

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 8 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660195

研究課題名(和文) 灌水量・灌水頻度・時間帯を考慮した散水灌漑による稲の高温登熟障害対策の効果の検証

研究課題名(英文) Effect of sprinkled irrigation considering the irrigation amount, frequency, and time on prevention of occurrence of heat damage in rice

研究代表者

坂田 賢 (SAKATA, Satoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター 水田利用研究領域・主任研究員

研究者番号：00584327

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：気候変動による猛暑の増加に伴い、稲の高温登熟障害対策は重要度を増している。可能な対策の一つに水管理が挙げられるが、穂の温度を直接低下させる灌漑手法は検討されていない。本研究では出穂後にスプリンクラーを用いて灌漑を行い、水量、回数、時間帯について効果を検証した。

灌漑時間帯を朝、昼、夕に設定したところ、夕方の灌漑が穂周辺の温度を最も低下させられることを示した。次に、灌漑時間帯を夕方に設定し、灌水量を3段階に分けて灌漑を実施したところ、いずれも対照区と比較して温度が低下したが、水量による差は見られなかった。灌漑の回数を3段階に分けて実施したところ、1回に灌漑を行う場合が最も温度が低下した。

研究成果の概要(英文)：Countermeasures for the occurrence of heat damage in rice are becoming increasingly important with climate change. Although water management is one of the possible countermeasures, the irrigation techniques used to directly decrease the temperature of a rice grain have not been examined. This study verifies the effect of sprinkled irrigation considering the amount, frequency, and time for irrigation.

First, the irrigation time was set in the morning, daytime, and evening. The results showed that the temperature around the rice grain decreased the maximum in the evening. Second, three different volumes of irrigation were tested in the evening. The temperature in all the irrigated areas was lower than that of the control. However, the difference in the irrigation volume did not statistically affect the temperature decrease. Third, the irrigation frequency was set once, twice, and thrice a day. The results showed that the temperature decrease was the maximum in the irrigated once a day.

研究分野：灌漑排水学

キーワード：気候変動 高温登熟 適応策 水管理 散水灌漑 外観品質 水稲 生育

1. 研究開始当初の背景

気候変動の影響とみられる猛暑の増加に伴い、稲の高温登熟障害対策は重要度を増している。異常猛暑の2010年に農家が実施した高温対策では水管理の割合が最も高く(坂田ら, 2011)、水管理による効果的な高温登熟障害への対策が営農現場から求められていると考えられる。これまでに、水管理手法として掛け流し(永島ら, 2005)や飽水管理(藤原ら, 2013)などの効果が報告されている。これらはいずれも地表面付近の温度低下を促し、高温登熟障害の発生を左右する穂部および穂部周辺の温度(以下、穂温)低下を間接的に期待する手法である。すなわち、穂温に直接作用する水管理手法の開発や効果の検証は行われていない。

2. 研究の目的

本研究では、穂の周辺温度を直接下げるために、スプリンクラーを用いて散水を行った。その際の散水方法(時間帯、水量、頻度など)の違いが、穂の周辺温度および玄米品質に及ぼす影響を明らかにすることを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試験圃場と散水条件

試験は茨城県つくば市内の農研機構農村工学研究部門の水田圃場(以下、つくば圃場)、および、新潟県上越市内の農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点の水田圃場(以下、上越圃場)において実施した。それぞれの圃場における散水条件は以下のとおりである。

①つくば圃場

つくば圃場における4区画(区画:5×5m)のうち3区画にミストスプリンクラー((株)タカギ)を高さ1.5mに設置し、試験区(朝灌漑区(2014年のみ)、昼灌漑区、夕灌漑区)とした。散水は水やりタイマー((株)タカギ)を用いて1日1回、各区の散水開始時間(朝灌漑区8:00、昼灌漑区13:00(2015、16年は12:00)、夕灌漑区17:00)から10分間(2015、2016年は30分間)実施した。なお、未設置の1区画を対照区とした。また、散水期間の気温条件について、農村工学研究部門の総合気象観測システムのデータにより出穂後20日間の日平均気温を求めた(表1)。森田(2011)は出穂後20日間の平均気温が26~27℃を超すと白未熟粒が増加するとしており、3カ年のうち2015年に高温登熟障害発生の可能性があったと考えられた。

