

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：82111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23699

研究課題名(和文)水田用水を利用した高品質な果樹栽培のための点滴かんがいにおける目詰まり対策の検討

研究課題名(英文) Analysis of clogging progress in drip irrigation for high-quality fruit cultivation using rice paddy water

研究代表者

向井 章恵 (Mukai, Akie)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究部門・上級研究員

研究者番号：90414458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：高品質な果樹栽培法の一つである根圏制御栽培は、雨水を排除して点滴灌漑を行うため、日灌水量が約6m³/10aと大量であり、水田用水の利用が有効である。本課題では、水田用水に含まれる藻類と土砂が引き起こすフィルタ等の目詰まりの進行を分析した。多くの灌水量が必要な7～8月は、藻類と土砂が増加する時期に相当し、その動態はChl-a濃度及び濁度のみに表れ、現行の目詰まりの評価方法であるフィルタ出口の水圧低下に表れなかった。そのため、灌水停止に至る目詰まりは、突発的な水圧低下として表れ、事前のフィルタ清掃は不可能であった。したがって、目詰まりの評価方法として、Chl-a濃度及び濁度の計測が推奨される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

目詰まり進行の正確なモニタリングにより、収量低下に直結する灌水停止を未然に防ぐことが可能となり、高品質な果樹栽培における水田用水の利用を促進できる。これにより、水源を地下水に頼らざるを得なかった果樹農家は、井戸掘削等にかかる非常に高額な費用を抑えることが可能となる。また、水田農業の高収益化施策に基づき、水田での果樹栽培を推進する国及び地方公共団体等に対して、有益な情報を与えることができる。

研究成果の概要(英文)：Soil mound rhizosphere restricted culture, which is a high-quality fruit cultivation method, is based on drip irrigation via rainwater elimination. Therefore, its daily irrigation rate is extremely high, and its use of rice paddy water is effective. In this study, we analyze the clogging progression of filters caused by algae and sediment in rice paddy water. The period from July to August, i.e., when a significant amount of irrigation water is required, corresponds to a period of increased algae and sediment, the dynamics of which are expressed only in terms of Chl-a concentration and turbidity, and not in terms of the decrease in water pressure at the filter outlet, which is used to evaluate clogging currently. Therefore, clogging that results in irrigation stoppage is manifested as an abrupt decrease in water pressure, and the filter cannot be cleaned in advance. Therefore, measurements of Chl-a concentration and turbidity are recommended for the evaluation of clogging.

研究分野：灌漑排水学

キーワード：点滴灌漑 果樹栽培 水田用水利用 目詰まり 藻類 土砂

1. 研究開始当初の背景

高品質な果樹栽培の一つである根圏制御栽培における点滴灌漑は、図1のように不透水性のシートを張って雨水を排除しながら、根域へ厳密に灌水する方法が取られている(栃木県農業試験場, 2019a)。点滴灌漑といえば節水というイメージが強いが、雨水を利用しないこともあり、根圏制御栽培におけるニホンナシの灌水量は最大で10a当たり約6m³/日と大量である。しかし、果樹農家の多くは水源の確保に苦労しており、水源を地下水に頼る場合が多いが、掘削の費用は高く、経営上のリスクとなっている。

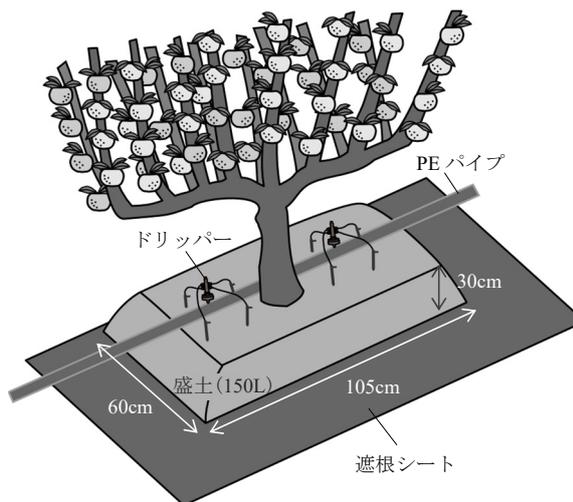


図1 根圏制御栽培の概要
(栃木県農業試験場(2019a)をもとに作図)

