

熱帯水田の温度環境について

高 村 泰 雄

熱帯における水稲栽培環境の気象的特性としては、まず日射量が大きいこと、年間を通じおむね高温であることを挙げるのが常識である。ではこういった気象環境が水稲の収量性にもたらす得失はいかに考えるべきであろうか。かねてから、熱帯稲作の低収性を高温による植物体の呼吸消費の増大に結びつける考えがあったが、呼吸量増大を上回る光合成量の増大が、大きな日射量によって確保されるならば、高温のみで低収性のすべてを説明することはできないのであって、その点、ひとつには熱帯在来の水稲品種の草型が責を負うべきであることが明らかにされている。¹⁾ しかし、わが国においても暖地における盛夏期のかんがい水温、土壤温度の高すぎるものが秋落ちを助長すること、また出穂後の高温が水稲の炭水化物受け入れ能力の持続期間を短縮し、発熟性を低下させることなど、いわゆる高温の害が明らかにされている。熱帯においては、これらの問題は無視できないであろうし、また生育の初期からかなり高温で経過することの栄養生理的な得失、土壤の物理化学性に対する影響については充分研究される必要がある。本シンポジウムにおいても、石倉氏から水稲の初期生育における高温の生育阻害は存在しないかという質問が出されている。筆者はこれらの問題解決へのアプローチのひとつとして、フィリピンにおける水稲作期中の温度、とくにかんがい水温ならびに土壤温度について調査をおこなったので、以下に資料の一部を示し、熱帯水田の温度環境を理解するための参考に供したい。

一般に水田における水層・地層の熱収支は次式によって示される。²⁾

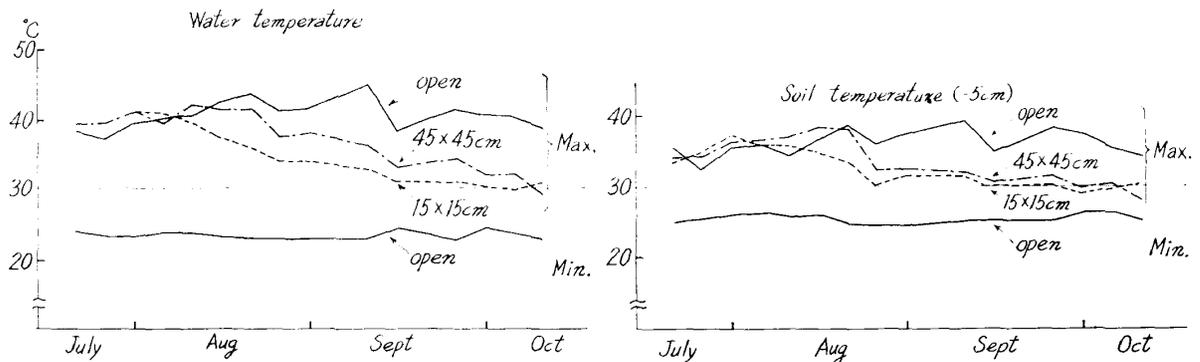
$$R_n + L + \lambda E + Q = 0$$

ここに、 R_n は水田水面に到達する純放射量、 L は植物体および空気による顕熱伝達量、 λE は蒸発・蒸散による潜熱伝達量であって、 Q が水層ならびに地層における貯熱量である。かんがい水温および土壤温度は主として Q によって決定され、水面到達純放射量は植被の大きさにより左右される。また、裸水田をモデル化して Q_1 を得たとすれば、植被下の水田の Q_2 は、 LAI (葉面積指数) を A とすると $Q_2 = Q_1 e^{-0.20A}$ によって求められることが明らかになっている。したがって、純放射量に加うるにかんがい水深、土性、植被の発達程度がわかれば、かん

がい水温，土壤温度の動態はおおむねあきらかとなるわけである。しかし，筆者の場合は従来どおりの温度計による測定であり，今後は上記のモデル化をおこなって異なる地域の温度環境をまずマクロにとらえることが望ましいことをあらかじめ付言しておきたい。