表1 調査年の出穂後20日間と日平均気温

年度	出穂後20日間の日付	期間中の日平均気温
2014	8/7~26	26.4℃
2015	8/1~20	27.6℃
2016	8/11~30	26.0℃

②上越圃場

上越圃場における4区画(区画:11m×11m)のうち3区画にガーデン用スプリンクラー(サンホープ製:515QC)を高さ1.0mに設置した。散水条件は、初年度の2014年は灌漑時間帯を朝、昼、夕にそれぞれ灌漑する区を設け、2015年には灌漑水量を3段階に設定して散水する区を設け、2016年は散水頻度を1~3回に設定して散水する区を設けた。なお、1日の灌漑時間合計は全ての試験区で3時間である。3カ年とも地表灌漑のみにより用水を供給した圃場を対照区とした。散水期間は出穂期および出穂後20日間を含む8月の1ヶ月間とした。なお、出穂期は2014年、2015年および2016年で、それぞれ、8月3日、8月6日および8月4日である。

(2) 圃場測定の概要

①つくば圃場

穂部周辺の気温測定には温湿度データロガー(アズワン(株)RX-350TH)を10分間隔で記録設定した後、通風式放射よけにいれ、スプリンクラーより1.5m地点、地上80cmに設置した。

また、穂温測定には放射温度計((株)チノ-IR-TAP)を使用し、任意の3穂を選択し、各3回、散水前と散水後20分間隔で測定した。計測回数は2014年昼3回(8/13、20、21)、2015年昼4回(8/6、7、10、18)、夕2回(8/7、18)、2016年昼3回(8/17、19、25)である。

②上越圃場

試験区および対照区において、各圃場の中央部で温度、湿度、散水量(雨量を含む)および湛水深を測定した。また、散水に用いる用水の水温を測定した。具体的には、地上80cmに温湿度計(Onset製:HOBO U23-001)および転倒ます型雨量計(Onset製:HOBO RG3-M)を設置し、地上40cmに温度計(Onset製:HOBO U23-003)を設置した。地表面には静電容量式水位計(Trutrack製:SE-TR/WT250)を設置し、湛水深と地表面温度を測定した。また、散水のための用水を得た水路には水温計(Onset製:HOBO U22-001)を設置した。それぞれ5分間隔で計測し、雨量および散水量は5分単位で集計した。

4. 研究成果

(1) つくば圃場

①散水灌漑による気温低下効果

測定場所により同じ時間の気温が異なるため、各区の散水灌漑開始時の気温が同一となる対照区の気温を補正した後、その後の各測定時刻の試験区と対照区の気温差を求めた。そして、散水終了後60分間の気温差の平均値を「気温低下効果」とした。分析期間は各年の出穂日より20日間とした。なお、灌漑の効果が不明瞭となるため散水開始時刻より3時間前から1時間後の4時間に降雨ありのデータを除いた。3カ年の結果、全体的に気温低下効

果は散水開始時の気温に比例して高くなる傾向がみられた。散水開始時間別では、試験区の朝灌漑区はほぼ効果がみられないのに対し、昼と夕灌漑区では散水時の気温に比例して低下効果が高い傾向が明らかである。特に、散水開始時の気温が 30℃以上では昼灌漑区で 0.2～1.6℃、夕灌漑区ではばらつきは大きくなるが 1.2～3.8℃の低下効果がみられた。このことから、時間帯では夕方の散水灌漑の気温低下効果が最も高いと考えられた(図1)。

②散水灌漑による穂温の低下

開始前の灌漑区と対照区の穂温の差と散水後平均(60分間)の灌漑区と対照区の穂温の差から散水灌漑の穂温低下の寄与分を求めた。その結果、昼散水では 2.0～1.1℃、夕散水では 1.0℃であり、昼散水の方が若干ではあるがより穂温の低下効果が高いと考えられた(図2)。

③散水灌漑による収量・不稔等に対する影響

散水灌漑処理により 2014 年や 2016 年では温度が高くなる昼の散水処理で不稔粒の減少が顕著で穂温の低下による稔実改善の効果は認められると考えられた。一方で茎葉などを含む全重と粗玄米重の増加が散水区で顕著であり、散水による窒素の葉面吸収の影響があると考えられた。(表2)。

(2) 上越圃場

2014～2016 年の出穂後 20 日間の平均気温は順に 26.4℃、26.6℃、26.9℃となったため、外観品質に差を及ぼす気象条件ではなかったが、散水時には以下に示す効果がみられた。

