

暖地における水稲生育に及ぼす灌漑水温の影響

第2報 低水温に伴う稲体有機成分の消長

植木健至・寺山保彦

The Influence of Temperature of the Irrigation Water upon the Growth of Paddy Rice in the Warmer District

II. Changes of Organic Constituents in Paddy Rice due to Colder Temperature of Irrigation water

Kenji UEKI and Yasuhiko TERAYAWA

(Laboratory of Crop Science)

I 緒 言

著者等は第1報³⁾において、晩生品種瑞豊を用い、昼間掛流灌漑に依る低水温（7月下旬～9月中旬、日中水温最高 25～29°C、最低約 22°C）の水稲生育に及ぼす影響を、一般生育調査により生育時期別に検討した結果、幼穂発育期に低水温処理をした区はいずれも貯溜区（7月下旬～9月中旬、日中水温最高 29～35°C、最低約 26°C）に比し株当籾重の増加するのをみた。佐藤⁸⁾は二三の土地における水田地層温度の測定により、水稲に対する好適水温が、従来の恒温槽実験より示された適温（30°C 附近）よりやや低く、日平均で約 27°C 附近であろうことを指摘した。著者等の云う掛流（昼間のみ）による低水温は午前 10 時測定温度が 23～26°C で氏のいわれる適温よりさらに低い。近年暖地において高水温障害に関する研究が行われ¹⁾⁶⁾、分蘖期における障害の著しいことが報ぜられているが、著者等の前 2 カ年の実験において幼穂発育期における低水温処理の効果が著しかったことから考えると、暖地における灌漑水温の問題としては、高水温障害の研究と共に、所謂適温（30°C 附近）より低い水温について更に詳細に作物生理の面から研究することが必要であると思われる。

本実験は、前年度認められた低水温効果につき、稲体有機成分の消長を追求し、主として營養生理的な面から検討を加えんとしたものである。

本実験は 1954 年度の水稲について行つたものである。

II 実験材料並に方法

既報の如く、コンクリート水槽 2 つを設け、その中に 1/5 万反 Wagner pot に植えた水稲を入れ、1 つは昼間（9 A.M～5 P.M）水道水を掛流した掛流区と対照区として貯溜区の 2 区を設けた。ただし掛流処理開始は 7 月 27 日（移植後 16 日目）、処理終止は 9 月 30 日（出穂後 17 日目）であり、それ以外の期間は両区共全く同一条件で栽培した。

栽培方法—供試品種瑞豊、播種 6 月 7 日、移植 7 月 11 日、pot 当 1 株 1 本 2 株植、基肥；N（硫安）、P（過石）、K（硫加）各々 0.5 gm、追肥 8 月 20 日 N（硫安）0.25 gm。

試料は 7～10 日毎に晴天の日の午前 10 時に 1 区 4 株づつ（2 pots）採取し、ガラス室内で風乾粉碎して分析に供した。粗蛋白、粗繊維、粗灰分の定量法は農芸化学分析書の示す所により、粗澱粉、全糖については BERTRAND 法により糖定量を行つた以外の過程は藤原⁹⁾の用いた方法に依つた。

III 実験結果並びに考察

本年度(1954年)の気象条件は移植後7月下旬多雨寡照で分蘖がわるく、その後順調な天候が続いたが、台風12号の襲来(此時は稲をガラス室に入れ保護したが)、登熟後半の低温等により前二カ年の実験に比べ生育収量共にやや不良となつた。また生育初期の寡照は幾分貯溜区の水温を低めにしたが(Fig.1)、掛流区は略前年と近似した水温が得られた。夏期晴天の日の日変化を見ると朝隈¹⁾の報文にも見る如く午前10時以後急激に上昇し12~16時の間は略最高水温に近い。従つて得られた収穫物に対する調査成績は主として午後2時測定温度差に由来すると考えて差支えないと思われる。なお両区共水槽の水面と底部における温度差は常に1~2°Cであつた。

