

キャベツセル成型苗に対応した自動灌水システム

小泉丈晴・小山千明*・湯本弘人^{2*}

要 旨

群馬県嬭恋村のキャベツ栽培においてセル成型苗の導入が進んでおり、安定した育苗技術の開発が求められている。そこで、(株)ソフトウェア研究所で開発した灌水コントローラを用いてキャベツ育苗時における灌水方法の自動化を検討した。セル成型苗を導入している生産者の育苗時における土壌水分を調査したところ、育苗前半は15～25%、後半は7～15%であった。6時から15時の時間帯で土壌水分量15%以下、 m^2 当たりの日射量200W以上に達した時点で自動灌水することで、慣行の手動による朝昼の灌水に比べ、1日の土壌水分の変化が少なくなり、苗の生育が4日、収穫期が6日早まった。

結 言

群馬県嬭恋村で生産されるキャベツの播種作業は、県内の平坦地（安中市、渋川市など）で2月下旬から始まり、それ以降の4～5月は中山間地（東吾妻町、嬭恋村に隣接した長野県内市町村など）、6月以降は嬭恋村内の露地圃場で行われている。4月中旬頃より平坦地で養成した苗から順次採取し、嬭恋村内の圃場に半自動移植機で8月上旬まで定植している。

最近になり、自宅周辺の鉄骨ハウスやパイプハウスでセル成型苗を生産する農家が徐々に増えている。これは、育苗地までの移動時間の短縮や全自動移植機の利用による省力化、育苗時における土壌病害の感染回避、自然環境に左右されにくく安定して苗生産ができることによる¹⁾。

2015年にはセル成型苗のハウス育苗が農家全体の15%まで（444戸中67戸、吾妻農業事務所調べ）普及し、朝昼で1時間程度かかるとされる灌水装置による灌水作業を省力化するため、自動化技術の開発が求められてきた。これまでも、群馬県農業総合試験場（当センターの前身）では、村田ら（1992）²⁾によりpFセンサ、水位センサおよびマイクロコンピュータ内蔵の信号出力装置を組み合わせた底面給水および排水するエブ&フロー方式の自動化システムを開発した。また、渋谷ら（1999）³⁾、吉岡ら

（2002）⁴⁾によってもエブ&フロー方式のシステムが開発されたが、コストがかかること、またはハウス内で平面の維持が難しいことなどから本方式のシステムは導入には至っていない。

そこで、(株)ソフトウェア研究所（群馬県高崎市）と群馬県農業技術センターがトマトのポット育苗用に開発した自動灌水システム⁵⁾をキャベツセル成型苗用に対応するように改良し、育苗時の土壌水分、苗生育および収量性について検討したので報告する。

試験方法

試験1 現地におけるセル成型苗の土壌水分調査

本調査については、灌水コントローラの数値設定の参考とするため、嬭恋村におけるキャベツ生産者の育苗時の土壌水分状態を調査した。生産者の育苗用パイプハウス（間口7.2m×長さ50m、標高1,100m）内において、2015年4月20日に200穴のセルトレイ3枚に市販の培養土（窒素200mg、リン酸350mg、カリウム160mg/L）を詰めて、播種した品種「青琳」を調査対象とした。播種直後に十分灌水後、地上から20cm程度の空間を開けてセルトレイをハウス西端部に並べ、生産者が栽培している苗と同様に管理した（図1-A）。

育苗中の灌水に当たっては、生産者が天候を見ながら（曇雨天日を除く）朝（6～7時）および昼（12～13時）の2回、またはどちらか一方のみ、灌水装置「雨車」（(株)誠和）を手動で2往復（ m^2 当