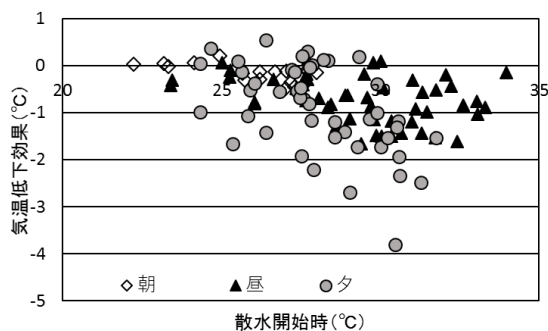


図1 散水開始時の気温と気温低下効果

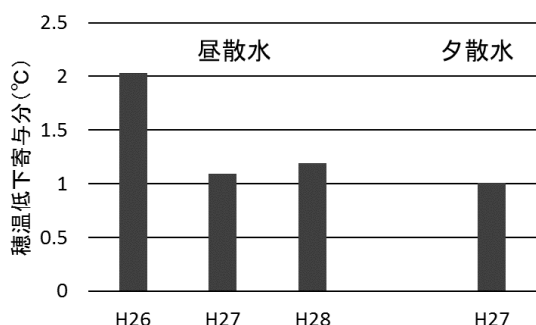


図2 散水灌漑の穂温低下の寄与分

①散水時間帯による効果

散水により地上 80cm 付近において対照区と比べ最も温度差が生じたのは夕灌漑区であり、つくば圃場と同様の傾向を示した(図3)。ただし、1回の散水量が 5mm を下回る場合には温度低下は生じなかった。

②散水量の違いによる効果

散水の時間帯を夕方とし、散水量を変化させたところ、3つの試験区における1回あたりの散水量は 16mm、21mm および 37mm となった。日平均気温が 28℃を上回る日に散水を行った場合には、全ての試験区において対照区と比べ有意な温度低下がみられた(図4)。ただし、散水量の多寡による有意差はみられなかったことから、前項の結果を合わせると、

表2 処理区ごとの水稲収量・品質 (つくば圃場)

年度	処理区	穂数 (本/m ²)	全重 (g/m ²)	粗玄米重 (g/m ²)
2014	8時灌漑	328	1,032	554
	13時灌漑	340	988	558
	17時灌漑	337	1,001	564
	対照	311	793	439
	掛け流し	280	1,323	684
2015	12時灌漑	184	801	430
	17時灌漑	220	991	495
	対照	210	871	501
2016	12時灌漑	277	1,209	739
	17時灌漑	261	919	622
	対照	243	920	519

年度	処理区	精玄米重 (本/m ²)	整粒歩合 (%)	不稔率 (%)
2014	8時灌漑	423	76.4	4.7
	13時灌漑	452	81.0	4.3
	17時灌漑	452	80.1	5.4
	対照	359	81.6	8.3
	掛け流し	473	69.2	4.1
2015	12時灌漑	381	88.6	5.1
	17時灌漑	435	87.9	8.4
	対照	433	86.3	6.6
2016	12時灌漑	666	90.9	6.8
	17時灌漑	556	89.3	11.0
	対照	458	88.3	27.2

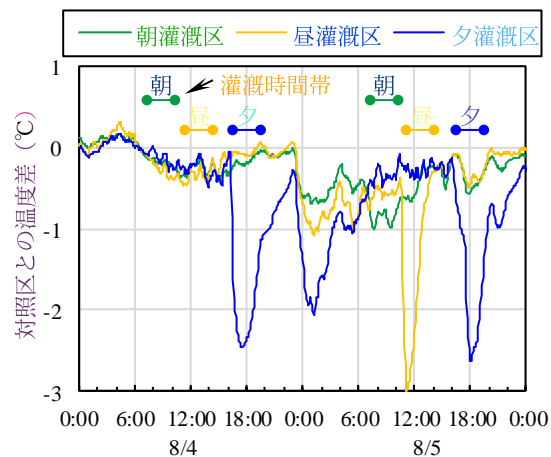
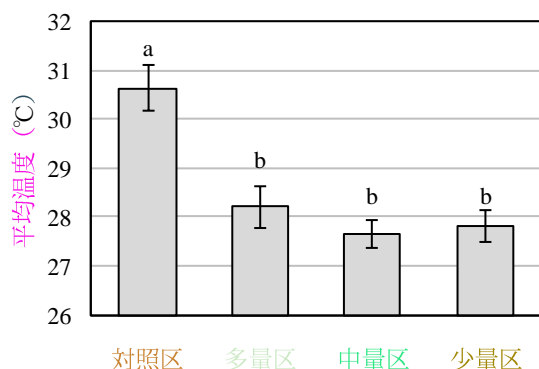


