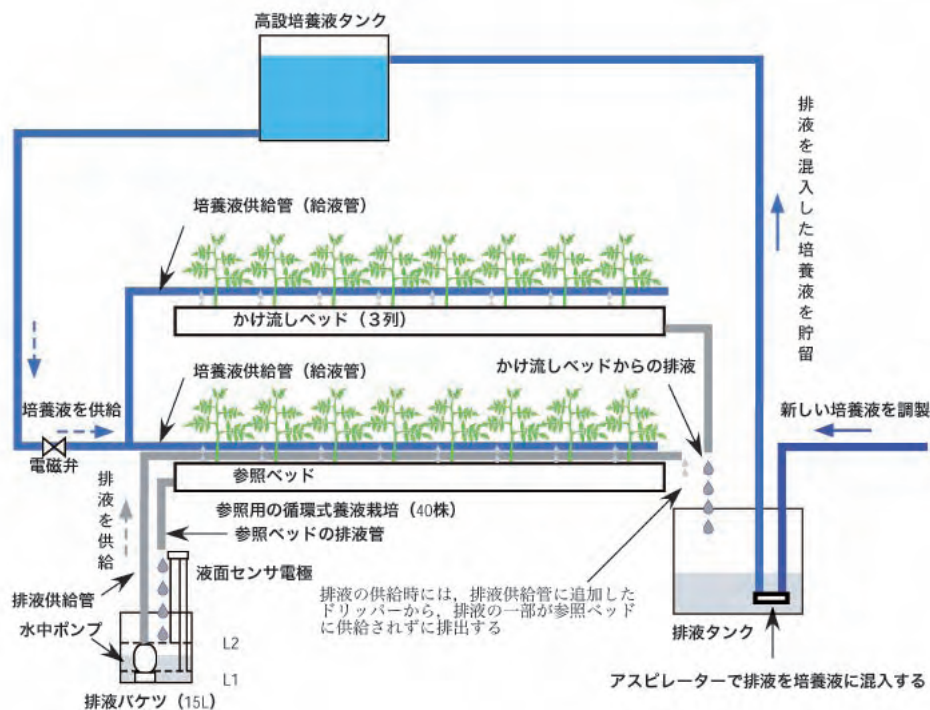
設全体の作物の吸水量よりも多めに、つまり排液が発生するように培養液を供給する必要がある。吸水量の多い株に対して培養液が不足しないように供給すれば、それより吸水量の少ない株では培養液の一部は余剰になる。そこで、かけ流しベッドで排液が発生するような給液制御の方法として参照ベッドへの排液供給時にその一部を廃棄する方法を考案した。すなわち、排液供給管に点滴資材を追加し、そこから吐出する排液を参照ベッドに供給せず、施設外に廃棄することで参照区における作物の吸水量を見かけ上多くする。つまり、参照区内全体の培養液消費量が参照区の作物の吸水量よりも多くなる。これにより参照区への培養液供給量、並びにかけ流しベッドへの培養液供給量は作物の吸水量よりも多くなり、かけ流しベッドから排液が発生する。

ハイブリッドシステムでは、参照区として設ける循環式養液栽培は施設全体のごく一部であり、かけ流しベッドへは常に新しい培養液が供給されるため、原水や液肥原液が汚染されない限り培養液を介した病害の施設全体への蔓延のリスクはない。万一、参照区で病害が発生した場合、排液を回収せずに廃棄することで、装置全体をタイマー制御のかけ流し式養液栽培装置として用いることができる。装置構成の大きな変更や使用法について新たに技術を取得する必要がないため、生産現場で受け入れられ易いと期待される。

Ⅲ 装置の試作とトマト栽培への適用例

考案したハイブリッドシステムを傾斜地用養液栽培装置に適用し、トマト栽培をおこなった。2組の装置を試作し、一方は参照ベッドの排液から排出される一部の排液も、かけ流しベッドの排液もそのまま施設外に廃棄した(排液廃棄区)。もう一方はかけ流しベッドの排液と参照ベッドの排液バケツから排出される一部の排液を合わせて排液タンクに一旦貯留、アスピレーターを用いて新しい培養液に混入して再利用した(排液再利用区)(第5図)。本試験では排液発生量の測定はおこなわず、排液再利用区において排液を全量再利用できるか否かで装置全体の排液率を2割以下に抑制できたかどうかを評価した。また、ハイブリッド給液制御の目的の1つは肥