*現 群馬県西部農業事務所 藤岡地区農業指導センター

^{2*}株式会社ソフトウェア研究所

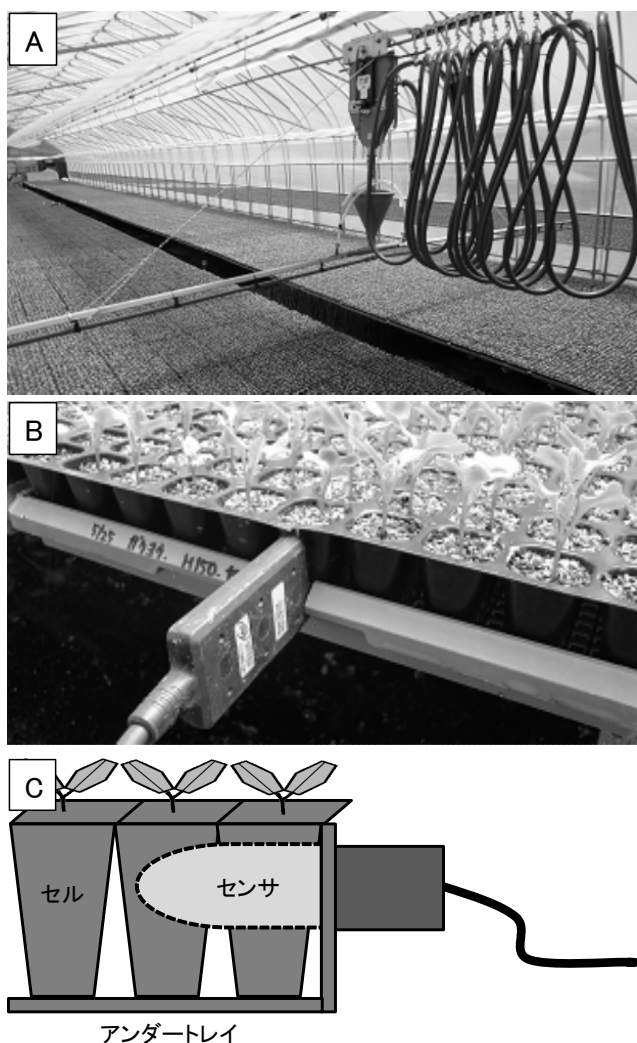


図1 現地におけるセル成型苗の土壌水分調査
 A: 灌水装置「雨車」による頭上灌水
 B: 土壌水分センサの設置方法
 C: 土壌水分センサの設置模式図

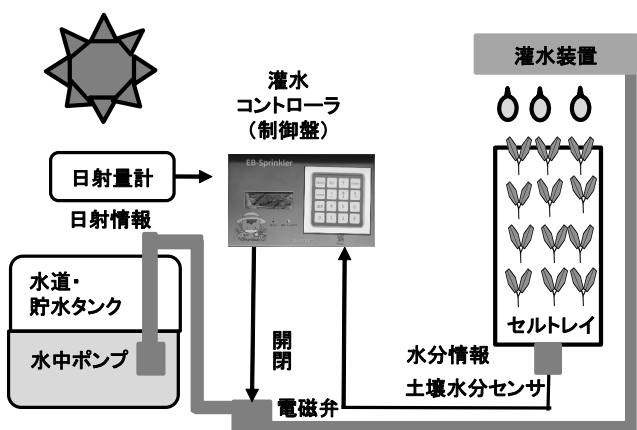


図2 キャベツ自動灌水システムの構成

り 2.7L) 駆動させ、ハウス内全体におけるセル成型苗の培養土が十分に湿るように頭上灌水した(図1-A)。

セル成型苗の土壌中の水分の測定に当たっては、

データロガー(WDR-1、(株)ARP)に土壌水分センサ(WD-3、(株)ARP)を接続し、1時間間隔で計測した。水分センサは取り扱いが簡便で、小型の誘電率式体積含水率計を利用した。測定部位については、ハウス内に並べたセルトレイ200穴から1枚を選び、トレイ中央部のセル側面に縦の切れ込みを入れ、そこにセンサを差し込みセル2カ所分の土壌水分を2015年4月22日(播種後)～5月25日(定植直前)まで測定した(図1-B、C)。センサ基部はセルに密着させて、露出部分になるべく少なくなるようにした。