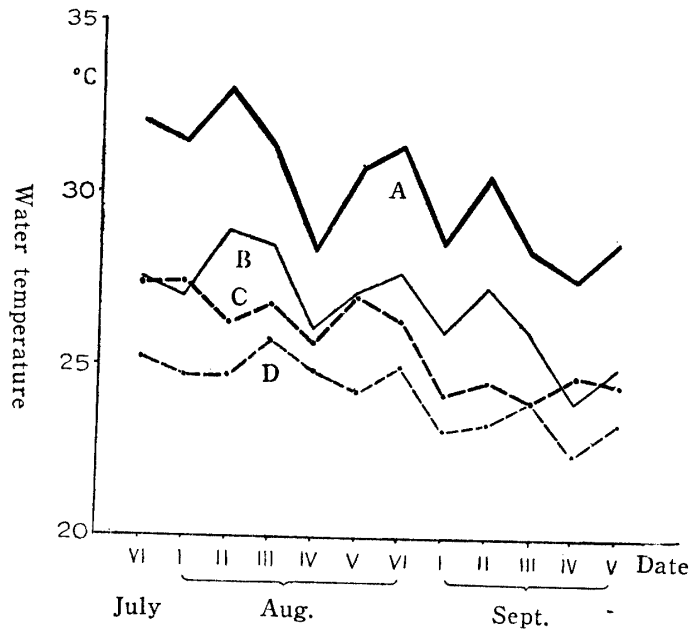


Fig. 1. Temperature of irrigation water (mean every 5 days)

- A : Plot with reserved water, measured at 2 P.M.
- B : " " " " at 10 A.M.
- C : Plot with running water, measured at 2 P.M.
- D : " " " " at 10 A.M.

上述の如き気象条件の下ではあつたが、本年度の収穫物を調査した結果はTable.1に示す如く、前報同様稈長、穂長、1穂粒数、籾重において明瞭な区間差が見られた。

まず乾物重の推移を見ると(Fig.2)、根部においては幼穂形成期(8月20日頃)に至る迄は掛流区の根重は著しく少ないにもかかわらずその後急速に増加を見、9月に入る頃より完全に貯溜区を凌駕し、登熟中期迄その差を保つていた。茎葉重は幼穂形成期頃より掛流区が貯溜区を凌駕するがその差は少で、出穂後に大となつた。穂においても同様に登熟後半より明瞭な差異が見られた。かように根、茎葉、穂と時期的な順に幼穂形成期以後登熟期にかけて掛流区が貯溜区を凌駕して行く様相は、後述の如く処理によつてもたらされた生育相の

Table 1 Comparison of characters influencing to yield

Plot	Length of top (cm)	Lnngth of stem (cm)	Length of spike (cm)	Weight of top per pot (gm)	Weight of grains per pot (gm)	Weight of 1,000 grains (gm)	Number of Stems per pot	Number of grains per spike
A ¹⁾	98.0	72.0	18.6	47.1	30.4	25.9	20.5	87.4
B ²⁾	101.5	77.8**	19.4*	50.2*	38.2**	25.6	22.9	101.6**

1) Plot with reserved water
 2) Plot with running water
 ** Significance level of 5%
 * " " 1%

差異を端的に示しているものと云えよう。

各構成成分含有率については (Table. 2), 両区を通じての一般的傾向として, 最高分蘗期 (8月7日) 附近では明らかに粗蛋白含有率大で生育と共に減少して行く反面, 伸長期より出穂期にかけて粗繊維, 粗澱粉の増加が見られる。また穂においては出穂後は粗蛋白, 粗繊維含有率高く, これが登熟の進行に伴う粗澱粉の蓄積により減少して行くことが認められる。含有率の区間差については (Fig. 3), 粗蛋白では茎葉, 穂共に登熟中期迄は常に掛流区が高く, 茎葉部粗澱粉は全くこれと逆の傾向を示している。また穂部粗澱粉では出穂後2週間位より掛流区が凌駕し成熟期には相当の差異を示した。全糖については幼穂発育期後半より出穂直後にかけて, また粗繊維では登熟過程においていずれも掛流区が高かつた。