熱帯水田の温度環境の調査は少ないが，マラヤにおける松島³⁾の調査によると，雨季の水稲作期中，かんがい水温の日最高の旬別平均は 37.8°C を越えることなく，また日平均水温の最高は 31.1°C であった。また雨季以外では，水温は気温より高いことが多く，水温の最高は常に水稲の生育初期に得られた。筆者は1965年，フィリピン国際稲作研究所 ($14^{\circ}10'\text{N}$) の水田において，継続的に温度測定を試みたが，ここでは7月移植の雨季作水田での調査結果を例にとってみる。水田の栽植密度は $15 \times 15\text{ cm}$ ， $45 \times 45\text{ cm}$ の2種類とし，品種は台中在米1号を用いて，湛水深は平均 5 cm を維持した。水温，土壤温度の日最高および最低の半旬別平均値を図に示す。なお，最低温度は植被の有無，栽植密度の大小にほとんど関係しないので，すべて裸水田についてのみ示してある。図にみられるごとく，生育初期30日間（8月20日まで）の最高水温・土壤温度は裸水田のそれと著しい差は認められず，いずれもかなり高温で経過している。しかし，8月中旬以後では，移植後約30日を経過して植被が発達するにともなって，最高水温・土壤温度ともに裸水田に比し，顕著に低下の傾向をたどる。

次に，生育時期別気温・水温および土壤温度の平均値を表に示し，参考までに日本の東海地方における6月移植水田で得られた温度の平均値⁴⁾と対比してみた。生育初期30日間の各温度をフィリピンと日本で比較すると，気温で 3°C ，水温および土壤温度で約 4°C のひらきがあり，熱帯ではかなり高温下で初期生育が進行することがわかる。以後の各時期すなわち幼穂形成期，登熟期では，平均気温にはほとんど変化が認められないのかかわらず，植被発達により，水温・土壤温度は生育初期すなわち分けつ期よりも低く経過する。なお，全期間平均温度はいずれも熱帯で約 3°C 高いが，各生育時期の平均温度とともに既応の実験結果からすると適温域からははずれていない。



水稲栽培期間中の最高・最低水温ならびに土壤温度の推移
(ロスバニヨス、1965)

上記の栽培時期のほか、
 筆者は5月植えから12月植
 えの水稲作について同様の
 調査をおこなったが、その
 間に得た資料から、生育初
 期30日間の平均気温・水温・
 土壌温度の変異の幅はそれ
 ぞれ 25.9~29.1°C, 29.0~
 32.0°C, 27.5~31.0°C であっ
 た。全般的にみて、植被発

水稲生育時期別平均温度

		移植後日数			
		1~ 30日	31~ 60日	61~ 90日	全期間 平均
7月移植区 (ロスバニヨ ス 1965年)	気温	28.4°C	28.1°C	28.2°C	28.2°C
	水温	32.0	29.3	27.4	29.6
	土壌温度*	30.6	28.3	27.3	28.7
6月移植区 (一身田** 1956年)	気温	25.4	27.8	24.6	25.9
	水温	28.3	27.0	24.2	26.5
	土壌温度*	26.3	27.2	23.6	25.7

* 土壌温度は地表下 5 cm で測定
 ** 佐本らによる

達程度の小さい水稲生育初期において平均温度が高く、また最高温度も高いことがさしあたり問題となろう。また現地の慣行栽培においては、本調査を試みた水田における密植区よりはかなり疎植される場合が少なくないので、生育中・後期においても水温・土壌温度は本調査結果よりさらに高く経過する可能性がある。

