

令和元年6月17日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07567

研究課題名（和文）散水灌漑と液肥葉面散布による水稻の高温登熟障害の改善技術の開発

研究課題名（英文）Effects of water sprinkling and foliar application with glucose on yield and grain quality of rice under high temperature condition

研究代表者

浅木 直美（Asagi, Naomi）

茨城大学・農学部・准教授

研究者番号：40571419

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：高温条件下におけるスプリンクラーによる散水灌漑と液肥の葉面散布が水稻の生育と収量および品質に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。実験の結果、スプリンクラー散水により稲体の穂温、葉温が低下し、出穂後散水は整粒歩合を増加させる効果が認められた。また、グルコースの葉面散布により登熟期の水稻の葉色値が増加したが、玄米品質の向上効果は小さかった。水稻の出穂前であっても高温下で生育すると登熟期に葉面散布したグルコース由来炭素の穂への転流が抑制された。以上の結果より、スプリンクラー散水とグルコースの葉面散布により、高温条件下の水稻収量と玄米品質を維持向上できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物の高温障害が世界的にみて大きな問題となっている。日本の稲作においても、水稻栽培期間中の気温が上昇する傾向が認められ、高温障害等の被害による玄米収量や品質の低下が危惧されている。本研究は、スプリンクラーによる散水により稲体の温度環境を改善し、収量と品質を維持向上できる可能性を示した。実際の生産現場への導入技術の改良が今後の課題であるが、本成果は、水稻生産現場において作付け期や水稻品種の変更を考慮することなく、高温障害を抑え玄米の品質低下を防止できる技術として社会的意義が大きいといえる。

研究成果の概要（英文）：We conducted pot and field experiments to clarify the influence of water sprinkling and foliar application with glucose on growth, yield and quality of paddy rice under high temperature condition. From results of the experiments, it was confirmed that the ear temperature and leaf temperature of the rice decreased with water sprinkling, and increasing the percentage of whole grain was observed after water sprinkling. In addition, leaf chlorophyll content index in rice increased by foliar application with glucose. Furthermore, the translocation rate of carbon derived from foliar application to the panicle was decreased when growing under high temperature condition even before heading of the rice plant.

These results suggest that water sprinkling and foliar application with glucose can maintain and improve rice yield and brown rice quality under high temperature conditions.

研究分野：作物生産科学

キーワード：水稻 高温登熟 スプリンクラー 葉面散布 玄米外観品質

1. 研究開始当初の背景

近年、地球の温暖化が顕在化しており、植物の高温障害が世界的にみて大きな問題となっている。日本の稲作においても、水稻栽培期間中の気温が上昇する傾向が認められ、高温障害等の被害による玄米の収量や品質の低下が危惧されている。このイネの高温登熟障害問題に対して、森田(2008)は、高温登熟障害の実態を整理し、主な症状である白未熟米、充実不足、胴割れ粒の発生と玄米1粒重の低下、食味の低下のメカニズム、耐性品種など発生回避技術の開発に関する知見を整理し報告している。特に出穂後の日平均気温、温度とデンプン蓄積の関係が研究されている。また、チャンパーを用いた実験結果によると開花期の気温が34~35以上になると不稔粒の割合が増加すること(Satake and Yoshida, 1978)、開花期の高温によって、葯が裂開しにくくなり、また、葯が裂開しても花粉が落ちにくくなることで受粉が不安定になることも知られている(Matsuiら2001)。開花期だけでなく栄養生長期においても地温の上昇によりイネ地上部に対する根量の割合が小さくなることも報告されている(Arai-Sanoh et al., 2010)。このことは登熟期の養水分の吸収量や穂や葉からの蒸散量の低下を招く。その結果、光合成産物の穂への転流量の低下や蒸散量の低下による穂温の上昇が起こることで、収量と品質が低下することが予想される。以上のことから、温暖化はイネの登熟期(7月下旬から8月上中旬ころ)だけでなく、イネの栄養生長期(5月中旬から7月)にも影響し、収量や品質を不安定なものにするといえる。安定した収量と品質を確保するために高温障害に対する適応策が求められている。