次に各成分絶体量 (株当含有量) について見ると, 茎葉部粗蛋白 (Fig. 4) は幼穂形成期に入ると同時に掛流区において著しく増加し, 出穂後の減少程度も貯溜区に比較し緩慢で, 株全体としては多少窒素の吸収期間が後期迄続くことがうかがわれる。茎葉部粗澱粉 (Fig. 5) は出穂期迄は大差なく出穂後掛流区がやや大で, 穂では登熟後半の差異が最も著しい。また出穂前後においては全糖含量 (Fig. 6) が同区においてやや高い傾向が見られたがその差は僅少であつた。茎葉部粗繊維については略澱粉と同様の推移をたどっている。

以上実験結果から両区を通じ一般的に感ぜられることは, 従来水稻の生育過程を研究した野口⁸⁾, 藤原⁹⁾, 石塚²⁾, 戸刈⁷⁾ の分析成績と比較すると, 本実験の場合には出穂後の茎葉部澱粉含有率の減少程度が著しく少ないことである。この現象が果して暖地特有の気象条件によるものか, または品種固有のものかは判然としないが, 少なくとも本実験に使用せる水稻では, 穂の形成に際し茎葉部よりの澱粉移行程度極めて少なく, 出穂後の光合成に対する依存度が著しく高いことが推定される。

Fig. 2に示す如く, 掛流区において幼穂形成期に入ると貯溜区と比較し根重の増加が見られるが, このことは幼穂形成期以降の高い疎蛋白含有量 (Fig. 4) と関連する様に思われる。掛流区において, 1穂粒数の増加と葉枯の減少 (出穂後) が見られることは前報においても報じたが, 此等の現象は此の疎蛋白含量の高いことから理解出来る。また三井¹¹⁾, 藤原⁹⁾ 等が, 窒素の追肥は次段階の光合成を促進すると報じているように, 掛流区における出穂後のより多くの澱粉蓄積は前段階における旺盛な窒素吸収に基くものと考えられる。

榎本⁴⁾ は京都において, 20~28°C の低温灌漑水を用いて出穂, 稔実を詳細に調査した結果, 約25°C 附近を限界温度とし, 同温度以下において顕著な障害の起ることを指摘している。著者等の実験においてもこの程度の水温下では, 分蘗期より伸長期にかけて多少生育の遅延がおこることは, 出葉期が2~3日おくれること, また上述の如く窒素, 炭水化物含有率の相対的關係等からも明ら

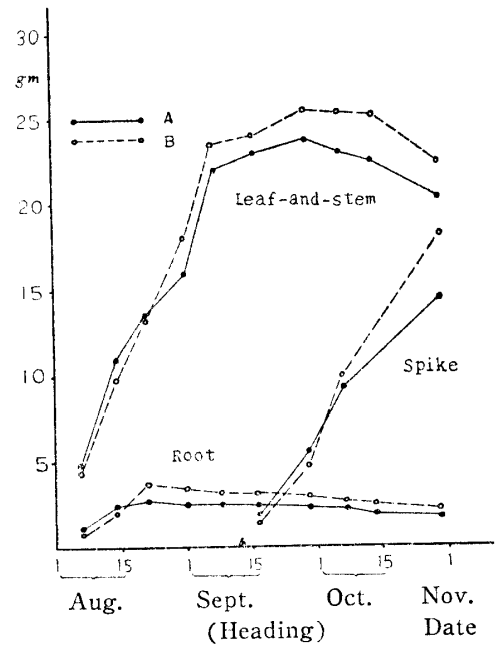


Fig. 2. Dry weight of each organ (per plant)