料の無駄の抑制にあり、その制御の効果を評価するため、閉鎖式養液栽培に対するかけ流し式養液栽培の、果実生産あたりの窒素肥料利用効率を比較した。



第5図 栽培試験に用いたハイブリッド養液栽培装置の構成 (排水再利用区)

排水廃棄区では、排水タンクを設けずに参照ベッドの排水から排出される一部の排水も、かけ流しベッドの排水もそのまま施設外に廃棄した。排水再利用区ではかけ流しベッドの排水と参照ベッドの一部の排水を合わせて排水タンクに回収、アスピレーターを用いて培養液調製時に混入して再利用した。排水廃棄区では栽培ベッドに新しい培養液が供給されるのに対して、排水再利用区では排水を混入した培養液が供給される。

北向き傾斜約10度の斜面にある平張り型傾斜ハウス内 (近中四農研四国研究センター生野地区) に長さ8mの栽培ベッドを8列、1.5m間隔で設置した。固形培地としてロックウール (日東紡製ロックファイバーベッド75×300×910mm) を使用した。山側 (南側) から1列目は対照区としてアスピレーターを用いて、排水を全量再利用する傾斜地用養液栽培装置の構成にし (第1図と同様の構造)、点滴資材として圧力補正機能付き・時間あたり吐出量2.3 L/hrの点滴チューブ (ラム17; ネタフィム社2.3 L/H・0.20 mピッチ) を使用した。排水の発生を抑制するために排水の多少を参照して給液を休止する給液制御をおこなった³⁾。この方式を給液休止制御方式とした。この方式においては、複数年のトマト栽培試験で実用的な水準のトマト収量が得られることを確認している³⁾。2列目以降はハイブリッドシ

ステムとした。2列目を排水再利用区の参照ベッド、3～5列目を排水再利用区のかげ流しベッドとした。6列目を排水廃棄区の参照ベッド、7～8列目を

排水廃棄区のかげ流しベッドとした。2～8列目の点滴資材は吉川の極微量灌水法を参考にした⁴⁾。この方法では点滴資材は、時間あたりの給液量を一定に保つための1次給液管と、培養液を複数の株下に導くための2次給液管から構成される。1次給液管に取り付けた圧力補正機能付きのドリッパーから吐出する培養液を2次給液管で複数の株に振り分けることにより、一般的な点滴給液に比べて時間あたりの給液量を微量に設定できる。本試験では、圧力補正・後だれ防止機能付きのドリッパー (ネタフィム社PCJ-LCNLドリッパーウッドベッカータイプ2 L/H) を16 mmポリエチレンパイプに取り付けたものを1次給

液管に、点滴チューブ (ラム17; ネタフィム社2.3 L/H・0.20 m) を2次給液管に用いた。ドリッパー1個につき点滴チューブの吐出口5穴に振り分けることで培養液の吐出量0.4 L/hrとした。排水供給管には参照ベッドへ供給する1次給液管のドリッパー8個に対して排水を廃棄するためのドリッパーを4個設置し、最大で排水の $4/(8+4)=1/3$ を廃棄できるようにした。

