暖地における晩稻栽培の好適気候

佐 藤 正 一

(農林省九州農業試験場)

The optimum conditions of climate for the rice-culture in the warm districts in Japan.

S. SATO

(Kyūshū Agricultural Experiment Station)

I. 緒 言

筆者はさきに水稻秋落に対する気象単独効果検定試験¹⁾によつて、秋季温暖な南九州沿海性気候はやや内陸性の筑後平野気候よりも現在の稲作上では不利であるとした。南九州は通常、気温の日較差は中北部九州に於けるより小さく、これも秋落の気象的原因の一に考えられるが、前記の実験施行中 1949 年には鹿児島と宮崎における気温日較差は平年の両地、或は当年の筑後に比しむしろ大であつたにも拘らず南九州栽培稲は秋落的傾向を示した。

此等の事からは、諸要素綜合気候の夏から秋への推移いかんが更に重要と推察されるのである。ここに暖地稲作の好適気候は如何なるものかを求めんとしたのである。

II. 既往諸研究の概観

九州暖地も約言すれば多照高温年次に豊作であるが、気温は屢々収量と負相関がみられる。特に重要々素には日照²⁾が挙げられている。

近年、嵐・立石両氏³⁾は本問題を精細に追究した。即ち福岡・佐賀・鹿児島・宮崎に就て、7~10月の月別気象諸要素間の相関、及び各月気象要素と稲生育収量(豊凶参照試験)との相関を求めた。その結果の要約は、

i. 各地とも収量は最高気温と相関がなく、9・10月の平均気温及び最低気温と負相関がある(鹿児島は7~10の各月)。出穂から登熟前半期に当る9月の気温較差は収量と顕著な正相関があり、北九州では最高気温が高いために、南九州では最低気温が低いために較差の大なることが良い。また稲に好適な最高・最低・平均気温や気温較差の範囲は南北九州を通じて一律であろう。

ii. 9月が多照で気温較差と蒸発量の大なる年に多収であるが、此の三要素と収量間の偏相関は小さい。なお最も豊作型の気候は9月に平均気温が低く多照な事である。

筆者は、気温較差と蒸発量の大は多照のみで代表されるからかかる偏相関の小は当然と考える。9月の低温多照が豊作を招くのは著しい事実であるが、中には同月が

低温寡照でもかなり多収の例が此等豊凶試験の中にも見出される。従つて稲作好適気候としては栽培全期の綜合気候を考えねばならぬ。

III. 稲作期間気候の表現法について

以上の I, II 諸結果に基き、筆者は九州暖地の晩稻栽培期間に関して次の表現法をとつた。即ち、

夏(7, 8月)の平均気温**.....横座標

秋(9, 10月)の合計日照.....縦座標

にとれば或年の稲作期間気候は座標位置が一点に決る。

夏、晩稻挿秧後の2ヶ月は主に稲自身の体を作り(8月後半は幼穂發育もするが)、秋9・10月が生殖作用・子実完成期である。気象的にも此の夏と秋の2区分は妥当であり、覚え易い。

栄養生長期の気温はまず考えねばならぬ。当時の気温が或程度は日照・降雨等の多少をも代表する。出穂~成熟期の日照が収量と密接に関係する事は既述の如く、なお日照によつて他の気象状況をも類推せしめる。

九州では短期間内の多数気象要素個々の変化が収量に決定的な影響をもたらす事は少い(或る時期の気候不順を次期に補償するから)。かなりの期間の積算綜合気候として最簡易に本田全期間の状態を把握した方がよい。

而して夏の気温と秋の日照とは互に独立要素と考えられる。甘藷⁴⁾に就ては或る期間内の気温と雨量を両軸にとり等収量線を求めた例、或は日照・気温・雨量の影響の理論的考察があるが、九州の稲収量に対しては雨量を日照・気温と同列に考える必要はない。

筆者は佐賀・大分・鹿児島・宮崎の4農試の豊凶参照試験による玄米反当収量を、既述の表現による稲作気候の座標位置に記入して等収量線を描いた。第1図参照。

いずれも品種、栽培法の略々一定な終戦頃迄の約20年分を使用した。(福岡は気象台と農試が遠隔のため気象と収量を結びつけるに難点がある。熊本・長崎の分は追つて調べる予定である)。

** 各測候所の真の日平均気温を両月間平均したもの。もし1/2(最高+最低)をとれば真平均よりやや高くなり、第1図の等収量線は多少歪むが、高温部へ大略平行移動する。

* 昭和29年4月1日 総会において発表

昭和29年6月12日 九州支部総会において発表

夏(7,8月)の平均気温 Mean Air-temperature in Summer (July & Aug.)