A : Plot with reserved water
B : Plot with running water

Table 2 Changes of each constituents (dry matter %)

	Organ	Plot	Date of Sampling									
			August				September			October		
			7	14	21	30	7	16	27	6	13	30
Crude Protein	Leaf and stem	A	17.89	10.89	9.17	9.51	7.73	6.49	5.48	4.51	3.51	3.37
		B	19.34	11.33	10.06	10.43	8.16	7.36	6.49	5.33	3.60	3.30
	Spike	A						8.64	7.75	6.80	6.36	6.44
		B						9.46	—	7.64	6.67	6.45
Crude Starch	Leaf and stem	A	13.79	15.47	18.11	19.21	21.31	23.99	22.50	21.87	21.77	21.05
		B	—	13.83	16.10	17.31	20.23	22.88	21.40	21.66	21.96	21.05
	Spike	A						19.30	26.81	44.72	54.01	60.03
		B						17.65	23.45	45.96	57.62	64.10
Total sugar	Leaf and stem	A	—	4.21	3.63	3.39	5.36	5.39	6.50	7.05	5.82	5.39
		B	—	4.28	3.40	3.76	6.20	6.01	7.07	5.71	3.85	5.23
	Spike	A						0.99	3.18	—	1.36	1.71
		B						1.84	2.23	—	1.62	0.99
Crude fiber	Leaf and stem	A	21.30	22.96	23.24	25.43	—	27.08	26.30	27.58	29.35	30.61
		B	20.96	23.30	22.20	24.87	25.54	27.10	29.12	29.73	31.40	34.54
	Spike	A						39.00	21.41	13.85	11.85	8.19
		B						38.10	27.55	15.46	13.19	7.54
Crude ash	Leaf and stem	A	11.43	13.01	12.21	13.45	11.40	10.41	11.95	11.38	11.20	10.55
		B	11.82	12.71	13.21	12.18	11.36	10.99	11.90	12.42	10.59	10.79
	Spike	A						4.65	—	4.27	5.00	4.03
		B						3.93	6.69	4.67	4.64	3.63

A: Plot with reserved water

B: Plot with running water

かであるが、決して稔実障害をもたらすには至らず、むしろ分蘖期の過剰の窒素吸収を抑え生育後期の生理的機能減退を防ぐ上に効果があるようにも思われる。ただこの点に関しては前2カ年の実験において、分蘖期間のみの低水温処理区は貯溜区と収量上有意差を認めえなかつたことより考えると、それ程大きな影響をもたないようである。要するに幼穂形成期の低水温効果は収量構成要素として穂数のもつ役割が極めて少なく、主として1穂粒数と千粒重により支配される暖地稲作¹⁰⁾において始めて認められるものであろう。

IV 要 約

前報において、低水温灌漑が水稻の生育収量に好影響を与えることを報じたが、本年度はかかる現象に対し、栄養生理的な検討を行うべく、生育時期別に稲体有機成分を分析した。

