水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究

XLVII. 水稻登熟機構の研究 (8)

転流機構特に温度と転流速度との関係並びに登熟歩合向上方法について*

松 島 省 三・和 田 源 七

(農林省農業技術研究所)

前報¹²⁾で、葉身糖含量の高い時ほど、籾への炭水化物の転流量の多いことが明らかにされ、転流の原動力の一つは糖濃度の落差によるとの仮説が導かれた。著者らは、1957 年にも同様な実験を繰返して、類似の傾向を再確認し、さらに進んでその仮説を裏づけるために次の 2 つの実験を行つた。また、転流を直接規制するものは温度であると見られるので、転流速度と温度との関係を追究した。さらに、第 111 回講演会で報告した、穂揃期の窒素追肥の効果を数年にわたって確かめたので、ここに併せて報告する。

1. 転流機構の仮説を裏づける実験

第 1 実験：“転流の原動力が葉身と籾との糖濃度の落差であるとすれば、日中でも葉身の糖濃度を低下させれば、籾への転流量は当然少なくならねばならないはずである”。との考えに基づき、登熟盛期の日中に 2 回遮光し、同一日に出穂した穂を数百本ずつサンプリングし、平均籾一粒当りの乾物増加量を求め、これを無処理区のものと比較した。この結果が第 1 表 a であり、遮光した場合にはほとんど転流は認められない。(供試品種農林 25 号)

Table 1. Evidences to support the hypothesis on the mechanism of carbohydrate translocation.

a) Interruption of translocation in rice plant by shading.

Period of shading	Amount of translocated carbohydrate	
	Control	Shading
A. M. 10—P. M. 2	0.79 mg	0.04 mg
P. M. 2 — P. M. 6	0.32	-0.04

b) Gradient of sugar concentration from leaf-blade to grain in a rice plant. (mgs/g on dry basis)

Sampled time	Leaf-blade (a)	Sheath	Culm	Panicle (b)	(a) — (b)
1956 Midday	83.70	54.90	54.00	43.10	40.60
1957 Midday	79.79	46.94	45.69	35.06	44.73
1957 Midday Shading	50.10	44.50	44.51	35.03	15.07
1957 Morning A. M. 6	51.63	44.71	44.63	35.07	16.56

第 2 実験：“転流速度が葉身と籾との間の糖濃度の落差に支配されるとするならば、葉身・葉鞘・稈及び穂の順に糖濃度が低下していなければならないはずであり、しかもこの落差は日中の転流の多いと見られる

時ほど大きく、遮光された場合や朝の未明の転流の少ないと見られる時には少ないはずである”，との考えから出発し、第 1 表 b のように登熟盛期の 4 通りの稲について、止葉以上の部分を葉身・葉鞘・稈及び穂の 4 部に分けて、全糖含量を定量した。この結果が第 1 表 b であり、いずれの場合も予想通りに葉身・葉鞘・稈・穂の順に糖濃度が低下し、しかも日中の場合は落差が大きく、遮光した場合や朝の場合は勾配が小さいことが見られる。

以上の二実験は、転流を支配する一主要因が糖をつくり出す葉とそれを受取る籾との間の、糖濃度の落差であろうとの仮説を支持する一証明と見られよう。^{8), 9)}

2. 転流速度と気温との関係の実験

次の方法により、転流速度と温度との関係を調査した。早生種藤坂 5 号を用い、同一出穂日の穂に印をつけておき、穂揃後西ヶ原の冷害実験室に搬入し、8 月 9 日～29 日の登熟盛期 20 日間 17°C・21°C・25°C 及び 29°C の 4 段階の温度で処理した。(昼夜一定温) 稲体を穂部と葉部に分けて、処理開始直前と処理

終了直後と成熟期の 3 時期にサンプリングして、乾物重・澱粉・全糖等の測定を行つた。用いた穂数は同一出穂日のもの十数本ずつであつた。澱粉の抽出はタカヂアスターゼ法、全糖の抽出は熱アルコール法により、還元力の測定はソモギー法によつた。

まず、処理直後の調査は第 1 図に示されている(すべて穂 10 本当りの値を示す)。これによると乾物重及び貯蔵炭水化物量は稲体総量では各処理間に大差はないが、葉では常に 25°C までは直線的に低下し、25°C 以上ではほぼ水平に近くなるのに対し、穂では逆に 25°C までは急に上昇し、25°C 以上では水平に近づくことが認められる。なお、この炭水化物の転流にともなつて、穂の中の籾は特定部位(上か

ら 4・5・6 番目の一次枝梗上の 5・6 番目)の平均一粒重も、全粒の平均一粒重も 25°C までは急に上昇するが、25°C 以上になると増加しないか、きわめて僅かしか増加しないことが認められる。なお、c 図の斜線部分は 17°C 区の呼吸による消耗を 0 にした場合に、

* 昭和 33 年 4 月 9 日 第 119 回講演会に於て発表

Fig. 1. Relation between the rate of translocation and the temperature.