試験2 自動灌水システムの現地適応性の評価

(1) 自動灌水システムの特徴

自動灌水システムは、灌水コントローラ(EB-CU300、(株)ソフトウェア研究所)、日射量計測部(太陽電池モジュールGT1618-MF、(株)ケー・アイ・エス)、土壌水分センサ(WD-3、(株)ARP)、電磁弁、水中ポンプ、貯水タンク、灌水装置「雨車」、100V電源で構成される(図2)。灌水コントローラは、日射量とセル内の土壌水分量を測定し、設定した条件を満たした時に灌水装置を自動で動作させる。セルトレイへの設置にあたっては、試験1の土壌水分測定と同様とした(図1-B、C)。

(2) 現地適応性の評価

本試験については、嬬恋村におけるキャベツ生産者の育苗用パイプハウス2棟(間口7.2m×長さ50m、標高1,100m)において実施した。

試験区として、自動灌水する育苗ハウス(以下、自動灌水区と略す)と定時灌水する育苗ハウス(以下、定時灌水区と略す)の2区を設けた。自動灌水区では6時から15時の時間帯で m^2 当たりの日射量200W以上(薄曇り程度の日照)、試験1の生産者の水分管理状況から育苗期前後半ともに対応する土壌水分量15%以下に達した時点で灌水装置「雨車」により m^2 当たり1.35L(通常の往復での灌水量)を自動でハウス全体に頭上灌水する設定とした。

一方、定時灌水区では、生産者の慣行により、天候を見ながら(曇雨天日を除く)朝(6～7時)および昼(12～13時)の2回、またはどちらか一方のみ灌水装置「雨車」を手動で2往復(m^2 当たり2.7L)駆動させ、ハウス内全体におけるセル成型苗の培養土が十分に湿るように頭上灌水した(図1-A)。

2016年5月27日に200穴のセルトレイ6枚に市販の培養土(窒素200mg、リン酸470mg、カリウム

170mg / L) を詰めて、播種した品種「岳陽」を試験に用いた。播種直後に十分灌水し、地上から 20cm 程度の空間を開けて、それぞれのハウス西端部に 3 枚ずつ並べ、生産者が栽培している苗と同様に管理した (図 1-A)。また、異なる播種期のセル成型苗への影響をみるため、5 月 13 日 (2 週間前) および 6 月 10 日 (2 週間後) に生産者が播種した苗 (200 穴セルトレイ 200 枚ずつ) の生育状況を達観で観察した。

両区ともに苗の生育が約 2.5 葉期に達した日 (自動灌水区: 6 月 27 日、定時灌水区: 7 月 1 日) に、群馬県農業技術センター高冷地野菜研究センターの圃場 (1,170m) に苗を定植した。試験区は 1 区 6.75m² (50 株)、3 反復とした。10a 当たりの栽植密度は 7,407 株 (株間 45cm、畝間 30cm)、施肥量は窒素 19.2kg、リン酸 29.7kg、加里 19.2kg とした。

土壌水分と日射量の測定に当たっては、自動灌水区では、灌水コントローラに土壌水分センサおよび太陽電池モジュール (GT1618-MF) を接続して、灌水コントローラ本体に 30 分間隔でデータを蓄積した。定時灌水区では、試験 1 と同様にデータロガーに土壌水分センサを接続して土壌水分を 30 分間隔で測定した。苗生育の調査に当たっては、両区ともに無作為にセルトレイ 3 枚のそれぞれ 10 株について草丈、葉数、地上部重、地下部重および葉面積を 6 月 27 日 (播種 31 日後) に測定した。また、収穫物については、9 月 6 日、9 日、12 日の 3 回、1 区当たり 10 株 (3 反復) について外葉重、結球重、球高および球幅について調査し、10a 当たり収量および結球緊度 (結球重 (g) / 体積 (cm³)) を算出した。

