

Development of Device to Minimize Drainage for Solar-Radiation-Dependent Drip-Irrigation 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): solar-radiation-dependent, ultra-micro-drip irrigation device, drainage, irrigation system 作成者: 長崎, 裕司, 川嶋, 浩樹, 杉浦, 誠 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001745

日射量対応型極微量灌水装置に対応した 排液量参照制御装置の開発

長崎裕司・川嶋浩樹・杉浦誠

キーワード：日射量対応，極微量灌水装置，排液量，灌水制御

目 次	
I 緒 言	43
II 開発装置の概要	44
1 日射量対応型極微量灌水装置の特徴	44
2 考案した排液量参照制御方法	44
III 開発装置による灌水制御試験とトマト栽培	45
1 材料および方法	45
2 試験結果および考察	46
IV 摘 要	48
謝 辞	48
引用文献	49
Summary	50

I 緒 言

瀬戸内地域などの温暖寡雨地域において，園芸作物を安定的に栽培するためには，省力的な節水型灌水システムを開発する必要がある．また，この地域の農家は小規模経営が多いことから低コストな装置が要望されてきた．このために開発された日射制御型拍動自動灌水装置⁵⁾は，ソーラーパネルで駆動される小型水中ポンプ（以下，ソーラーポンプ）で一定の高さに設置した拍動タンクに汲み上げ，所定量になった時点で水位センサに連動した電磁弁が開放され，灌水チューブに無動力で給液できる装置である．灌水量は日射量に対応していることから，晴天時には多く，曇天時には少なく，雨天時には灌水しないという操作を複雑な制御機構を用いずに実現した．既にナスやピーマン，キクなどの露地野菜・花き栽培向けに簡易な灌水装置として市販され²⁾，100か所以上で利用されている．また，同装置については，農家が自ら組み立てられるように標準的な施工手順が資料としてまとめられている⁶⁾．

一方，極微量灌水法は，圧力補正型給液停止機構付ボタン点滴装置と点滴チューブを組み合わせた極微量灌水配管により，1点滴孔あたりの吐出量を0.2L/hと慣行の1/10に抑えた方式であり，粉碎粉殻などの保水性の乏しい培地でも安定してトマト栽培が行えることを明らかにしている⁷⁾．この極微量灌水において，日射量に応じた制御を行うため，前述した日射制御型拍動自動灌水装置の電磁弁の開閉

操作の代わりに加圧送水ポンプを利用した日射量対応型極微量灌水装置が開発されている⁴⁾．

一般に，施設園芸における高設栽培など，1株あたりの培地量が少ない栽培条件においては，生育に応じて灌水量を増やしていくなど，よりきめ細かな制御が求められる．また，灌水量を多めに設定すると排液量が増加する．東出ら¹⁾は，タイマのみの給液制御でも生産者が天候や作物の生育ステージに応じて手で給液量および回数を調整することにより，適正な管理が可能であることを明らかにするとともに，傾斜地養液栽培システムを改良し，圃場の傾斜によって排液を回収し，アスピレータにより無動力で再混入させる閉鎖系システムを開発している．この閉鎖系システムではトマトについて14段の長段採りで12.8t/10aの収量を得ている．

日射量対応型極微量灌水装置（以下，供試灌水装置）において，上述したような排液を抑制，もしくは再利用することで排液をまったく系外に出さないシステムを構築するには，供試灌水装置に適合した新たな制御システムを開発する必要がある．

これまで供試灌水装置においては，手動式のバルブの開度を少しずつ開けてソーラーポンプの揚水量を徐々に増やすことで，生育ステージ毎の灌水量増加に対応してきた．しかし，手動式バルブで広く用いられているボールバルブでは，低流量時の開度調節を精度良く行うことが困難であることから，1a程度の小面積での利用や，水量を多く必要としない生育初期においては灌水過多となることも多かつ

(平成24年10月15日受付,平成25年1月29日受理)

農研機構 近畿中国四国農業研究センター

傾斜地園芸研究領域

た. したがって, 新たな手段で加圧送水ポンプから送り出される水量を制限する方式の考案が求められる.