温暖化によるイネの高温登熟障害を軽減する方法は、温度環境を改善する方法と、水稻の生理機能を向上させ高温耐性を改善する方法の2つに分けられる(近藤2011)。では作期の移動やかけ流しによる圃場温度上昇の抑制等があげられる。我々はこれまでにスプリンクラーによる散水灌漑によって気温の上昇を抑制する効果があることをビニールハウス内実験により確認している。では高温障害耐性の高い品種の導入や施肥管理によるイネ地上部に対する根量の割合(以下、R/T比とする)を増加させることで高温耐性を改善する方法等が挙げられる。川田・副島(1978)は、ブドウ糖および尿素の葉面散布処理を行うとうわ根の形成が著しく促進されることを報告している。また、茨城県農家の関氏によると窒素、ケイ素、糖蜜の混合液(以下、農家混合液)の葉面散布が米の収量と品質を高めると述べている。これらのことから、葉面散布はイネの生理機能を高めることで高温登熟耐性を向上させる技術の一つであると推察される。以上のことより、スプリンクラーによる散水方式を水田に導入することで、水の気化熱を利用した温度環境の改善とイネの生理機能の向上により高温登熟障害を軽減し、高い収量と品質のコメを安定的に生産できる可能性があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、スプリンクラーによる散水灌漑と液肥の葉面散布が、高温条件下の水稻の生育、収量および品質に及ぼす影響を検討することとした。

3. 研究の方法

(1) スプリンクラー散水が高温条件下の水稻の収量と玄米外観品質に及ぼす影響評価

水田土壌を充填した1/5000aワグナーポットに水稻品種「コシヒカリ」を移植(1株3本植え)し、ビニールハウスで湛水栽培した(移植日:2017年6月1日、2018年5月17日)。生育期間をとおして散水しない無散水区、出穂前/昼間散水(前昼)区、出穂前/夜間散水(前夜)区、出穂前/昼夜散水(前昼夜)区、出穂後/昼間散水(後昼)区、出穂後/夜間散水(後夜)区、出穂後/昼夜散水(後昼夜)区の7処理区を設けた(各処理区:3反復)。ミストノズルを用いた自動散水システムを構築し、昼間散水区は10時から17時まで、夜間散水区は19時から2時まで、昼夜散水区は10時から2時まで散水した(散水処理:15分散水、0分無散水の繰り返し)。出穂前散水区では最高分げつ期から出穂開始期まで、出穂後散水区では出穂開始期から出穂後30日まで散水した。散水効果を確認するため、葉温と穂温をサーモグラフィカメラ(FLIR i7, FLIR社製)で測定した。収穫後の収量と玄米外観品質を調査した。

(2) 出穂期前後の高温処理とグルコースの葉面散布が玄米収量と外観品質に及ぼす影響評価

水田土壌を充填した1/5000aワグナーポットに水稻品種「コシヒカリ」を移植し湛水栽培した。出穂前と出穂後で温度条件が異なる4処理区とグルコース散布の有無を組み合わせ合わせた合計8(4×2)処理区(各処理区5反復)を設置した。4つの温度処理区の構成は次の通りである。出穂前後ともに環境温度(網室内)下で水稻を栽培した「環境温度区」、出穂前は高温条件(ガラス室)下に出穂後は環境温度下においた「出穂前高温区」、出穂前に環境温度下に出穂後は高温下に置いた「出穂後高温区」、出穂前後ともに高温下とした「高温区」を設けた。さらに、各温度条件区において、登熟期に蒸留水を葉面散布する「対照区」、¹³C標識グルコース(¹³C濃度:5.0 atom%)の1%水溶液を散布する「C散布区」を設けた。玄米収量と外観品質調査に加え

て、¹³Cトレーサー法を用いて、葉面散布したグルコース由来炭素の収穫時の穂、茎葉、根への分配割合を算出した。

4. 研究成果

(1) スプリンクラー散水が高温条件下の水稻の収量と玄米外観品質に及ぼす影響評価

2017年度および2018年度の水稲のポット実験結果より、水稻の葉温と穂温は散水により低下し、温度の低下幅は葉よりも穂の方が大きい傾向であることがわかった。生育期間をとおして、水稻の草丈、茎数、葉色値に処理区間の差は認められなかった(図1)。収量調査の結果、穂数と1穂粒数は処理区間で有意な差は認められなかった(表1)。登熟歩合は、無散水区に比べて出穂前、出穂後散水区ともに増加し、とくに後昼区と後昼夜区で有意に増加した。千粒重は無散水区に比べて出穂前、出穂後散水区ともに有意に増加し、とくに出穂後散水で大きかった。結果として玄米収量も増加した。後昼区の収量が最も高く、無散水区の1.7倍であった。整粒歩合は、出穂前散水区では無散水区と有意差はなかったが、出穂後散水区では有意に増加し、後昼区で最も高かった。乳白粒率および腹白粒率は、無散水区と出穂前散水区に比べて後昼区で有意に減少した。