結果

試験 1 現地におけるセル成型苗の土壌水分調査

灌水装置「雨車」を用いてセル成型苗の灌水している生産者の土壌水分状況を調査したところ、異なる生育ステージの苗も一律に管理していることから、育苗前半は 15 ~ 25 % でやや過湿であり、後半は 7 ~ 15 % でやや乾燥気味であった (図 3)。このことから、過湿および乾燥を防いで一定の土壌水分量で苗を管理するには、育苗期前半および後半にも対応する土壌水分量 15% 程度が適していると考えられた。

試験 2 自動灌水システムの現地適応性の評価

播種時に培養土を詰めたセルトレイに十分に灌水するため、播種した翌日 (5 月 28 日) までは、自動灌水区および定時灌水区ともに高い土壌水分量で経過した。5 月 29 日以降になると、自動灌水区では調査した 6 月 2 日まで 12 ~ 23 % の土壌水分量で経過した。一方、定時灌水区では、18 ~ 33 % と自動灌水区より高い土壌水分量で推移した (図 4)。

自動灌水区および定時灌水区ともにキャベツの出芽状況は良好であった。育苗期における苗の生育は自動灌水区が優れた (表 1)。およそ 2.5 葉期に達した時点を目撃日としたが、自動灌水区の苗は定時灌水区より 4 日間早く定植日となった。また、両区

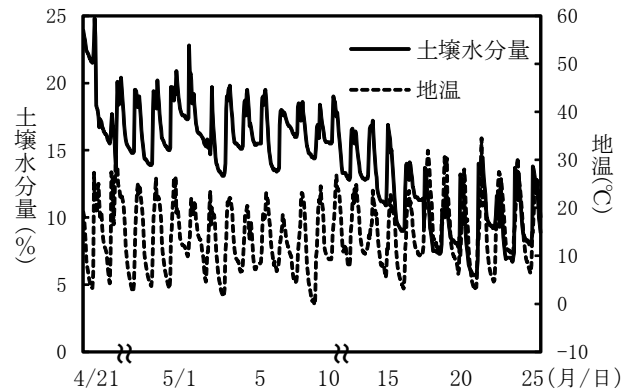


図 3 現地におけるセル成型苗の水分管理状況

注) データの一部欠損 (2015 年 4 月 23 日 18 時 ~ 30 日 10 時、11 日 13 時 ~ 13 日 14 時)

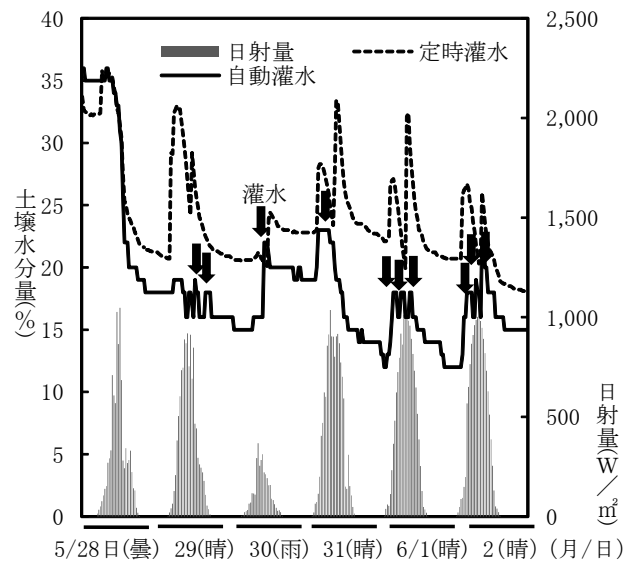


図 4 自動灌水システムによる灌水と土壌水分量の変化

注) 自動灌水: 6 時 ~ 15 時の間に、土壌水分量 15%・日射量 200W/m² で灌水する設定
定時灌水: 6 ~ 7 時、12 ~ 13 時に晴れている場合に灌水