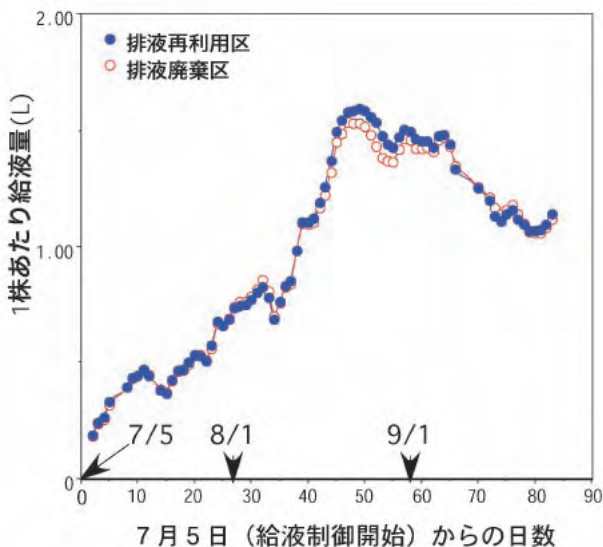
品種は桃太郎8 (タキイ種苗)、2009年6月24～26日に5～6葉のセル成型苗を定植し、活着するまでの10日間培養液をかけ流した。株間20 cm、1列あたり40株とし、左右に振り分けて吊り下げ誘引した。10月7日に10段目で摘芯し、11月30日まで収穫をおこなった。

給液用電磁弁の開いている時間をタイムカウンターで計測し、点滴資材の時間あたり吐出量から培養液

の供給量（給液量）を推算した。排液供給ポンプに電磁カウンタを取り付けて排液供給回数を確認できるようにした。1日の給液回数は3回から開始し、生育に伴って参照ベッドからの排液供給回数が減少した場合、すなわちおおむね24時間タイマーで設定した給液回数の2割以下になった場合に1日の設定給液回数を増やした。培養液の濃度と組成は0.5倍濃度の犬塚SA~SC処方となるように無動力液肥混入器（ネタフィム社ネタトロン）により調製、混入率を適宜実測して設定とのずれが生じた場合には調整をおこなった。排液バケツまたは排液タンク内の排液EC（電気伝導度）を確認し、1.5 dS m⁻¹以上であれば、培養液の代わりに水を供給し、水を供給した翌日には培養液の供給に戻すという管理をおこなった³⁾。トマトへの窒素肥料成分の供給量は液肥原液の混入率と培養液の供給量（排液再利用区の場合は培養液の調製量）および肥料（犬塚S1号，犬塚2号）の保証成分量から推算した。

IV 結果および考察

対照区と排液再利用区では排液を完全に再利用することで結果的に閉鎖式養液栽培となった。ハイブリッドシステムの1日あたり給液量の推移（5調査日ごとの移動平均）を第6図に示す。トマトの生育に伴い、排液廃棄区と排液再利用区の給液量は、と



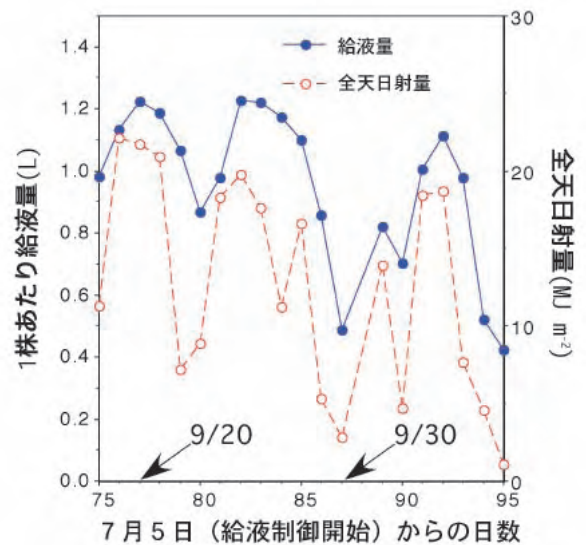
第6図 ハイブリッド給液制御による栽培ベッドへの1日あたり給液量の推移

もに増加していることがわかる。さらに1日ごとの給液量の変動と全天日射量を第7図に例示する。おおよそ、日射量に応じて給液されていることがわかる。なお、全天日射量はハウスに隣接する気象観測装置の値である。