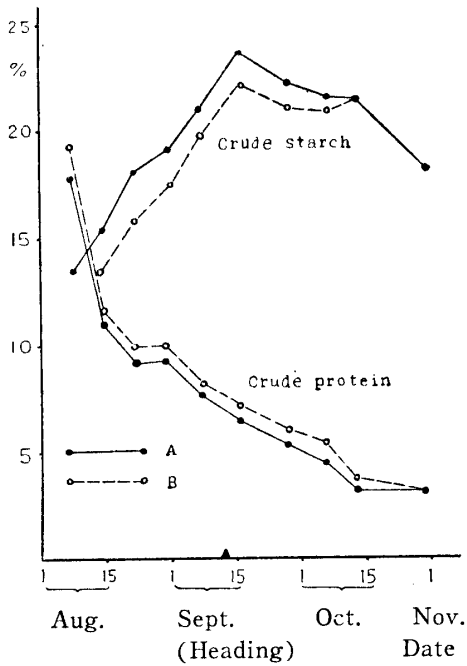


Fig. 3. Percentages of crude protein and crude starch

A: Plot with reserved water
B: Plot with running water

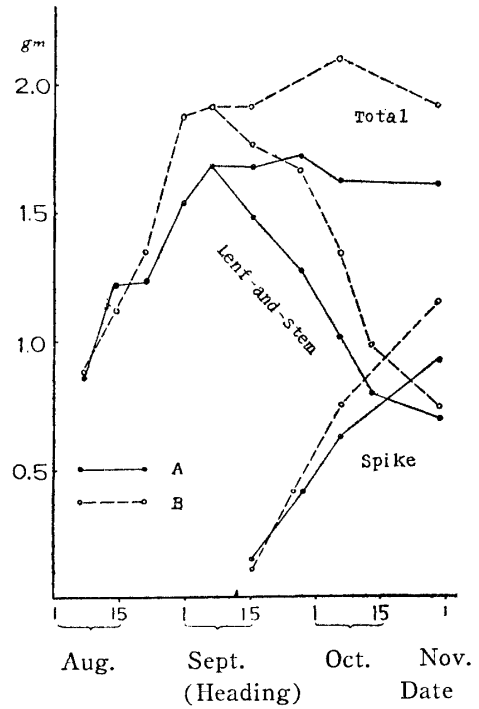


Fig. 4. Amount of crude protein (per plant)

A: Plot with reserved water
B: Plot with running water

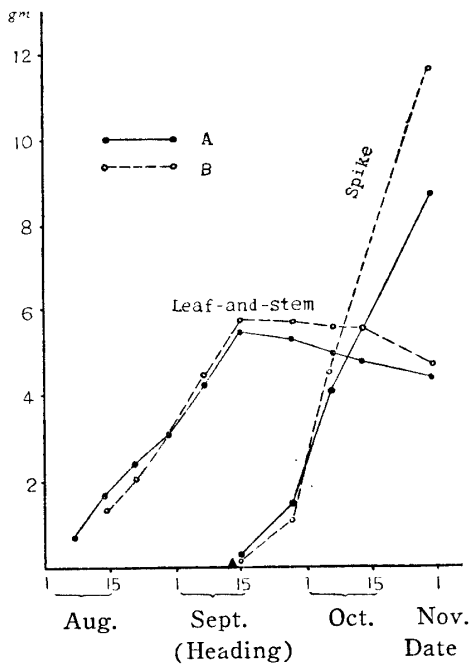


Fig. 5. Amount of crude starch (per plant)

A: Plot with reserved water
B: Plot with running water

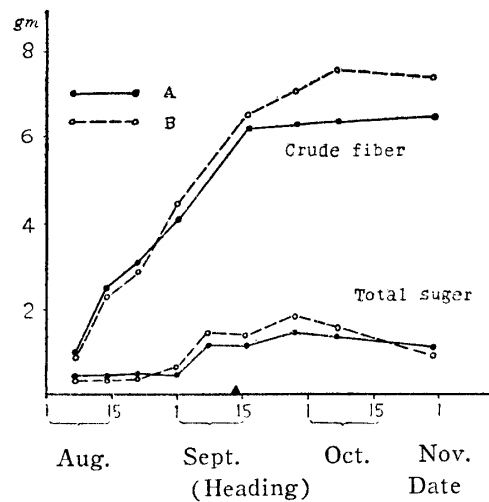


Fig. 6. Amount of crude fiber and total sugar in leaf-and-stem (per plant)

A: Plot with reserved water
B: Plot with running water

処理方法の概要は前年同様であり、得られた水温は貯溜区（対照区）最高29~34°C、平均約27°Cで掛流区最高24~27°C、平均約24°Cであつた。なお掛流処理期間は7月27日~9月30日迄である。