そこで, 栽培ベッドの排水を回収し, その排水量に基づき灌水配管の途中に取り付けた電磁弁を開閉させることにより, 原水使用量を制御する手法を開発した. その制御装置の動作原理を示すとともに, トマト低段密植栽培に適用した結果を報告する.

II 開発装置の概要

開発装置は, 供試灌水装置の利点を継承しながら, よりきめ細かな制御を実現するため, 排水タンクの水量を水位センサで検知して給液・停止を行う排水量参照制御を組み込んだものである. まず, 日射量対応型極微量灌水装置の特徴と問題点について言及し, その改良のため検討した排水量参照制御の概要を示す.

1 日射量対応型極微量灌水装置の特徴

供試灌水装置の概略図を第1図に示す. まず, 日射量に応じて電力を供給する12V系のソーラーパネル(S社SJJ40B-2P, 最大出力39W)で駆動される原水タンク内の小型水中ポンプ(Y社ソーラーポンプC4SP)により, 日射量に対応した水量が拍動タンク内に汲み上げられる. 拍動タンク内に取り付けられた上限水位センサ(R社ナイロン製水位センサRSF73Y050QM208)が上限水位を検知すると, 加圧送水ポンプ制御装置(Y社BP-1)が加圧送水ポンプ(S社圧力スイッチ内蔵受水槽用自動ポンプ, 100V駆動, PAZ1531-BR)を駆動して灌水を開始する.

拍動タンク内の水がくみ出されて徐々に水位が低下して, 下限水位センサ(上限水位センサと同仕様)が所定の下限水位を検知するとポンプは停止し, 再び拍動タンクに水が溜まる.

このように, 日射量に応じた灌水が行えるものの, 生育段階に応じてソーラーポンプの揚水量を段階的に増やしていく操作が確立されていない点が課題として残されている. ソーラーポンプから拍動タンク

までの間には揚水量の調節を行うボールバルブを取り付けているが, 例えば点滴チューブ配管に多く用いられている流量調節バルブ(合成樹脂製, 16mmポリエチレンパイプ用)を用いた場合, 1a程度の小規模での適用においては, 生育初期には流量を毎分1L以下に絞る必要があるが, その範囲で毎分0.1Lレベルで細かく調節することは困難である.

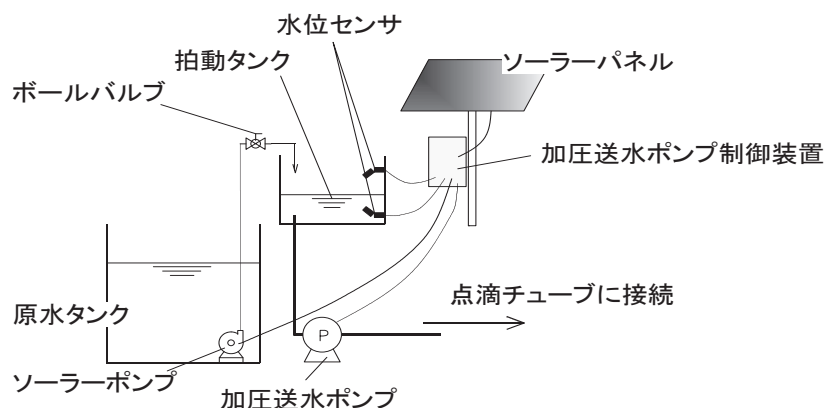
なお, ボールバルブより精度が良いといわれているニードルバルブ(A社小型ニードルバルブCY-2310, 全開までに10回転)の適用例では, 毎分1L以下に絞って調節するには1回転の範囲内で調節する必要があることから(第2図), 所定の流量よりも多めに供給する設定で対応せざるを得ない.

2 考案した排水量参照制御方法

前述したように, 問題とされる低流量時のバルブ開度の細かい調節を解消できる制御方法を検討した. 少量培地での隔離床栽培において, 作物に吸収されなかった排水を回収し, その量に基づき加圧送水ポンプのON-OFF制御を行うこととした. 一連の装置概略を第3図に示すとともに, 水位センサの動作に基づくフローチャートを第4図に示す.