Note: Each figure is expressed by the value of 10 culms.
A: Grains located on the definite position of rachises.
B: All grains averaged.
C: Respiratory loss.

各区の呼吸による消耗量を示したものである。

次に呼吸による消耗を考慮に入れて (17°C 区を基準とする), 処理終了直後に, 炭水化物の収支を調査した結果が第 2 図であり, これより“転流の速度はほぼ 25°C までは温度と共に直線的に上昇するが, 25°C 以上になると温度と共に上昇することなく, ほとんど一定に近づくものと見られる。温度が高まるに従って, 呼吸量が増大するので, 呼吸による消耗を考慮に

Fig. 2. Relation between the rate of translocation and the temperature.

Note:
A: Total loss in leaves and culms.
B: Translocatory loss in leaves and culms.
C: Translocatory gain in panicles.

入れた転流量を対象とするならば, 25°C 以上でも僅かながら上昇し, 29°C でもなお上昇するかに見られる。但し, 穂部に現実に蓄積する炭水化物を対象とすれば, 25°C 附近に転流の適温があると見てよからう”。この関係は HEWITT AND CURTIS²⁾ が豆で行った結果と一致する。WENT¹⁹⁾ はトマトで 8°C までは温度の低下するに従って, 糖の転流は増大することを報じたが, これは HEWITT AND CURTIS²⁾ によつてその誤りが指摘された。

3. 登熟歩合向上方法としての穂揃期追肥

今までに明らかにされた登熟機構の研究¹⁰⁾から登熟歩合増大方法として最も注目すべきことの一つは, 出穂後の同化量の増大であることがわかった。出穂後の同化作用を活発ならしめるには, 著者らの別の実験¹¹⁾から, 穂揃期の窒素追肥が有効であることが立証された。そこで, 1954 年以来 4 箇年にわたつて, 実際の圃場で穂揃期に窒素追肥を施し, 果して登熟歩合が高まり, 収量が增大するか否かを試験した。その結果の一部が第 2 表である。

第 2 表によれば, 出穂時の稲体 (穂と根を除いた部分) の窒素含量 1.25 % 以下の場合と晩植以外は, い

ずれの区も穂揃期追肥の効果が認められる。ただし, 登熟歩合に追肥の効果が明瞭でないと見られる区があるが, これは一株穎花数が無追肥区に比して多い場合である。また, 1957 年には出穂後 40 % の遮光を行つた区をも加えて見たが, この場合でも効果の見たものが多かつた。要するに, 出穂期の稲体の窒素含量が高くない場合には, 穂揃期追肥は登熟をよくする人が多いと見てよからう。

Table. 2. Effects of nitrogenous top-dressing at full heading time on the percentage of ripened grains and the yield of grains.

Year	A	B	C	D	E	F	G
1954	10	0	1423	71%	2.68	100	—%
		3	1387	76	2.82	105	—
1955	0	0	1122	81	2.43	100	0.71
		3	1134	87	2.58	106	0.71
	10	0	1391	71	2.55	100	1.25
		3	1374	75	2.69	106	1.25
	15	0	1561	72	2.92	100	1.50
		3	1548	66	2.64	90	1.50
1956	0	0	940	82	1.97	100	0.70
		3	962	87	2.19	111	0.70
	10	0	1555	75	3.03	100	1.22
		3	1539	78	3.09	102	1.22
	15	0	1586	68	2.80	100	1.24
		3	1605	69	2.86	102	1.24
1957	0	0	982	78	2.07	100	0.96
		4	1119	78	2.36	114	0.96
	10	0	1152	73	2.28	100	1.04
		4	1252	76	2.50	110	1.04
	20	0	1603	60	2.61	100	1.23
		4	1638	64	2.92	112	1.23
	9*	0	1215	83	2.65	100	1.04
		4	1208	87	2.85	108	1.04
	8**	0	1194	76	2.61	100	1.09
		4	1257	83	2.89	111	1.09
	7***	0	1133	52	1.94	100	1.13
		4	1147	51	1.95	100	1.13

Note: A: Amount of basic fertilizer (Kan/Tan, Ammonium sulphate). B: Amount of top-dressing (Kan/Tan). C: No. of spiklets per hill. D: Percent. of ripened grains. E: Grain yield (Koku/Tan). F: Yield Percent., taking non top-dressing plot as 100. G: Nitrogen content at heading time. *: Early transplanted. **: Ordinarily transplanted. ***: Lately transplanted.