実験結果は次に示す通りであつた。

1. 乾物重：伸長期より登熟期にかけて、根、茎葉、穂と順次に掛流区が大となつた。
2. 登熟中期に至る迄、茎葉部においては掛流区の粗蛋白含有率は貯溜区よりも常に高く、澱粉含有率では全く逆の傾向を示した。
3. 幼穂形成期より出穂直後にかけて、掛流区において株当粗蛋白含有量著しく大で且つ、全糖含量もやや勝る傾向がみられた。粗澱粉含量については分蘖期には貯溜区が大であつたが、出穂後は粗繊維と共に掛流区が凌駕し、殊に穂部澱粉において著しい差異がみられた。

以上掛流区における増収の過程を推察すると、幼穂発育期において根重の増加に伴い、より多くの窒素を吸収し、これが一方では1穂粒数の増加をもたらすと共に、他方では二次的に出穂後の光合成等を盛にし、穂への多量の澱粉蓄積を可能としたと思われる。

なお本年度も前報同様、稈長、穂長、1穂粒数、株当秘重等の区間差を認めえた。

本実験を行うに当り、種々分析上の御指導を戴いた農芸化学科西原典則助教授、小林昭氏並に永浜伴紀氏に感謝の意を表す。なお、本実験に用いた費用の一部は文部省科学助成金の援助によつた。記して謝意を表す。

文 献

- 1) 朝隈純隆：九州農業研究，**10**，(1952)。
- 2) 石塚喜明，田中明：日土肥，**23** (2)，(1953)。
- 3) 植木健至，寺山保彦：鹿大農学部報告，**3**，(1954)。
- 4) 榎本中衛：農及園，**12** (11, 12) (1937)。
- 5) 佐藤正一：農業気象，**8** (1, 2)，(1952)。
- 6) ————：———，**10** (1, 2)，(1954)。
- 7) 戸川義次，岡本嘉，玖村敦彦：日作紀，**22** (3, 4)，(1954)。
- 8) 野口彌吉：農及園，**24** (9, 10)，(1949)。
- 9) 藤原彰夫，大平幸次，大槻勝成，成田精一：日土肥，**22** (2)，(1951)。
- 10) 松尾大五郎：農業技術，**8** (2, 3)，(1953)。
- 11) 三井進午：日土肥，**13** (4)，(1939)。

Résumé

Since it was recognized in the foregoing studies that colder temperature of irrigation water was effective upon the yield of paddy rice, we have attempted to explain this effect through quantitative investigation of organic constituents, such as crude protein, crude starch, total sugar and crude fiber.

As the methods of the treatment, two plots were provided. Plot A: paddy rice cultivated in the pots, as the control, were immersed in the reserved water of the concrete tank throughout the growing season. Plot B: From July 27 to Sept. 30, running water was supplied into the other tank set similar pots in order to obtain the colder temperature. The water temperature during this period in the day time (9 A.M.~5 P.M.) of the former was max. 29~34° C, mean ca. 27° C and that in the latter was max. 24~27° C, mean ca. 24° C.

The experimental results in plot B in comparison with the control, plot A were as follows:

1. After the spike differentiating period, the dry weight of root, leaf-and-stem and spike exceeded those in the control.
2. Until the middle period of ripening, the percentage of crude protein was higher and that of starch was lower.
3. The amounts of crude protein and total sugar per plant, especially the former, were more before and after heading period. The similar tendency was also found with starch in leaf-and-stem and spike, and of crude fiber in leaf-and-stem in the ripening period.

In this year, too, the yields of rice plants in plot B were significantly superior to those of plot A.

From these experimental results, following consideration may be made. Accompanying with the increase of the weight of root during the spike differentiating period under colder temperature, much formation of protein in the top before and after heading period was brought. Consequently, the increase of number of grains per spike and more vigorous photosynthesis took place, and resulted in the accumulation of abundant starch into spike.