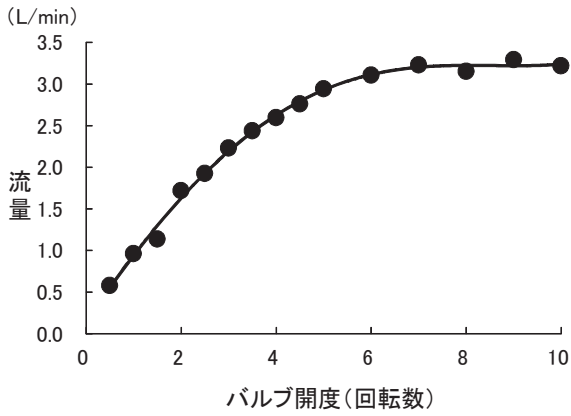
まず, 排水を貯留するタンク(以下, 排水タンク)に前述した拍動タンクと同様に上・下限水位センサを取り付ける. 供試した加圧送水ポンプは圧力スイッチが内蔵されていることから, 吐出側に排水制御バルブ(N社ラッチ式電磁弁, 以下, 電磁弁)を取り付けてその開閉によりON-OFF制御が行える. 電磁弁の制御には, 日射制御型拍動自動灌水用として市販されている拍動バルブ制御装置(Y社YS-12, 以下排水制御装置)を使用した. センサ取り付けは, 「空」側に上限水位センサを, 「満」側に下限水位センサを接続することにより, 上限水位センサが検知すると電磁弁が閉じて加圧送水ポンプが自動停止し, 下限水位センサが検知すると電磁弁が開いて, その時点で拍動タンクが満水状態であれば, 加圧送水ポンプが動き灌水が開始される.