2. 研究の目的

根圏制御栽培における水源不足を解決するには、水田用水の利用が有効であると考えられる。水田用水を果樹栽培へ利用する第一義は、水量が十分にあることであり、これに問題はない。一方で水田用水に含まれる藻類と土砂は、点滴灌漑に使用される器材の目詰まりを引き起こし、収量低下につながる灌水の停止を招く。点滴灌漑施設における目詰まりについては、山本ら(2000)によって詳細な研究が行われているが、対象とされるフィルタ等の器材は旧式であり、現在広く普及している高機能な器材を対象とした新たな研究を行う必要がある。本研究では、根圏制御栽培への水田用水利用を試験的に導入し、点滴灌漑施設における目詰まり進行の分析を行う。

3. 研究の方法

(1) 試験圃場の概要

茨城県つくば市の農研機構農村工学研究部門内の水田に試験圃場(面積約15a)を設置した。水田用水は霞ヶ浦用水を源水とし、実験用給水貯水槽(4,720m³)に貯留後、パイプラインで試験圃場までポンプ送水される。実験用給水貯水槽は無蓋であるため藻類が発生する。図2に試験圃場内の点滴灌漑施設を示す。点滴灌漑施設はサンドフィルタ(F620, YAMIT製)、ディスクフィルタ(AR-326DP, Arkal製)、電磁弁(AquaPro, Netafim製)、PEパイプの各種器材で構成され、それぞれをVP管で連結した。PEパイプには、一本当たり20樹を株間2mで栽植することを想定し、40個(1樹当たり2個)のドリッパー(PCJ-LCNLドリッパー+マニフォルド+マイクロチューブ, Netafim製)を取り付けた。また、ディスクフィルタ上流部にクロロフィル濁度計(INFINITY-CLW, JFEアドバンテック製)、ディスクフィルタ出口にブルドン管式圧力計を取り付けた。

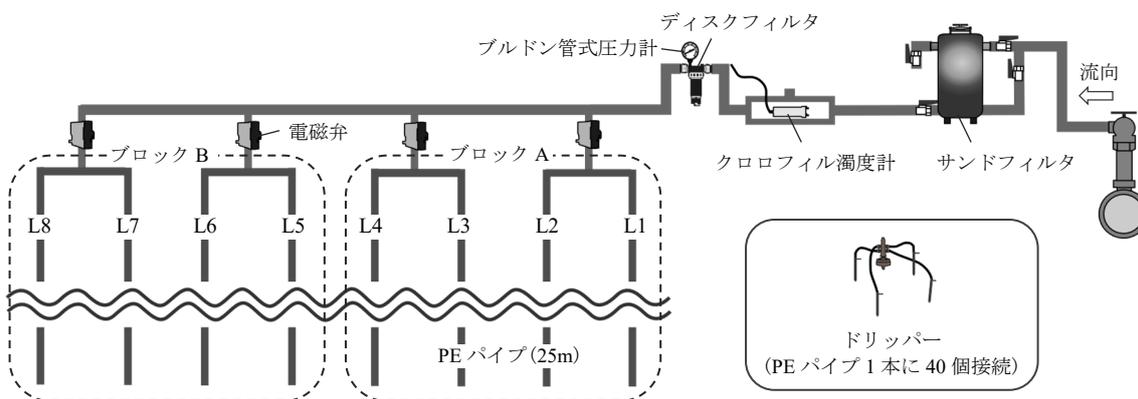


図2 点滴灌漑施設の概要

(2) ドリッパーの滴下流量の確認

点滴灌漑施設内の水圧は、水が流下するに従い、導水管や器材からの抵抗を受けて低下する。根圏制御栽培では、果樹の生育ステージごとに規定された灌水量が存在するため(栃木県農業試験場, 2019b)、水圧不足による不均等な灌水は避けなければならない。