以上の結果より、出穂前散水は千粒重を増加させる効果が認められたが、整粒歩合の向上効果は認められなかった。一方、出穂後散水は収量に加え白色不透明部を有する米粒(乳白粒、腹白粒)を減少させ、整粒歩合を増加させる効果を有することが明らかとなった。とくに出穂後昼間散水の効果が大きいと考えられた。

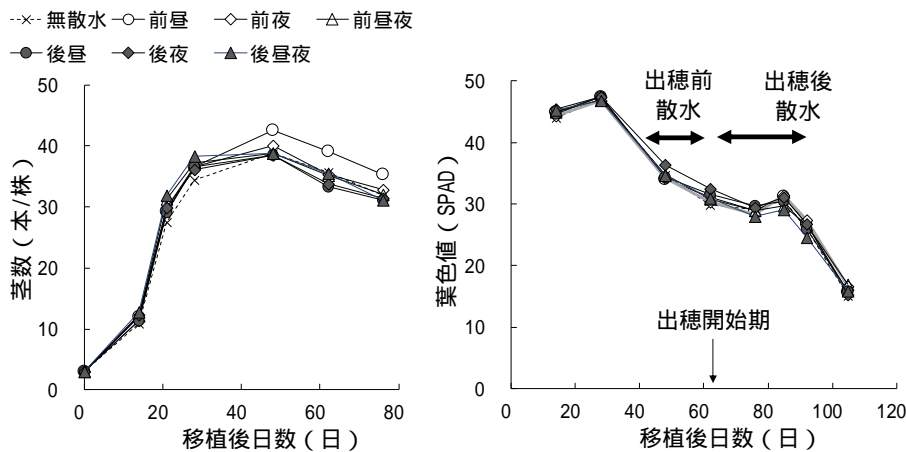


図1 茎数と葉色値の推移(2018年)

表1 収量、収量構成要素および外観品質(2018年)

処理区	穂数 本/株	1穂粒数 粒/本	登熟歩合 %	玄米千粒重 g	玄米収量 g/株	整粒 %	乳白粒 %	基白粒 %	腹白粒 %
無散水	30.0	69.0	50.9 c	16.0 c	16.8 c	9.4 c	12.8 a	20.2 a	13.3 a
出穂前									
昼	32.8	64.5	55.1 c	17.1 b	19.8 c	9.8 c	14.0 a	26.9 b	12.4 ab
夜	31.3	67.9	58.0 bc	17.2 b	21.2 bc	9.8 c	13.8 a	27.3 b	11.3 ab
昼夜	30.7	67.8	56.4 bc	17.4 b	20.3 bc	10.0 c	16.3 a	27.2 ab	11.9 ab
出穂後									
昼	30.0	70.5	71.4 a	19.1 a	28.8 a	26.2 a	7.0 b	26.1 ab	5.7 c
夜	31.3	68.7	64.6 ab	19.2 a	26.9 ab	23.1 ab	9.4 ab	27.2 b	11.2 ab
昼夜	29.9	68.4	68.9 ab	19.6 a	27.5 ab	20.0 b	11.2 ab	27.8 b	8.4 bc
有意差	NS	NS	*	*	*	*	*	*	*

NS: 有意差なし * : 5%水準で有意差あり (n=9)

同一文字を付した数値間には5%水準で有意差がないことを示す。

(2) 出穂期前後の高温処理とグルコースの葉面散布が玄米収量と外観品質に及ぼす影響評価

水稻移植~収穫期の日平均気温は、「環境温度区」と比較して他の3処理区で約2~3℃高く、出穂後の日平均気温はすべての処理区で28℃以上の高温であった。玄米収量、登熟歩合、千粒重は、対照区およびC散布区の両方において、「環境温度区」で他の3処理区と比較して有意に高く、「高温区」で有意に低かった。また、「出穂前高温区」と「出穂後高温区」の間には有意