なお, 排水タンクからは1日に数回(3~6回)タイマ制御で駆動される排水ポンプ(Y社C4SP, ACアダプタを介した100V電源駆動)により排水

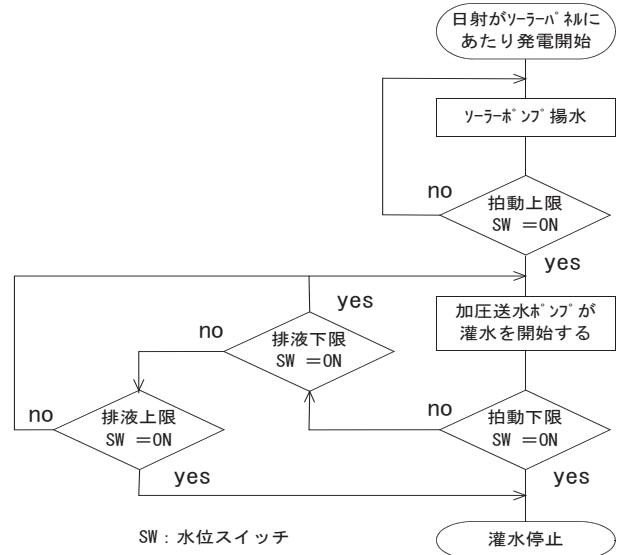


第1図 日射量対応型極微量灌水装置の概略図

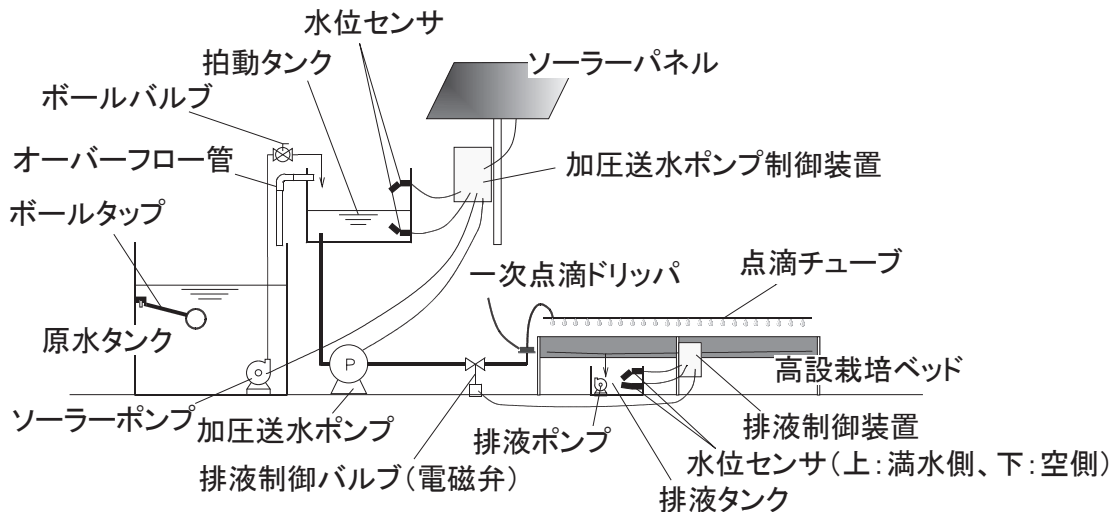
注 点滴チューブへの接続は, 一次点滴ドリッパ(圧力補正機能付, 吐出量: 12L/h)を介して点滴チューブ(吐出量: 0.9L/h)を接続



第2図 バルブ開度によるソーラーポンプ流量変化
 注 ソーラーポンプ (Y社C4SP) への印加電圧13Vでの値。
 供試バルブはA社CY-2310で10回転で全開となる



第4図 排水量参照制御における水位センサを用いた灌水制御
 注 拍動上限・下限LSは加圧送水ポンプ制御装置に、
 排水上限・下限LSは排水制御装置にそれぞれ接続



第3図 開発装置の設置概略図
 注 高設栽培ベッドの長さは12m (排水集水配管は省略)。
 一次点滴ドリッパ2個で点滴チューブに給水

を行う。これにより、排水が少ない場合には灌水が速やかに再開され、多い場合には灌水停止時間が自ずと長くなる。また、排水を栽培ベッドに点滴チューブ(灌水用とは別の系統にする)で再供給することも可能であり、これにより循環型のシステムを構築することができる。

III 開発装置による灌水制御試験とトマト栽培

1 材料および方法

1) 試験用灌水制御装置の諸元

供試灌水装置ならびに排水制御装置の外観を第5

図、第6図に示す。また、これらの仕様を第1表に示す。なお、原水使用量については、加圧送水ポンプ吐出配管に流量計(愛知時計電機、電気パルス出力付水道メータ EDS20、10L単位で1パルス出力)を接続して計測した。

なお、拍動タンクについては、排水タンクが満水となり電磁弁が閉じられると、日中ソーラーポンプからの揚水が継続されている間は、水があふれてしまうことから、オーバーフロー水を原水タンクに戻す配管(第7図)をあらかじめ取り付け対応した。使用した灌水用の点滴チューブは、P社ハイドロゴル(12/35/1、20cmピッチ、1点滴孔あたり吐出量:

0.9L/h) を使用し、各ベッドに1列配置した。加压送水ポンプからの接続はポリエチレンパイプから一次点滴ドリッパ (P社スーパーティフND, 吐出力: 12L/h) を介してマイクロチューブ (内径 3mm) で各ベッド2か所でつなぐようにした。

排液タンクからタイマ制御された小型水中ポンプで排水される排液は、トマトに吸収されなかった肥料分に加え、培地に含まれる微小粒子など点滴チューブの目詰まりの原因となる物質が多く含まれることから、栽培ベッドに灌水とは別系統で1列配置したN社ストリームライン80 (10cmピッチ, 1点滴孔あたり吐出力: 1.05L/h, ハイドロゴルよりは安価) に接続して再利用することとした (第8図)。なお、原水タンクからの揚水量は、流量調節バルブ (A社小型ニードルバルブCY-2310) の開度を半回転 (晴天日相当で概ね毎分 0.5L (第2図参照)) とした。排液タンクからの排液は冬作については1日3回 (8時, 11時, 14時で1回の動作でほぼ排液タンクが空になる時間 (15分間設定)), 夏作については生育前・中期は同回数とした。ただし、夏作の生育後期については排液がほとんど出ない状態になったことから、流量調節バルブの開度を1回転にまで開けて、ソーラーポンプの揚水量を増やす (晴天日相当で概ね毎分 1L (第2図参照)) と同時に、排液回数も1日5回 (前述3回に9時30分, 12時30分を追加) に増やした。ソーラーパネルについては真南に向けて、傾斜角度 30度で設置した状態とした。