試験圃場で使用したドリッパーは圧力補正機能を有しており、ドリッパー位置の水圧に関わらず滴下流量は8.5L/hと一定である。したがって、不均等な灌水は基本的には生じないが、機能

を正常に作動させるには、水圧が 0.1~0.4MPa 必要である (Netafim Ltd., 2006). このことから、ディスクフィルタ出口の水圧 (以下、 P_{out} とする) は少なくとも 0.1MPa でなくてはならない。ところが、試験開始前に L5~L8 を同時灌水した時の P_{out} は 0.08MPa にとどまったため、ドリッパーは無補正ドリッパーとなり (Netafim Ltd., 2006), 滴下流量は規定量を下回り、不均等な灌水が生じる可能性があった。そこで、 P_{out} を変化させて L5~L8 を同時灌水し、ドリッパーの滴下流量をメスシリンダーで計測したところ、 P_{out} が 0.08~0.04MPa の間、L5 の最上流ドリッパーの滴下流量は 8.3L/h, L8 の最下流ドリッパーの滴下流量は 7.8L/h を維持した。

以上のことから、試験におけるドリッパーの滴下流量は、安全側の値を取って 7.8L/h とみなし、 P_{out} が 0.04MPa 未満の計測データは、ドリッパー位置での灌水量が必ずしも一定ではないため、採用しないこととした。

(3) ローテーションブロックの設定と灌水スケジュール

(2) で検討したように、試験圃場全体へ同時に灌水を行うには水圧が不足しているため、二つのローテーションブロックを設定し、L1~L4 をブロック A, L5~L8 をブロック B として輪番灌水を行った (図 2)。

表 1 にブロック A 及びブロック B の一日の灌水スケジュールを示す。根圏制御栽培における樹種別の灌水量から (栃木県農業試験場, 2019b), 最も多量なシャインマスカットの 50L/樹/日を満たすように設定した。

表 1 灌水スケジュール

ブロック A			
ブロック	A		
灌水時間	9:30-10:20	11:20-13:00	14:50-15:40
灌水量 (L/樹)	13	26	13
灌水量 (m ³)	1.04	2.08	1.04
ブロック B			
ブロック	B		
灌水時間	10:25-11:15	13:05-14:45	15:45-16:35
灌水量 (L/樹)	13	26	13
灌水量 (m ³)	1.04	2.08	1.04

(4) 計測方法

灌水中に含まれる藻類と土砂の現存量を把握するため、クロロフィル濁度計を用いて Chl-*a* 濃度及び濁度を計測した。現在、点滴灌漑施設における目詰まりの進行は、 P_{out} の低下によって評価されている。本研究においてもこの評価方法を採用し、Chl-*a* 濃度及び濁度と P_{out} の関係を検討する。なお、ディスクフィルタから下流のドリッパーでは、試験期間を通じて目詰まりが確認されることはなかった。

4. 研究成果

(1) 事前灌水時の急激な目詰まりの進行

2020 年 10 月から試験開始前の事前灌水を行い、ドリッパーの作動水圧を確保するため、ポンプの稼働台数を増やすなどの調整を行っていたところ、30 日後に鋳鉄製継手のボルトとナットが緩み、漏水が生じた。鋳鉄製継手は、クロロフィルセンサの清掃のために VP 管に空けた隙間を塞ぐ配管資材であり、ボルトとナットは十分に締付けていた。緩みの原因は、通水開始によって、導水管中の堆積物が流下してディスクフィルタを完全に詰まらせ、流れが停止し、上昇した管の内圧が作用したものと考えられる。この時の Chl-*a* 濃度は 90 μ g/L, 濁度は 440FTU となり、非常に高くなった。試験開始前ということもあり、 P_{out} のチェックは行っていなかったが、事前灌水の初期には不可欠であると考えられる。

