

水稻の高温登熟障害抑制のための夜間かけ流し灌漑による水田水温と葉温低下 Decrease in water and rice temperature under continuous irrigation with running cool water for preventing high temperature damage to rice grain ripening.

○宇尾卓也* 西田和弘* 吉田修一郎* 塚口直史**

Takuya Uo, Kazuhiro Nishida, Shuichiro Yoshida, Tadashi Tsukaguchi

近年、地球温暖化、田植え時期の早期化、早稲品種の普及などを原因とした水稻の高温登熟障害が問題となっている。この高温登熟障害を抑制する対策の一つとして、灌漑と同時に排水を行う、冷水かけ流し灌漑が注目されている。かけ流し灌漑は、大量の水を使用するため、これをより実用的な対策法とするには、かけ流し灌漑による水温、葉温低下効果を正確に把握する必要がある。そこで、本研究では、異なる水量、水深の下で夜間かけ流し灌漑試験を行い、水田内の平面的水温分布、高さごとの群落内気温、葉温の測定を行うことで、夜間かけ流し灌漑による水田水温と葉温低下を評価した。

試験方法

かけ流し灌漑試験は石川県立大学の試験水田で行った。面積約 13 a の水田を 2 枚用意し、1 枚を夜間にかけ流し灌漑を行うかけ流し水田として、もう一枚を夜間無灌漑で湛水状態に維持した対照水田として用いた(Fig.1)。かけ流し試験は、流量、水深を組み合わせ、出穂後 1 週目 (8/12-16) と 3 週目 (8/25-26) に計 5 回行った(Table1)。夜間の平均気温は、約 26℃、灌漑水の平均水温は約 22℃であった。

かけ流し試験時には、水田水温、葉温、高さ毎の群落内気温を両水田内の多点で測定した(Fig.1)。水温、群落内気温は熱電対で、水田中央の葉温は放射温度計で、それぞれ 30 分間隔で測定した。また赤外線カメラで水稻の熱画像を撮影した (20, 0, 5 時)。これらに加え、水田中央では、地温、気温、湿度、風速、長波放射、水位も合わせて 30 分間隔で測定した。

結果と考察

Fig.2 に 8/12-13 (総灌漑水量 51 mm、堰板高

さ 6 cm)、及び 8/13-14 (総灌漑水量 85 mm、堰板高さ 6 cm) のかけ流し灌漑試験時のかけ流し水田と対照水田の水温の平面分布変化を示す。かけ流し灌漑による冷却効果は、総灌漑水量が多いほど大きく、総灌漑水量の多い 8/14-15 の試験時の方が水量の少ない 8/13-14 と比べ、対照水田よりも水温が低下した領域が広がった。水温低下は水口付近で大きい、水尻方向に向かうにつれ小さくなった (Fig.2, Fig.3)。水田中央の水温は、8/13-14 の灌漑で 1.1℃低下したが、8/14-15 では水温低下は見られなかった。これは、流量が少ないと、灌漑水が水尻付近まで到達しないこと、また、到達した領域でも、地面や大気との熱交換により灌漑水が暖められるからだと考えられる。

Fig.4 にかけ流し水田と対照水田の水稻の熱画像の 1 例(8/16 5:00 撮影、水口付近)を示す。水温約 3℃の低下の結果、高さ 20 cm 付近のかけ流し水田の葉温は 22.1℃となり、対照水田 (23.3℃) と比べ 1.2℃低下した。しかし、高さ 80 cm 付近の葉温 (22.5℃) は、対照水田 (22.4℃) とほぼ同じ葉温となり冷却効果は見られなかった。群落内気温の高度分布も葉温の測定結果と同様に、下方では温度低下 (例: 30 cm 付近で 0.7℃低下 (5:00)) が見られたが、上部では温度低下が見られなかった (Fig.5)。登熟期の水田群落上部では、水面からの放射は下方の葉によって遮断されるため直接上部の葉へは到達しない。また、大気との熱交換 (特に顕熱) が熱収支に占める割合は、下方と比べ大きい。そのため、水温低下に伴う葉温低下は群落下方に限られ、上部へはほとんど影響しなかったと考えられる。

* 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agric. and Life Sciences, The Univ. of Tokyo

** 石川県立大学 Ishikawa Prefectural University.

キーワード: 高温登熟障害, かけ流し灌漑, 水稻, 水温, 葉温

Table1 Irrigation schedule and conditions.

Irrigation time and duration	Q_i (mm)	H_{weir} (mm)	T_i (°C)	T_a (°C)	Method of irrigation
8/12 22:00-8/13 5:00 (7h)	51	60	22.8	25.6	Pump
8/13 20:00-8/14 5:00 (9h)	85	60	22.4	25	Pump
8/14 21:00-8/15 5:00 (8h)	42	30	22.6	26.2	Pump
8/15 20:00-8/16 5:00 (9h)	142*	30	21.7	25.2	L-shape pipe
8/24 18:00-8/25 5:00 (11h)	86	30	19.2	26.4	Pump

Q_i : irrigation water amount, H_{weir} : height of weir from soil surface, T_i : average temperature of irrigation water during night time irrigation, T_a : average air temperature. * estimated from weir equation with measured water depth.