表1 自動灌水システムにより育苗したセル成型苗の生育

区名	草丈 (cm)	葉数 (枚)	地上部重 (g)	地下部重 (g)	葉面積 (cm ²)
自動灌水	11.2±0.1	2.5±0.0	0.97±0.01	0.44±0.02	24.02±0.45
定時灌水	8.7±0.1	2.3±0.0	0.62±0.02	0.36±0.02	16.30±0.51
t検定	**	*	**	*	**

注)**は1%レベルで有意差があり、*は5%レベルで有意差があり、nsは5%レベルで有意差なし。

平均値±標準誤差(n=10、3反復)、試験場所:群馬県嬭恋村における生産者の育苗ハウスで実施。

播種:2016年5月27日、調査日:6月27日(播種31日後)

自動灌水:6時~15時の間に土壤水分量15%、日射量200W/m²になったら灌水する設定とした。

定時灌水:6時頃に十分な量を灌水し、12時頃に土壤が乾燥している場合のみ灌水した。

表2 自動灌水で育苗したセル成型苗を定植した場合の収量性

区名	収穫日	結球重 (g)	結球緊度 (g/cm ³)	10a当たり収量 (kg)
自動灌水	9月6日	1,202±53	0.48±0.01	8,907±393
	9月9日	1,301±16	0.51±0.01	9,636±118
	9月12日	1,415±41	0.53±0.02	10,481±307
定時灌水	9月6日	992±23	0.44±0.00	7,345±168
	9月9日	1,129±84	0.45±0.03	8,366±619
	9月12日	1,220±36	0.49±0.01	9,038±268

注)品種:「岳陽」、播種日:2016年5月27日、定植日:6月27日(自動灌水区)、7月1日(定時灌水区)、平均値±標準誤差(n=10、3反復)、結球緊度=結球重(g)/体積(cm³)、0.5以下:しまりがゆるい、0.5~0.6:普通程度にしまっている、0.6~0.7良くしまっている、0.7以上:極めて良くしまっている。10a当たり収量については、病虫害発生株を除いたもの。

ともに育苗時の枯死株はなく、自動灌水区における5月13日および6月10日に播種した異なる生育ステージの苗についても生育は順調であった。

平均的な結球重が市場性の高い1,200g以上(L級品)になる日は、自動灌水区が9月6日、定時灌水区が9月12日であり、自動灌水区により収穫期が約6日間早まった(表2)。

考 察

本システムは(株)ソフトウェア研究所と群馬県農業技術センターが共同研究により開発したトマトのポット育苗用の育苗自動灌水システム⁵⁾が基本となっており、さらに両者の共同研究によりキャベツセル成型苗の育苗用に改良した装置である。トマト育苗では電源がないハウスでも設置できるようにバッテリーが装備されているが、キャベツ育苗ハウスでは通常100V電源があるため、これを利用している。また、トマト育苗では、灌水用点滴チューブを配置しているが、キャベツ育苗では、嬭恋村の生産者に導入されている灌水装置「雨車」や「らくらく散水

くん(三和サービス株式会社)」をそのまま利用できる。さらに、トマト育苗では、ポリポットに上から水分センサを培養土中に挿しているが、キャベツ育苗では、セルトレイ中央部のセル側面に縦の切れ込みを入れ、そこにセンサを差し込みセル2カ所分の土壤水分を測定している点が異なる。