(2) 試験開始後 1~2 か月の目詰まりの進行 (7 月)

2021 年 6 月 7 日に P_{out} が 0.08MPa を維持した状態で試験を開始した。図 3 に 7 月 12~19 日の Chl-*a* 濃度、濁度及び P_{out} を示す。Chl-*a* 濃度は 7 月 14 日に 33 μ g/L と高くなった。この時、 P_{out} は一時的に低下したものの、3 日後には低下前の値 (0.06MPa) まで回復した。Chl-*a* 濃度は 7 月 19 日に再度 16 μ g/L まで上昇したが、 P_{out} の低下は計測されなかった。同様に、濁度についても

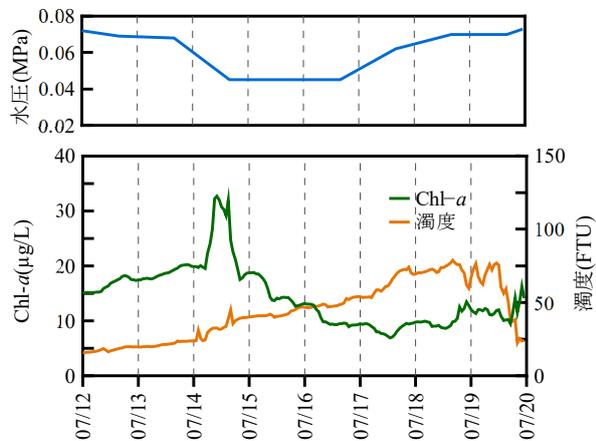


図 3 Chl-*a* 濃度、濁度及び P_{out} (7 月 12~19 日)

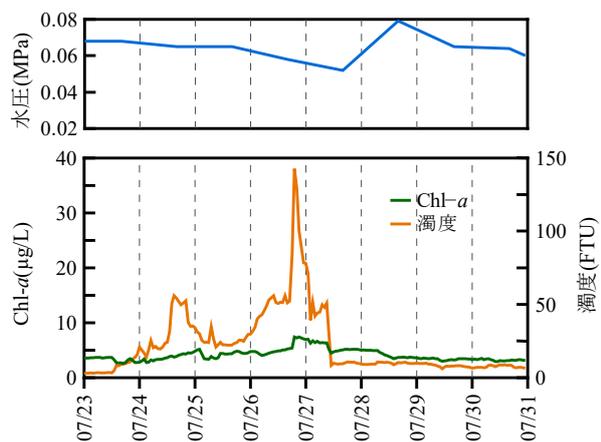


図 4 Chl-*a* 濃度、濁度及び P_{out} (7 月 23~30 日)

7月17～19日に70FTU前後まで上昇したが、 P_{out} の低下は計測されなかった。

図4に7月23～30日のChl-*a*濃度、濁度及び P_{out} を示す。濁度は7月26日に試験期間を通じて最高の150FTUとなった。この時、低下傾向にあった P_{out} はさらに低下したが、2日後には試験開始時の値(0.08MPa)にまで回復した。

以上のように、目詰まりの進行がChl-*a*濃度及び濁度の計測値のみに反映され、 P_{out} の低下に反映されない状態があることがわかった。

(3) 突発的な水圧低下による灌水停止 (8月)

図5に8月5～12日のChl-*a*濃度、濁度及び P_{out} を示す。濁度は8月6日に再び94FTUと高くなったが、 P_{out} は変化せず、0.06MPa前後で推移していたところ、8月12日に突然0.03MPaまで低下し、灌水が停止した。図6に藻と土砂が付着した灌水停止直後のフィルタの様子を示す。