図3 散水日における対照区との温度差の推移 (高さ 80cm 付近)



注：図中の縦棒線は標準誤差を示す。また、異なる英文字は Tukey 多重検定により有意水準 1% で差があることを示す。

図 4 高温日における散水時の平均温度 (高さ 80cm 付近)

1 回あたり 5mm を上回る散水量を確保すれば、散水による穂温の低下効果が得られると考えられる。

③散水頻度の違いによる効果

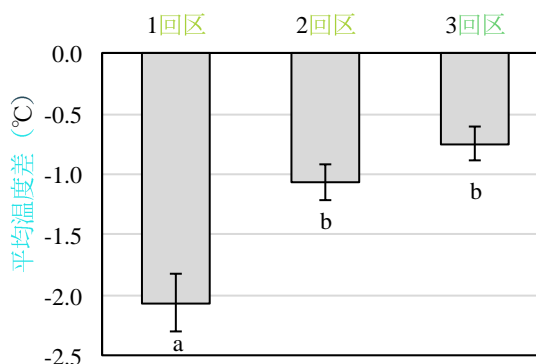
試験区において散水頻度を変化させ、夕方 1 回、朝夕 2 回、朝昼夕 3 回の灌漑を行う区を設定した。その結果、散水時の対照区における温度と比較して、1 回区の温度は有意に低下した (図 5)。また、2 回区においても夕方の散水では温度差が大きくなったが 3 回区ではいずれの試験区も大きな温度低下がみられなかった。

(3) まとめと課題

高温時の水稻の穂部への散水处理は、高温登熟障害対策として効果的と考えられる。本研究で着目した灌水量・灌水頻度・時間帯のうち、特に効果がみられるのは時間帯であり、夕方を中心に 10mm 程度の散水を 1 回行うことで温度を低下させる効果が得られると考えられる。実用面では、スプリンクラーの設置は困難であることから、田面水を少し深くして常時水を補給しながらのブームスプレーを用いた散水などの対策の検討が望まれる。

<引用文献>

- ① 坂田 賢, 友正達美, 内村 求, 夏季高温下における営農手法が玄米外観品質に及ぼす影響, 水土の知, 79(8), 2011, 27-32
- ② 永島秀樹, 中村啓二, 猪野雅哉, 黒田 晃, 橋本良一, 高温登熟条件下における乳白粒および胴割粒の発生軽減技術, 石川県農業総合研究センター研究報告, 26, 2005, 1-10
- ③ 藤原洋一, 鳥山和伸, 藤井秀人, 夏期の飽水管理が土壌環境と玄米品質に及ぼす影響, 水土の知, 81(4), 2013, 7-10
- ④ 森田 敏, 稲の高温障害と対策—登熟不良の仕組みと防ぎ方—, 農山漁村文化協会, 2011, 104-106.



注：図中の縦棒線は標準誤差を示す。また、異なる英文字は Tukey 多重検定により有意水準 1% で差があることを示す。

図 5 高温日の散水時における対照区に対する平均低下温度 (高さ 80cm 付近)

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 3 件)

- ① 谷本 岳, 北川 巖, 坂田 賢, 散水灌漑による水稻の穂部周辺の気温と穂部の温度変化について. 農業農村工学会関東支部 2015.10.26 つくば国際会議場 (茨城県・つくば市)
- ② 坂田 賢, 大野智史, 谷本 岳, 北川 巖, Sprinkler irrigation for preventing heat wave effects on rice. 国際農業工学会 2015.10.14 モンペリエ (フランス共和国)
- ③ 坂田 賢, 大野智史, 谷本 岳, 北川 巖, 稲の出穂期以降における散水灌漑による群落内の温度環境. 日本農業気象学会 2015.3.19 文部科学省研究交流センター (茨城県・つくば市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂田 賢 (SAKATA, Satoshi)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業研究センター 水田利用研究領域・主任研究員
研究者番号：00584327

(2) 研究分担者

北川 巖 (KITAGAWA, Iwao)
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 農地基盤工学研究領域・上級研究員
研究者番号：30462360

谷本 岳 (TANIMOTO, Takeshi)
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 農地基盤工学研究領域・主任研究員
研究者番号：40414619