稲作期間の気候と玄米収量との関係

Fig. 1. The relations between the climate in rice-cultivating season and the yields of unhulled rice (gemmai)

Full line——line of equal yield 等収量線

Dotted line.....difference between the mean air-temp. in Summer and that in Autumn.

点線.....夏と秋の平均気温の差

貫/反=KAN/TAN=3.75 kg/1000 m²

佐賀：神力，晩白雉，目利 (1925~1946)

大分：大分神力 10 号，大分三井 20 号，選立 (1927~1946)

鹿児島：曲玉，小坊主 (1926~1946)

宮崎：雄町，神力，福富 (1920~1946)

豊凶参照試験

IV. 九州各地の稲作気候と収量

まず佐賀に於ては秋の日照の多いほど多収である。等収量線が図の左上より右下方向に傾斜し 26.7~27.7°C で顕著に下るのは，夏季にかかる気温（気候）であれば秋日和がやや悪くても多収なる事を示す。夏が 27° 内外の適気温で経過し更に秋が多照ならば非常な豊作となる。

また図上に点線で夏と秋の平均気温の差を記入した。これは気温の夏秋較差とも云うべく，夏生長期に対する秋登熟期のシマリ加減を表すものと解してみる。佐賀に於て夏 27°，秋日照 340 時間の所で等収量線が密接しているが，此等の年はすべて夏秋気温差が大で多収であった。鹿児島は概して多照の地で 400 時間以上日照が豊作であり，夏の好適気温は佐賀同様に 27° 弱~28° 弱である。

宮崎は多雨地であるから秋日照 350 時間以上が同地としての豊作であり，夏の好適気温は前二ヶ所と略同様。

南九州鹿児島と宮崎は秋季温暖で夏秋気温差が佐賀より小さい。佐賀はこの統計年数の半分の 10 年ほどは夏秋気温差が 7~8.6°C であるが，鹿児島と宮崎はともに 7° 以上の事は約 20 年中に 1~2 年に過ぎぬ。

なお宮崎と鹿児島は夏気温，秋日照の他に豊凶試験とは云えやはり風雨害が幾分か影響しているであろう。

大分は瀬戸内海気候区に属し秋の日照は殆んど 350 時間内外で変化が少い。秋多照ほど多収，夏の好適気温約 27° の傾向は前三ヶ所と大差ない。

V. 考 察

本例の 4 地について，同一気温（夏気温・秋日照の同じ座標）でも各地ごとに収量の異なる理由は，

(1) 各地の本来的地力，

(2) 品種・栽培法

の差による。それにも拘らず稲作好適気候そのものは 4ヶ所とも略々同傾向である。即ち夏の平均気温が 27° 弱~28°

弱，秋の日照 350 時間以上は良作，400 時間以上は豊作である。嵐氏が好適気温範囲は南北九州各地同様と予想した事は之によつても正しい。

かつて筆者

は，夏の水田の水，地層平均温度⁵⁾が約 27°C が好適であるとした。

Fig. 2. Illustrating the effect of climatic factors on the rice-yields.
s: duration of sunshine in autumn
t: mean air-temperature in summer
y: yield of rice

大気候の適気温も略々之に等しい。収量の豊凶をきたすメカニズムについては、佐賀を代表にとると第1図は第2図のAとBの合成結果と考えられる。従つていま縦軸に収量 y 、横軸に秋日照 s 又は夏気温 t をとれば、第2図A'及びB'の如く、現実に起り得る気象の下では多照ほど多収と云う直線関係と、気温では生物の生理諸作用に於る如き好適曲線を描くであろう。