嬭恋村における生産者の育苗ハウスは自宅付近にあり、キャベツの生産圃場と離れている場合が多い。そのため、朝昼の外出前または帰宅時の灌水となるため、枯死を恐れて多灌水になることが多いと推測される。本試験から、自動灌水システムによる日射量 m² 当たり 200W、土壤水分量 15%とした設定により、天候の変化に応じて少量多回数の灌水となり、自動で土壤水分量を管理できることが明らかとなった。また、生産者の育苗時における土壤水分量から育苗前半および後半にも対応できる15%の土壤水分量としたことで、異なるステージの苗にも対応できたと考えられる。本システムでは、キャベツ苗の生育が進むことで、収穫時期も早めることができた。これは、自動灌水では定時灌水に比べて、水分変化が少なく、キャベツの生育が早まるためと考えられ

た。自動灌水により苗生産の回転率が上がることは、育苗ハウスの建設コストを下げることから望ましいと考えられる。

本システムは、2018年時点においてキャベツの大規模生産者4戸に導入され、順調に苗生産が行われている。生産者によると、既存の灌水装置を利用でき、新たに必要となるのは灌水コントローラ、日射量計測部、土壌水分センサが主なものであり、また、一つのコントローラで6地点（ハウス）が管理可能となり、コスト的にも有利とのことである。さらに、頭上灌水できることから、ハウス内で正確に平面でなくても良いことなどが導入に至った理由である。

本システムが現地に導入されわかった点として、1つのセンサでハウス全体を管理することから、ハウス側面で日中に一部の苗が萎れることがあり、比較的乾きやすいハウス側面等のトレイにセンサを設置することが望ましいと考えられた。また、本試験では土壌水分量を15%で設定したが、その条件でのセンサの計測値であり、培養土や設置位置などにより変化しやすいため、実際の設置状況により水分設定値を決める必要があると考えられた。

今後の課題としては、本システムの利用により、育苗時の土壌水分、地温、日射量、ECデータが蓄

積できることから、土壌水分のみならず地温や施肥管理についても考慮し、勘に頼る苗生産からデータに基づいた安定的な苗生産に繋げていく必要がある。

引用文献

- 1) 吾妻農業事務所普及指導課. 2018. 孀恋キャベツブック. 群馬. 16.
- 2) 村田公夫・金子一也・沖嶋壽彦・加藤 晃. 1992. 野菜育苗における水管理の自動化. 群馬農業研究A総合9:1-8.
- 3) 渋谷俊夫・中原正一・古在豊樹. 1999. セル成型苗個体群の蒸発散量計測に基づく自動干満灌水システムの開発. 生物環境調節37(1):57-61.
- 4) 吉岡 宏・佐藤文生・藤原隆広・福高恭史・藤井泰志. 2002. エブ&フロー灌水方式によるキャベツセル成型苗の低コスト・省力・大量育苗システムの開発. 園芸学研究1(3):175-178.
- 5) 田村晃一・原 昌生・湯本弘人. 2016. 電源や水道設備のない場所でも利用できるトマト育苗自動かん水システムの開発. 農作業研究51(別1):1-2.

(Key Words: Cabbage, Irrigation System, Plug Seedlings)

Automatic Irrigation System for Cultivation of Plug Cabbage Seedlings

Takeharu KOIZUMI, Chiaki KOYAMA and Hiroto YUMOTO

Summary

The introduction of plug seedlings into cabbage cultivation is in progress in Tsumagoi-mura, Gunma. Therefore, the development of a stable seedling raising technology is required. To this end, a watering controller developed by Software Laboratory Co. Ltd. was used to evaluate the possibility of automating the watering process during cabbage seedling cultivation. It was found that the soil moisture in the plug seedling, that was introduced by the cultivator, was 15-25% in first half of the duration of cultivation and 7-15% in the latter half. Upon application of automatic irrigation between 6:00 and 15:00 hours when the soil moisture content drops to below 15% and solar radiation on the soil reaches 200 W/m^2 , the change in the soil moisture per day became smaller than that when conventionally performed manual irrigation was applied in the mornings and noons. This caused the growth of the seedlings to advance by 4 days and the harvest time to advance by 6 days.