排液再利用区においては排液タンク中の排液はほぼすべてアスピレーターにより培養液に混入され、栽培ベッドに供給された。栽培期間中栽培ベッドへ供給された培養液は19.4 m³（定植株数で除すと1株あたり121 L），新しく調製された培養液は16.5 m³であり，差し引き2.9 m³が混入された排液量と推算される。排液が全量培養液に混入されたことから発生した排液量と培養液に混入された排液量は等しい。よって，排液率は2.9/19.4=15%と推定される。すなわち，栽培期間全体では，ハイブリッド給液制御によって排液率が2割以下に抑制されたものと判断される。なお，かけ流し区では排液率は不明であるが，栽培期間全体で1株あたり111 L（定植株数で除した値）の培養液が供給された。

2009年は隣接する施設においてトマト黄化葉巻病とコナジラミが大発生した。病害の侵入を防ぐことができず，生育初期には病害株の除去と補植を繰り返した。最終的には1/4近くが欠株となった。株あたりの果実収量は，総果実収量を定植した株数で除して表記した。

総果実収量は，排液廃棄区2.89 kg/株，排液再利用



第7図 ハイブリッド給液制御による1日あたり給液量と日射量の関係

用区2.88 kg/株、窒素肥料投入量はNとして排液廃棄区7.47 g/株、排液再利用区6.48 g/株で、窒素の施肥効率は果実生産1 kgあたりそれぞれ、2.58 g、2.25 gである。なお、対照区として設けた給液休止制御では2.62 kg/株、窒素肥料投入量は5.60g/株、施肥効率は果実生産1 kgあたり、2.14 gである。排液廃棄区の肥料投入量が対照区や排液再利用区よりも多いのは、排液に含まれる肥料成分が無駄になったためと考えられる。

傾斜ハウス内の環境が均一でなく、欠株数も試験区により異なるため、単純な比較は適当ではないが、収量水準においてハイブリッド給液制御が給液休止制御に比べて劣るものではないと考えられる。また、参照ベッドの総果実収量は排液廃棄区3.30 kg/株、排液再利用区2.77 kg/株であった。病害の影響による欠株や生育の不揃いがなければ、通常、施設全体の株毎の吸水量のバラツキは本試験ほど大きくはないと考えられ、排液廃棄量削減の余地はまだ大きい。したがって、かけ流し式養液栽培においてもさらなる肥料の節約が期待できる。

ハイブリッドシステムは、参照区の排液量を参照することで作物の吸水量に応じて培養液供給されるようになっており、日射や生育ステージに対応した給液制御が可能となっている。日射センサやコンピュータ等を用いることなく、排液の発生を抑制できる。このシステムは傾斜地用養液栽培装置のみならず、通常の上面給液の固形培地耕にも適用可能である。排液の供給回数を参照しながら生育に応じて給液回数設定を増やしていく必要はあるが、日射比例による給液制御でも、作物の生育に伴う吸水量の増大に対応するために設定を変更する必要がある点は同様である。日射比例制御では日射量あたりの作物の吸水量を、生育ステージ毎にあらかじめ把握しておく必要がある。また、トマトの長段栽培の場合、下葉かき作業が日射あたりの吸水量を変化させる要因の一つにもなる。したがって設定変更の煩雑さを考えると、排液のみを参照するハイブリッド給液制御の方が簡便である。

トマトの栽培試験では病害の発生により、参照ベッドを含めて生育がきわめて不揃いであったにも関わらず、極端な給液不足となる株は認められなかった。参照ベッドの排液の1/3を廃棄することで、

適正な量の排液が発生するようにハイブリッド給液制御が働き、参照ベッドの平均に比べて吸水量の多い株にも十分な培養液が供給されたと考えられる。なお、参照ベッドの排液の一部を廃棄する以外に、適正な量の排液がかけ流しベッドから発生するような給液制御の方法をさらに2種類考案した。1) 参照ベッドよりも時間あたりの吐出量の多い点滴資材をかけ流しベッドで用いる。2) かけ流しベッドの培養液供給系統に、独立の電磁弁を設け、参照ベッドよりも電磁弁の開いている時間を長く設定することで、1回あたりの給液量をかけ流しベッドの方が多くなるようにする。1)の方法では、制御装置や培養液供給系統の基本構成を変更する必要はない。しかし、参照ベッドに対するかけ流しベッドへの給液量の割合は点滴資材の規格で決まり、栽培途中で任意に変更できない。2)の方法では制御装置も培養液供給系統も基本構成からの変更が必要となるが参照ベッドに対するかけ流しベッドへの給液量の割合を任意に設定できる利点がある。