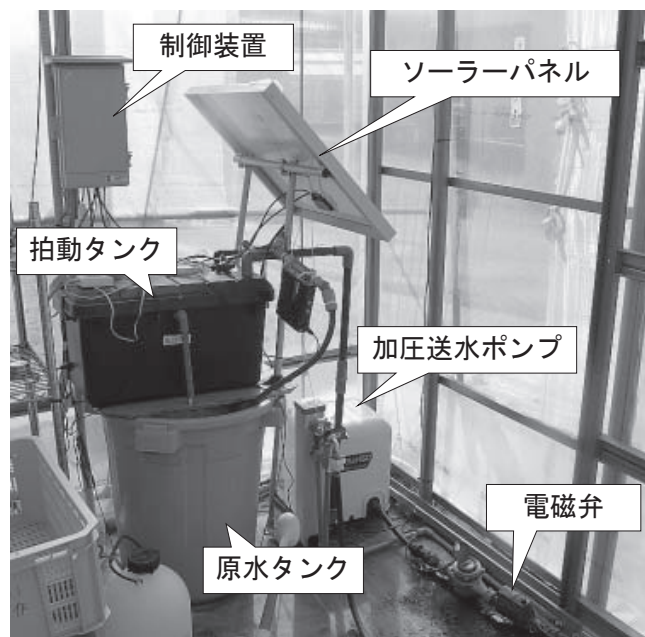
2) トマト栽培概要

トマト栽培には、隔離床としてイチゴ栽培用再生プラスチック製ベッド (S社製らくラックシステム栽培ベッド, 長さ12m, 第9図) を用いた。ベッド内の幅は 25cm, 深さは 12cm であり, 1.5m の長さのベッドを専用のジョイントで接続して組み立てた。栽植密度については、ベッド間隔を 1.1m, 株間を 15cm 間隔, 長さ 12m のベッドあたりでの株数を 80 株とし, 4~5 段の摘心の低段密植栽培を行った。これは 10 a あたり約 4,500 株に相当する。培地には、排水性に優れた日向土 (小粒, 粒径 3~6 mm) を用い, 株あたり約 4L をベッド内に充填した。

なお、栽培は冬作と夏作の2作実施し、栽培概要は以下の通りである。

冬作については、上記栽培ベッド2列を設置し、「麗容」(サカタのタネ) の3.5葉セル成型苗を2010年9月21日に定植した。肥料は培地に肥効調節型肥料 (エコロングトータル100日タイプ 4.9kg, 硝酸カルシウム40日タイプ 1.1kg) を2回に分けて条施用し, 生育期間中に適宜 OKF-1 の1,000倍液を原水タンク内に追肥施用した。なお, 1段目は尻腐れ果が多発したため, 概ね2~5段目の果実を1月~3月に収穫し, 可販果相当収量を調査した。

夏作については、上記栽培ベッド5列を設置し、「麗夏」(サカタのタネ) の3.5葉セル成型苗を2011年3月31日~4月5日にかけて定植した。



第5図 試験に供試した灌水装置の外観



第6図 試験に供試した排液制御装置の外観

注 排液タンクには水位センサの他に排液ポンプを配置

肥料は原水タンク内に網袋に入れた肥効調節型肥料を吊して溶出させる方式とした。エコロングトータル40日タイプを 6.2kg, 被覆硝酸カルシウムを 12.3 kg を3回に分けて, エコカリコート 9.1kg を2回に分けて原水タンクに投入した。なお, 尻腐れ果の発生が認められたため, 適宜カルシウム剤の葉面散布を実施した。概ね4段目までの果実を6月~7月に収穫し, 可販果相当収量を調査した。