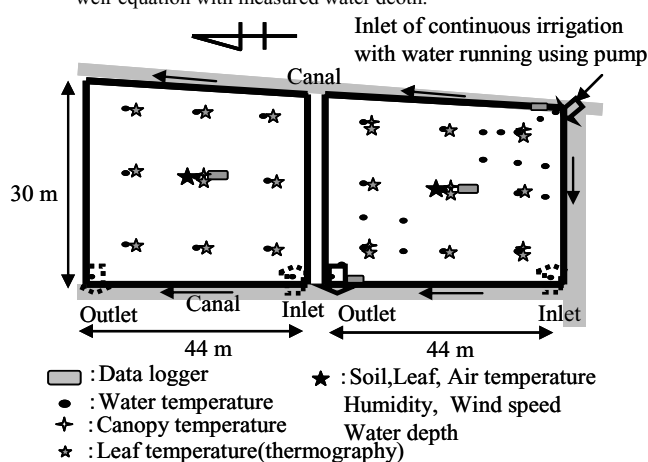


Fig.1 Description of experimental paddy field. Symbols indicates the measurement point.

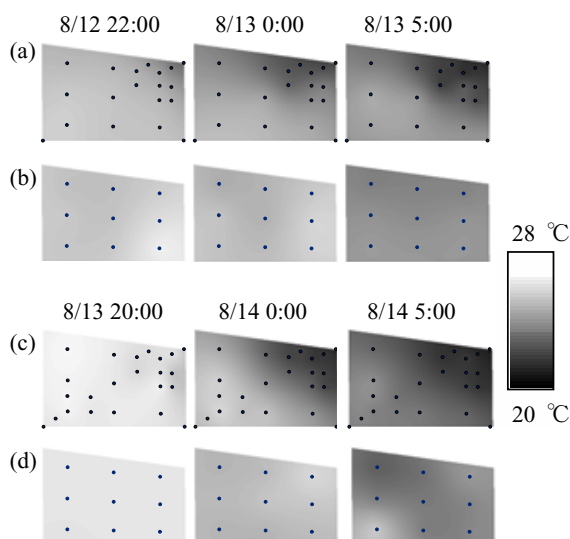


Fig.2 Two dimensional profiles of water temperature of 8/12-13 experiment (a,b) and 8/13-14 experiment (b,d) (a)(c) Continuous irrigation with passing water (b)(d) ponding with no irrigation

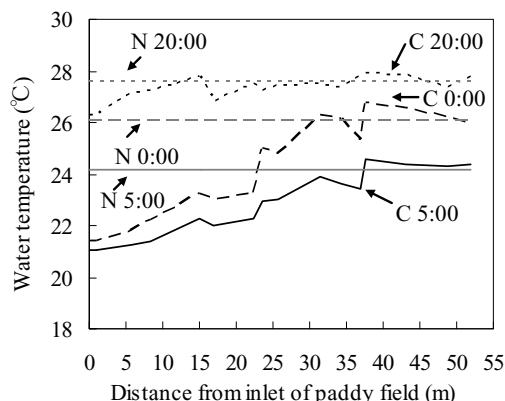


Fig.3 Relationship between distance from inlet of paddy field and water temperature of 8/13-14 experiment. C:Continuous irrigation with running water, N:Ponding with no irrigation at night time

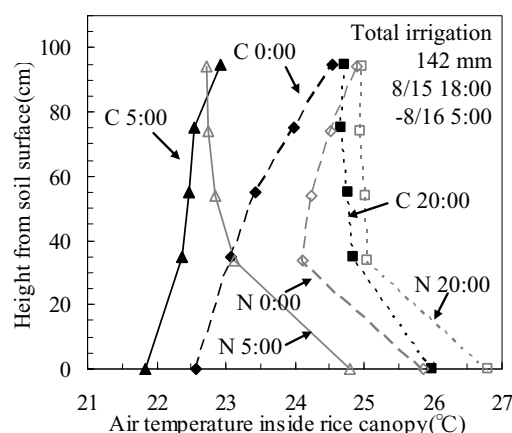


Fig.5 Profile of air temperature inside rice canopy of 8/15-16 experiment. C:Continuous irrigation with running water, N:Ponding with no irrigation at night time

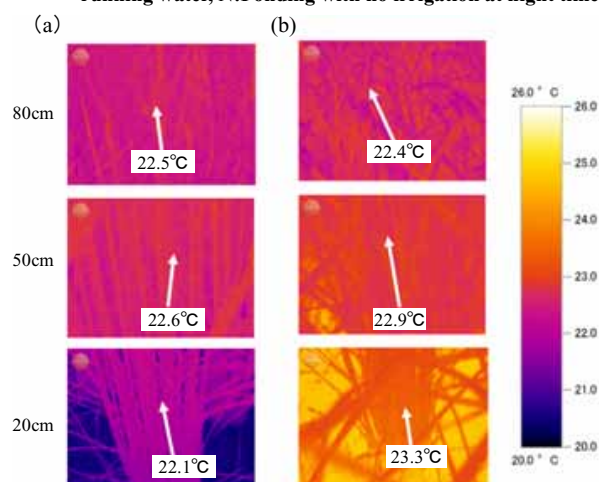


Fig.4 Thermal image of rice at three height of 8/15-16 experiment (5:00) (a) Continuous irrigation with running water (b) ponding with no irrigation at night time