従来から, 一般稲作上では, 晩期追肥は行われておらず, 比較的近年行われた有名な水耕法による養分欠

除試験^{3),4),5),15)}においても、出穂期以降における窒素の供給は有害又は無益であるとの結果を示しているものが多く、近年晩期追肥(穂肥)の効果が確認された後でも、出穂期以降の追肥の効果を確証した業績はきわめて少ない。しかし、荻原¹⁾・瀬古¹⁷⁾・尾崎¹⁶⁾等の暖地水稻または秋落水稻を対象として行つた試験調査や、最近村山^{13),14)}及び玖村^{6),7)}の試験は、上述の著者らの成績を支持していると見られる。したがつて、出穂期以降の窒素の供給は無益または有害であるとの説は、普遍的に成立つ原則でなく、出穂期の稲体の窒素含量・粒数の多少及び登熟期間の気象条件によつて異なり、かえつて有益無害の場合も多いと考えられる^{18),20)}。

参考文献

- 1) 荻原・西原・松井(1951):九州農業研究, 8. 2) HEWITT, S. P. & CURTIS, O. S. (1948): Amer. Jour.

- Bot., 35. 3) 石塚(1933):農化, 8. 4) 春日井(1939):東大農土肥教室報告, 1. 5) 木村・千葉(1938):土肥誌, 12. 6) 玖村:(1956):日作紀, 24. 7) 玖村(1957):日作紀, 25. 8) LEONARD, O. A. (1939): Plant Physiol, 14. 9) MASON, T. G. & MASKEL, E. J. (1928): Ann. Bot., 42. 10) 松島(1957):農技研報告, A5. 11) 松島・岡部・和田(1956):日作紀, 25. 12) 松島・岡部・和田(1957):日作紀, 25. 13) 村山ら(1955):農技研報告, B4. 14) 村山・吉野・川原崎(1957):土肥誌, 28. 15) 大杉ら(1938):農及園, 14. 16) 尾崎・森山(1952):土肥誌, 23. 17) 瀬古・佐本・杉本(1956):東海近畿農試報告栽培部, 3. 18) 立野・香山(1953):東海近畿農業研究, 3~4. 19) WENT, F. W. (1944): Amer. Jour. Bot., 31. 20) 山田・太田・北沢(1958):試験成績概要.

Analysis of Developmental Factors Determining Yield and Its Application to Yield Prediction and Culture Improvement in Lowland Rice.

XLVII. Studies on the mechanism of ripening (8). Relation of temperature to the rate of translocation of carbohydrates from leaves and culms to grains, and a method for increasing the percentage of ripened grains.

Seizo MATSUSHIMA and Genshichi WADA.
(National Institute of Agricultural Sciences)

Summary

1) Two further experiments have been carried out to confirm the hypothesis, derived from the previous experiments (XLI, Vol. XXVI. No.1.), that the gradient of sugar concentration in a rice plant is one of the most influential factors in determining the rate of translocation. From the experiments following facts have newly been made clear, as can be seen in Table 1: (1) the rate of translocation is markedly disturbed even in a midday by shading the rice plants, and (2) sugar concentration in a rice plant gradients in the order of leaf-blade>sheath>culm>panicle, and the gradient between a leaf-blade and a panicle is the larger at the time when the translocation is the more active.

2) Entire plants being subjected to different temperatures for 20 days after heading, the relation of the rate of translocation to the temperature has also been experimented. From the experiment it has been elucidated that the rate of translocation increases with the temperature up to about 25°C, but it seems to keep almost constant in higher temperatures than 25°C, as can be seen in Fig. 1 and 2.

3) Enabling the rice plant to favour its photosynthetic activity, the nitrogenous top-dressing at the time just after heading has been proved to play an important roll in increasing the percentage of ripened grains on many cases where rice plants have less contents than 1.25% in total nitrogen at heading time, as seen in Table 2.