2 試験結果および考察

1) 試験用灌水制御装置による灌水

試験用灌水制御装置は極微量配管としているため, 灌水動作は灌水チューブに給液を開始して点滴孔から水が出始めてしばらくすると, 加压送水ポンプの圧力スイッチが作動して給液を自動的に停止する。点滴孔から一定量の水が吐出されて圧力が低下

第1表 拍動自動灌水装置必要資材一覧

資材名	型式	数量	備考
供試灌水装置(第3図)主な構成資材			
ソーラーパネル	シェルソーラージャパン SJJ40B-2P	1枚	12V、40W
ソーラーポンプ	ブテオ C4SP、12V仕様	1台	
流量調節バルブ	アソー チッコロ CS-1033、直 両外ねじ(3/8インチ)	1個	
加圧送水ポンプ制御装置	ブテオ BP-1	1台	AC100V駆動ポンプ制 御
加圧送水ポンプ	三相電機 PAZ1531-BR	1台	AC100V、圧カスイッチ 内蔵(100kPa)
拍動タンク	アイリスオーヤマ RVBOX 600 エコロジーブラック	1個	容量40L
水位センサ	RSコンポーネツ RSF73Y050QM208	2個	
原水タンク	90Lポリバケツ	1個	
ボールタップバルブ	SAN-E I 万能ロータンク ポー ルタップ V530-5X-13	1個	
排液制御装置(第4図)主な構成資材			
制御装置	ブテオ YS-12	1台	
水位センサ	RSコンポーネツ RSF73Y050QM208	2個	
ラッチ式電磁弁	ネタフィム アクアネットプラス DC12-40V、1インチ	1台	
タイマ	CUSTOM ウィークリータイマ WT-03	1台	
排液ポンプ	ブテオ C4SP-SA 水位セン サ付・アダプターセット	1台	DCアダプタ(12V)を介 してAC100Vで利用
排液タンク	アイリスオーヤマ バックル ボックスNSK-210 エコブラック	1個	容量16L



第7図 拍動タンクへのオーバーフロー配管の取付

注 ソーラーポンプ流量が2L/min程度まででの使用
であることから、13A塩ビパイプで対応



第8図 栽培ベッドへの点滴チューブの配置

すると再びポンプが動作し給液を開始する。この拍動的な動作を拍動タンクが空になるまで続ける。これらの動作は、2作を通して問題がなかった。

排液タンクの水位に基づく電磁弁開閉動作については、排液制御装置内蔵の電池容量が低下したことによる動作不良が1回発生した以外は、電池交換により2作を通して問題なく動作した。

原水使用量の確認については、装置が安定して動作した夏作での2011年5月11日から7月13日までの9週間の水量を測定した結果、全原水使用量は14,488L、株あたりで36.2Lであり、1日あたりでは0.55Lとなった。一般に、夏秋トマト長段採り養液土耕栽培で生育期間において株あたりの日灌水量は平均で約1Lは要するとされており、この半分近くの節減効果が得られた。なお、土壌水分センサを利用して精密灌水を行うことで慣行の88%にまで低減できた事例³⁾と比べても十分に少ない灌水量の水準である。また、当該期間において概ね日射量に対応した水量が灌水される傾向を確認できた(第10図)。

一方、排液タンクによる灌水量の制限効果について、別途日射条件がほぼ同じ日(2012年7月23日と24日)で排液制御装置の可動の有無で検証した。快晴日(全天日射量日積算値約24MJ/m²)において、灌水量制限を行わなかった場合、灌水動作7回で流量計のパルス出力は77パルス(770L相当)であったのに対し、灌水制御を行った場合は同3回、35パルス(350L相当)に制限できた。



第9図 トマト栽培試験に供試した栽培ベッド

2) トマト生育・収量

冬作については、前述したように1段目に尻腐れ果が多発したため、9月下旬に定植したにもかかわらず収穫開始は1月初旬となった。可販果相当で平均1果重は147g、株あたり収量は1.7kgであり、10aあたりに換算すると7t水準であった。