8月は、根圏制御栽培において、最も灌水量が必要な満開後91～120日に当たることから、突発的な水圧低下と灌水の停止を予察することは重要である。(2)の結果からも、目詰まりの進行を評価する方法として、現行の P_{out} と並行してChl-*a*濃度及び濁度の計測を取り入れる必要性は高いと考えられる。

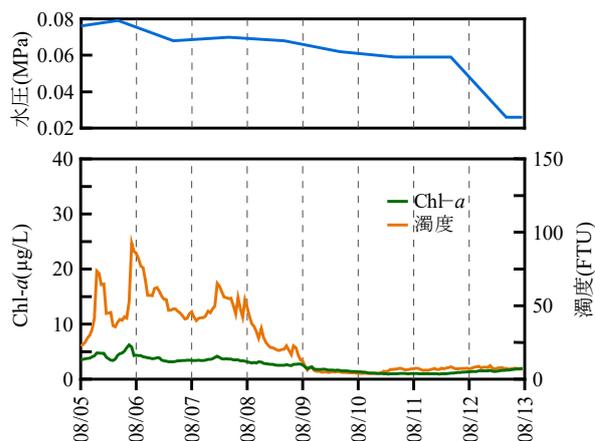


図5 Chl-*a*濃度、濁度及び P_{out} (8月5～12日)



図6 藻と土砂が付着したフィルタ

(4) 灌水再開後の目詰まりの進行 (9～11月)

灌水が停止した8月12日からディスクフィルタの洗浄とサンドフィルタの逆洗浄を数回繰り返して、 P_{out} が灌水停止直前の値に回復した8月23日にChl-*a*濃度及び濁度の計測を再開した。

図7に10月7～14日のChl-*a*濃度、濁度及び P_{out} を示す。濁度は60FTU前後を記録した後、10月10日から徐々に低下した。これを受けて P_{out} は10月11日に0.075MPa前後から0.06MPaまで低下した。その後、濁度と P_{out} は低下し続け、11月3日に P_{out} が0.04MPa未満となり計測を終了した。なお、Chl-*a*濃度はこの期間を通じて $1.0 \mu\text{g/L}$ 以下と低かった。

このように、灌水再開後に濁度の変化が P_{out} によく反映されたのは、灌水中の濁度が比較的良かったことが影響したと考えられる。この時期ならば、現行の P_{out} の低下のみで目詰まりの進行を評価でき、Chl-*a*濃度及び濁度を計測する労力を省略できる可能性があるが、一方で、非灌漑期であるため水路に水がないことがあり、落葉するまで(10月末まで)約20L/樹/日の灌水量が必要な根圏制御栽培では、代替水源を確保するなどの労力が別途発生することに留意する。

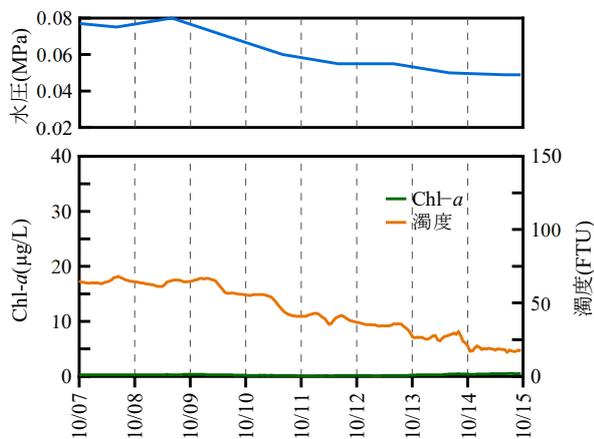


図7 Chl-*a*濃度、濁度及び P_{out} (10月7～14日)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 向井章恵・島崎昌彦
2. 発表標題 水田用水を利用した果樹栽培のための点滴灌漑における 目詰まりプロセスの分析
3. 学会等名 第72回農業農村工学会関東支部大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------