な差はなかった。よって、栄養成長期の高温は、登熟期の高温と同程度に水稻の収量を減少させると考えられた。一方、玄米の整粒歩合は「環境温度区」と「出穂前高温区」で他の2処理区に比べて有意に高く、腹白粒と基白粒割合は有意に低かったことから、玄米外観品質を低下させる主な要因は、栄養成長期よりも登熟期の高温であると考えられた。さらに、¹³C 標識グルコースを葉面散布すると、高温条件とした期間のある処理区では「環境温度区」に比べて玄米への¹³C 分配割合や穂の乾物重が低く、根および茎葉への¹³C 分配割合およびそれらの乾物重が高かった。また、葉面散布により葉色値および穂乾物重が有意に増加し、玄米基白粒割合を減少させる傾向が認められた。

以上の結果より、出穂後だけでなく出穂前であっても高温条件下で生育すると穂への同化産物の転流量が低下し、同化産物が茎葉および根に蓄積することで穂の乾物重が減少すると推察された。また、グルコースを葉面散布することで、水稻が栄養生長期または登熟期に受けるこれらの高温障害を緩和できる可能性が示唆された。

(1)(2)の実験結果より、出穂後散水は収量に加え白色不透明部を有する米粒(乳白粒、腹白粒)を減少させ、整粒歩合を増加させる効果を有することが明らかとなった。とくに出穂後昼間散水の効果が大きいと考えられた。スプリンクラー散水とグルコースの葉面散布を組み合わせることにより、稲体温度が低下し、穂への同化産物転流割合が増加し、結果として高温条件下の水稻収量と玄米品質を維持向上できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 5 件)

浅木直美、堀心佑、アクバル アロファトゥラ ヌル、吉田貢士、高田圭太、七夕小百合、黒田久雄、佐藤達雄、新田洋司。スプリンクラー散水の時期・時間帯が高温条件下の水稻の収量と玄米外観品質におよぼす影響。日本作物学会関東支部会第 107 回講演会。2018 年。

浅木直美、川崎弘貴、吉田貢士、七夕小百合、黒田久雄、佐藤達雄、上野秀人、新田洋司。尿素またはグルコースの葉面散布が高温条件下の水稻の収量と玄米品質におよぼす影響。日本作物学会第 245 回講演会。2018 年。

浅木直美、アクバル アロファトゥラ ヌル、吉田貢士、高田圭太、七夕小百合、黒田久雄、佐藤達雄、新田洋司。高温条件下の水稻におけるスプリンクラー散水による稲体の温度上昇抑制効果。日本作物学会第 245 回講演会。2018 年。

Zubair Noori、新田洋司、浅木直美。登熟期の高温が穂上位置の異なる穎果の粒重と貯蔵物質の蓄積構造におよぼす影響。日本作物学会第 246 回講演会。2018 年。

新田洋司、秋元拓己、浅木直美。登熟期の高温が穂上位置が異なる穎果における貯蔵物質の蓄積構造におよぼす影響。日本作物学会第 245 回講演会。2018 年。

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：吉田 貢士

ローマ字氏名：Yoshida Koshi

所属研究機関名：茨城大学

部局名：農学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 20420226

研究分担者氏名：七夕 小百合

ローマ字氏名：Tanabata Sayuri

所属研究機関名：茨城大学

部局名：農学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 20512221

研究分担者氏名：黒田 久雄

ローマ字氏名：Kuroda Hisao

所属研究機関名：茨城大学

部局名：農学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 20205256

研究分担者氏名：新田 洋司

ローマ字氏名：Nitta Youji

所属研究機関名：福島大学

部局名：食農学類

職名：教授

研究者番号(8桁): 60228252

研究分担者氏名：佐藤 達雄

ローマ字氏名：Sato Tatsuo

所属研究機関名：茨城大学

部局名：農学部

職名：教授

研究者番号(8桁): 20451669

(2)研究協力者

研究協力者氏名：高田 圭太

ローマ字氏名：Takada Keita