本灌水方法によるトマト品質に与える影響については、厳密な収量データを把握していないが、裂果の発生はほとんどみられなかったことから、冬作トマトにおいて品質面に与える悪影響は少ないとみられる。

夏作については、生育期間全般で窓あき、尻腐れ果の発生があったものの、可販果相当で平均1果重は129g、株あたり収量は1.3kgであり、10aあたり6t水準に達した。糖度(Brix)については4.8~6.9であり、7月中下旬に高い値を示した。一方で、4段までの収穫果実について、2段までは可販果で3果以上確保できた一方で、3段では尻腐れ果の増大による可販果数の減少が発生し、4段では着果数自体も2果水準にとどまり、かつ約半分は尻腐れ果となった(第11図)。

これらは、本方式での肥培管理方法(肥効調節型肥料の原水タンクへの直接投入)にも一因があるとみられるが、高温による着花不良にも原因があると考えられる。原水タンク内の水温が低い定植直後の時期については、肥料分の溶出が安定しないことや、トマトが十分にカルシウム分を吸収できなかったことが考えられることから、尻腐れ果の発生を抑える肥培管理方法の検討が今後の課題である。

なお、生育期間中に萎凋症状を示した株が散発的に数株発生したが、両作とも排水を再循環させることに起因するとみられる病害の広がり認められなかった。

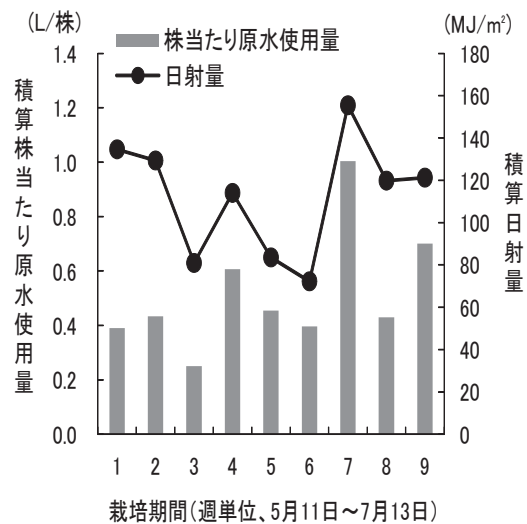
IV 摘 要

日射量対応型極微量灌水装置に対応した排水量参照制御装置を開発し、トマト隔離床栽培に適用し、その実用性を検証した。

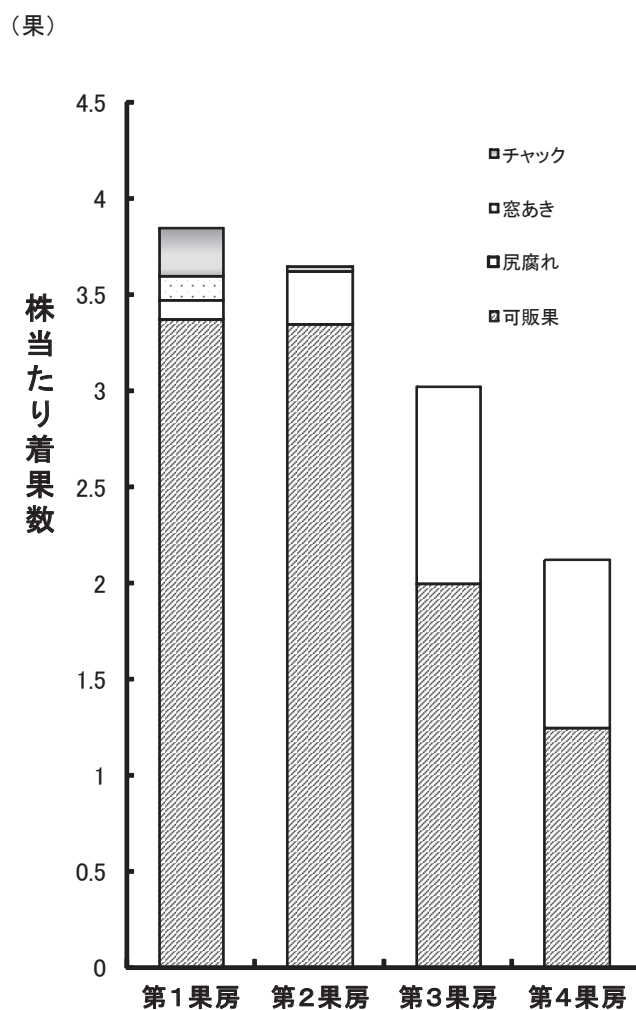
- 1) 排水タンクの水量を水位センサで検知して、給液・停止を行う排水量参照制御できる装置を開発した。
- 2) 当該装置により、株あたり日灌水量を約0.5L水準とすることができた。
- 3) 低段密植栽培(4~5段)での収量は、可販果収量で冬作で7t/10a(株あたり1.7kg)水準、夏作で6t/10a(同1.3kg)水準であった。