以上のことから、平均温度については、既応の恒温実験の結果と対比して、熱帯において水稲が高温障害の危険に常にさらされていると断言することはできない。しかし、本シンポジウムにおいて、川口教授は腐植に富む土壤では土壌還元による生育障害のおこる可能性を指摘していることから考えると、土壤の性質によっては土壌有機物の分解促進にともなう土壌還元の急速な進行、ひいては根の活性低下を生じる危険性のあることは無視できない。また、最高水温は旬別平均で 40°C を越すことがあり、一時的にせよ、このような高温に植物体の一部がさらされることの得失について、作物生理学的に究明する必要がある。

水温および土壌温度と水稲の生育についてのわれわれの研究結果によると⁵⁾、莖数、主稈葉数の増加速度は水温・土壌温度ともに 31~32°C で最大を示し、草丈についても同様であるが、株当り穂重に関しては 28°C 程度が最適温度とみなされている。これを生育時期別にみた場合、初期には高土壌温度が生長の促進・莖数の確保のために有利であり、幼穂形成期以後ではむしろあるていど温度を低下させ、栄養生長を抑制することが、収量性において有利であると考えられる。この意味では、熱帯水田の温度環境は水稲の初期生育にとって、平均温度ではむしろ好適な条件を有するといえるのではないか。なお、筆者はフィリピンの現地圃場で、温水を掛け流すことにより、ことなる水温・土壌温度区 (33.0, 30.5, 28.0°C) を設け、水稲の生育・収量を調査した。その結果、出葉速度には区間に著差は認められず、莖数は高温区で最大、葉長は自然温区 (28.0°C) で最大となった。また、高温区では昼夜ともに 33°C 恒温であったためか、生育初期の乾物増加速度、葉面積比などは他区より小さかったが、収量ではむしろ最大となった。これは、生育後期において、莖数は多いが葉面積は過大でなく、葉中全N含量も必要

以上に多くなかったことによるものと考えられる。この例から、筆者は熱帯稲の高温反応性—たとえば出葉速度の温度による影響の受けかた—が温帯稲と趣きをやや異にするのではないかということと、初期生育の良否を収量性との関連で判定するための基準を、全期間高気温下で経過する熱帯稲の特殊性を考慮に入れた上で再検討する余地があるのではないかということの2点をここに問題提起しておきたい。

引用文献

- (1) Tanaka A. *et al.* "Growth habit of the rice plant in the tropics and its effect on nitrogen response." *Technical Bulletin*, 3. Los Baños: The International Rice Research Institute, 1964.
- (2) 市村一男ほか「水稻植被が水田の水溫較差におよぼす影響」『農業気象』第20巻, pp. 155～159, 1965.
- (3) 松島省三「マラヤの稲作における稲・土・水の関係についての数種の實驗と調査」『東南アジア研究』第2巻第3号, pp. 129～134, 1965.
- (4) 佐本啓智ほか「栽培時期を異にする水稻の生育経過に関する研究」『日本作物学会記事』第27巻, pp. 333～340, 1958.
- (5) 長谷川浩ほか「土壤溫度が作物の生育に及ぼす影響」『日本作物学会記事』第29巻, pp. 195～198, 1960. 「土壤溫度と作物の生育」『土壤の物理性』第9号, pp. 14～22, 1963.

コメント4

育種とそさいの問題点

長谷川 浩

作物部門における育種とそさいの問題についての討論の大要を述べる。

1. 育種

最近フィリピンのIRRIで育成されたIR-8は注目される品種であるが、これは他の国にとっては輸入品種であり、栽培に当たっては多くの問題がある。すなわち、IR-8に対しては、タイなどで多少国民感情からくる反発もあり、育種専門家はこのような輸入品種に対してきわめて冷淡で、むしろ在来種のなかから良い品種を作り出したいとする傾向が強く、収量が高ければどんな品種でも輸入すればよいとする育種専門以外の人々と強く対立している。

東南アジア諸国で育種を行なうに当たっては、IRRIのような国際機関の育成品種を各国で採用してもらうのが本流であるのか、それとも各国で育種をやるべきであるかの問題に対して