気温に対する好適曲線が拋物線型か正規分布型か、及びA'とB'を一括して、 $y=f(s, t)$ と表現するのに最も良い数式は如何なる形かの問題は次の機会に譲る。

VI. 結 び

九州各地の水稲晩生種栽培の好適気候を豊凶参照試験成績によつて求めた。その最も簡単な方法は夏7・8月を通ずる平均気温と、秋9・10月の合計日照時数をみれば、夏の気温は27°内外が最適であり之を隔たる低温又は高温では減収傾向となり、秋は多照ほど多収である。此の栽培前半期の気温と後半期の日照との合成によつて豊凶型気候が識別される。

文 献

- 1) 佐藤：水稻秋落に対する気象単独効果の実験的研究 (1), 農業気象 7 (2) 1952
- 2) 大後：日本作物気象の研究 (朝倉・昭 20)
- 3) 嵐・立石：秋落的立場から見たる九州地方に於ける水稻の生育収量に及ぼす気象要素の影響 (第1報), 九州農業研究 6号, 1950
——：同上 (第2報), 九州農業研究 7号, 1950
- 4) 早水：産気調報 10, 蔵重：同 5, 松本：同 9
- 5) 佐藤：水田地層平均温度と其れが稲に及ぼす影響の一考察, 農業気象 8 (1・2), 1953

Résumé

The author investigated on the most simple method to represent the climatic conditions in rice-cultivating season in the warm districts, and made the diagrams shown in Fig. I.

The optimum air-temperature for the crop growth is at 27°C or so in summer (July & Aug.). The more is the duration of sunshine in autumn (Sept. & Oct.), the greater is the yield at every localities in Kyushu.

抄 録

Fleagle, R. G.: Radiation theory of local temperature difference.

Jour. Met. 7 ('50) p.114~120

夜間の地表面の冷却については、Brunt ('32), Wexler ('37), Groen ('47) 等によつて研究がなされてきているが、Fleagle は Groen が $R_N=0$ のときの地表温度 T_1 を最低可能温度とし、

$$-k_1 c_1 \rho_1 \left(\frac{\partial T}{\partial Z} \right)_{Z=0} = \left(\frac{dR}{dT} \right) (T - T_1) \dots\dots (1)$$

を境界条件としたのに対し、 $(T - T_0)=0$ のとき $\left(\frac{\partial T}{\partial Z} \right)_{Z=0}=0$ となる不合理を地面が雪でおおわれたり又水面が氷ではりつめられたりした場合の例から指摘し、あらたに最低可能温度 $T_m > T_1$ なる値を導入してこの T_m に地層の厚さが及ぼす効果及び冷却に与える周囲の影響の研究を行い最後に応用にまで及んでいる。

即ち周囲の影響 r (問題とする地点の全天に対する障害物の割合) を考慮した場合の Groen の境界条件は

$$-4\sigma T^3(1-r)(T-T') = k \left(\frac{\partial T}{\partial Z} \right)_{Z=h} \dots\dots (2)$$

但し T' : r を考慮した場合の最低可能温度

h : 地中温度変化がない層を $Z=0$ としたとき
の地表面の高さ

となるが、この式が T と T' の間で成立するのでなく、 T と T_m の間で成立するというのである。又初期条件も Groen の $T(z, 0)=T_0$ に対し、 $T(z, 0)=T_0+\lambda z$ として伝導方程式の解を求め、

$$\frac{T-T_m}{T-T'+k^*\lambda} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^* \cos \alpha_n h}{h+k^* \cos^2 \alpha_n h} e^{-k' \alpha_n^2 t}$$

を得ている。この結果によると z が小さい程冷却が早く且つ多く、 $z=100$ cm のときには Groen の結果と大体一致する。

次に盆地地形地域において、granite・ice・old snow・new snow 等の熱伝導係数として Handbook of Chemistry and Physics ('49) と Wexler ('49) の値を用い更に地域全体が同温として各点の冷却量を求めている。そしてその結果は Young ('21) の Medford における観測とかなり良く一致していることを示している。

(佐々木 利栄)