謝 辞

本装置の開発は、農研機構交付金プロジェクト地域農業確立総合研究「中山間地域の所得拡大を目指した夏秋トマト20t採り低コスト・省力・安定生産技術体系の確立(略称:中山間20t採りトマト,2008~2010年度)」で実施した成果の一部である。本装置の前提となる日射量対応型極微量灌水装置に



第10図 開発装置による原水使用量と日射量の関係
注 日射量は試験ハウスのある近畿中国四国農業研究センター仙遊地区に設置された総合気象観測装置の日積算日射量データを利用



第11図 夏作における果房段位別の収量
注 品種は「麗夏」(サカタのタネ)

については、現農研機構本部の吉川弘恭氏が考案・開発を進めてきたものである。また、当該装置の設置・管理については近畿中国四国農業研究センター業務第2科職員の協力を得た。収量調査、データ整理については大浦由紀子さんに担当していただいた。記して深甚な謝意を表す。

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) プティオ 2009. ソーラーパルサーとは : <http://www.putio-ag.jp/10SPulser.html>
- 3) 山田良三・伊藤裕朗 2007. 夏秋トマト養液土耕栽培における土壌水分センサを用いた精密灌水制御. 平成 18 年度関東東海北陸農業研究成果情報 : http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto18/06/18_06_18.html
- 4) 吉川弘恭・長崎裕司・中尾誠司 2011. ソーラーポンプを利用した施設栽培用日射量対応型極微量灌水施肥装置. 平成 22 年度近畿中国四国農業研究成果情報 : http://wenarc.naro.affrc.go.jp/seika/seika_nendo/h22/pdf/05_kougaku/07_0307.pdf
- 5) 吉川弘恭・中尾誠司 2006. 間欠式自動灌水装置 : 特許第 3787628 号
- 6) 吉川(山西)弘恭・中尾誠司 2010. ソーラーポンプを利用した拍動自動灌水装置の組み立て方法. 近中四農研資料 7 : 21-31.
- 7) 吉川弘恭・渡邊修一・笠原賢明・東出忠桐・伊吹俊彦 2007. 粉碎モミガラ培地耕に適用可能な極微量多頻度灌水施肥法. 平成 18 年度近畿中国四国農業研究成果情報 : <http://www.naro.affrc.go.jp/top/seika/2006/kinki/ki06007.html>

Development of Device to Minimize Drainage for Solar-Radiation-Dependent Drip-Irrigation System

Yuji NAGASAKI, Hiroki KAWASHIMA and Makoto SUGIURA

Key words : solar-radiation-dependent, ultra-micro-drip irrigation device, drainage, irrigation system

Summary

We have developed a new device to minimize drainage for solar-radiation-dependent drip-irrigation system. This system was examined in tomato cultivation.

- 1) We have developed a device to see water level sensor detecting the amount of water in tank drainage.
- 2) This device is able to reduce irrigation water about 0.5 L per plant per day.
- 3) In tomato culture by low-node order pinching (4th or 5th trusses) at high plant density, the fruit yield 1.7 kg per plant in winter cropping and 1.3 kg per plant in summer cropping were attained, respectively using this system.