上面給液の固形培地耕では培地の容積に限りがあり、培養液を保持する能力（以下、保水量）に限界があるため、参照ベッドの平均に合わせて全株に同量の培養液を供給すると、吸水量の少ない株で余剰となった培養液が培地に保持しきれずに排液となる。吸水量の少ない株が生育の遅れたものであった場合、培地に十分大きな保水量があれば、余剰な培養液はいずれ作物に吸収されることが考えられる。かけ流しベッドにおいて非常に大きな保水量の培地を用いることでさらに水と肥料を無駄なく利用できる可能性がある。

ところで、水と肥料を効率よく利用する栽培法として養液土耕栽培（点滴灌水同時施肥栽培）があるが、この栽培方法においても、日射や作物の生育ステージに応じて適切な量の培養液を供給することが求められる。土壌を十分大きな保水量のある培地として使用すると、上面給液の固形培地耕は、養液土耕栽培となる。施設内の一部に参照ベッドを設けて養液栽培装置を設置し、かけ流しベッドの代わりに土壌に培養液を供給することで、ハイブリッドシステムは養液土耕栽培においても給液制御の方法として適用できる⁵⁾。

V 摘 要

一部に循環式の養液栽培装置を組込むことで、天候や作物の生育に応じて施設全体の給液量を制御できるかけ流し式の養液栽培装置を考案した。この装置は、循環式とかけ流し式の2つの方式を搭載する装置であることから循環式・かけ流し式ハイブリッド養液栽培装置と命名した。この装置を用いてトマトを栽培し、栽培期間の排液率（＝排液量/培養液供給量）を2割以下に抑制できることを示した。この装置では、作物の生育段階や日射に応じた適正な給液管理が可能であることを確認した。

引用文献

- 1) 東出忠桐 2010. わが国の中山間傾斜地における施設園芸作物の安定多収生産に向けての養液栽培技術の開発. 近中四農研報 9:37-98.
- 2) 笠原賢明・東出忠桐・角川修・伊吹俊彦 2005. 養液栽培においてアスピレーターの使用により排液を再利用する方法. 土肥誌. 76:49-52.
- 3) 笠原賢明・吉川弘恭・東出忠桐・伊吹俊彦 2009. 養液栽培における排液再利用法の検討. 近中四農研報 8:91-101.
- 4) 吉川弘恭 2009. 有機質培地を利用した養液栽培. 伊吹俊彦・家常高編著, 近畿中国四国農業研究叢書2. 傾斜地特有の資源を活用した低コスト施設栽培 - 四国傾斜地農業の経営改善に向けた総合研究 - ;155-159.
- 5) 渡邊修一・笠原賢明・吉川弘恭 トマトの養液土耕栽培におけるリン酸無施肥および極微量灌水がリン酸収支に及ぼす影響. 近中四農研報 10:41-51.

Development of an open/closed hybrid hydroponic culture system

Yoshiaki KASAHARA, Shuichi WATANABE¹, Hiroyasu YOSHIKAWA and Shohei SHIBATA

Summary

We devised an apparatus of run to waste type (open type) hydroponic culture system, which is available to control amounts of nutrient solution supply in entire greenhouse reflecting crop growth and solar radiation, using closed circuit hydroponic system partly. We named the apparatus as Open/closed hybrid hydroponic culture system. We applied this for tomato cultivation in greenhouse, and demonstrated that this could control drainage/supply ratio of nutrient solution below 20 %. We verified that this apparatus is able to control adequate amounts of nutrient solution for crops reflecting the growth stage of crop and solar radiation.

Research team for Protected Cultivation in Hilly and Mountainous Areas
National Agricultural Research Center

¹ Research team for Conservation of Agricultural Watershed