

## 稲の組織内澱粉に関する研究第13報

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	佐藤, 更 庄子, 貞雄 江幡, 守衛
巻/号	40巻4号
掲載ページ	p. 439-443
発行年月	1971年12月

## 稲の組織内澱粉に関する研究

### 第 13 報 水稻の稔実期間の環境が生成胚乳澱粉のアルカリ崩壊度、 X 線回折パターンに及ぼす影響\*

佐藤 庚\*\*・庄子 貞雄\*\*・江幡 守衛\*\*\*

(\*\*東北大学農学部・\*\*\*名古屋大学農学部)

檜作<sup>2)</sup>は澱粉粒の結晶構造は、外界の温度や植物自身の澱粉分子の合成速度、さらに細胞内の各種イオンやその他の物質の種類、量など澱粉分子が結晶化する場の物理的条件によつて規定されると考えている。また米の化学的性状は生産される地域により異なり、西南暖地産米は澱粉のヨード呈色度が小さく米粒のアルカリによる膨潤崩壊度も小さいこと、この性質が主に稔実期間中の温度と関係が深いこと、しかしこれらの性質と食味との関係は必ずしも明らかではないといわれる<sup>7)</sup>。植田ら<sup>8)</sup> (1956) は、米澱粉の X 線回折を行ないそれがトウモロコシ澱粉に近い CA 図型に入るとし、鈴木<sup>4)</sup>ら (1963) は、早期栽培して高温下で成熟した米の胚乳澱粉は A 形、晩期栽培して晩秋の低温下で稔つた澱粉は C 形の X 線回折図を示すこと、後者のアルカリ崩壊程度は前者より大きいことなどを明らかにした。江幡<sup>1)</sup> (1968) も白米粉末について稔実期間の平均気温が低いほどアルカリ抵抗が小さい澱粉となると述べ、Juliano ら<sup>9)</sup> (1969) は稔実期間の温度が高く光の強い dry season に稔つた米澱粉は wet season の米にくらべて結晶性が高いと報じている。また二国ら<sup>10)</sup> (1969) は穂だけを温度処理して生成米澱粉の性質をしらべた結果、X 線回折図には温度の影響は認められなかつたが、低温下で稔つた米澱粉の Blue value と沃度親和力は高温下で稔つた澱粉より高いこと、温度は酵素系に変化を与え、低温下ではアミロース含量が高まると推定している。以上のように稔実期間の気温が生成澱粉の性質に影響することが示唆されて来た。

著者らは以上の成績を更に実験的に確かめる目的で、人工気象室を用いて気温とその較差、日長、光の強さ、空気湿度などを制御した環境下で米を成熟させ、生成澱粉の X 線回折およびアルカリ崩壊性の 2 点をしらべたので概要を報告する。成熟過程そのものについては別に報告<sup>9), 10)</sup>した。

\* 昭和 46 年 5 月 21 日受理

第 150 回講演会 (昭和 45 年 11 月) において発表

### 実験材料および方法

#### 1. 日長、気温およびその較差の影響 (1967)

供試品種は Japonica の農林 17 号と Indica の IR-8 である。IR-8 は 6 月末から 7 月下旬まで 8 時間の短日操作を行なつて出穂を早めた。両品種とも 5000 分の 1 アールの鉢に粘土分の多い川砂を詰め、これに 2 株植えとした。肥料が常に十分に存ししかも根が傷みにくいように何回か培養液を更新した (培養液は春日井氏培養液のうち窒素、磷酸、加里の 3 要素だけを含み、液肥として与えた)。処理開始日は農林 17 号 8 月 7 日、IR-8 は 8 月 20 日 (長日区) と 8 月 24 日 (短日区) である。出穂後は肥料は与えなかつた。各区 2 鉢 4 個体を供試した。処理前の開花盛期に戸外で同日に咲いた花に墨付けし 1 昼夜おいて授精が終了したと考えられた段階で処理を開始した。

1) 温度処理: 戸外の自然光下に設置した各室 1.5 m×1.5 m×1.5 m のファイトトロンを用い、昼温を 35, 30, 25, 20°C の 4 段階の恒温とし、夜温はそれぞれの昼温より 0~20°C にわたり 5°C 刻みで下がるようにした。短日区の夜温はそれぞれの昼温より 10°C ずつ低く保つた。朝 9 時から夕 5 時までの 8 時間を昼温、残り 16 時間を夜温とした。

2) 日長処理: 昼温期間の 8 時間を自然光にさらし、残りを暗とする短日区 (SD) と、夕方 5 時に全体に天蓋がかむり夜温に切り換ると同時に各室 40 ワットの電灯 1 個で 0.5 m の高さから 8 時間の補光を与える長日区 (LD) との 2 区である。

各室の相対湿度を 60~70% に保つたが、一部故障のため湿度が狂つた場合もあつたが大きな影響を与えたとは考えられなかつた。収穫は農林 17 号では 1 穂粒数の約 90%, IR-8 では 80% の粒の小枝梗が黄変した時に行なつた。

#### 2. 温度、光の強さ、空気湿度の影響 (1968)

供試品種、栽培法その他は前年同様である。温度処理は昼温—夜温それぞれ 35—30, 30—25, 25—20, 20

—15° の4区としたが、前年度と異なり、昼温は午前6時から午後6時までの自然光下12時間、夜温は午後6時から翌朝6時までの12時間をそれぞれ恒温に保つた。空気湿度は相対湿度で70~80%の高湿区 (H-H) と50~60%の低湿区 (L-H) の2区、さらに昼間約5000lux (東芝陽光ランプ1個ずつで補光) の光を自然光に加えた強光区 (S-L) と、ビニールスタレ1枚で光を遮断 (自然光の約30%の強さ) する弱光区 (W-L) とを設け、湿度と光の強さをそれぞれ温度処理と組合わせた。収穫は昼温35°, 30°C両区は3週間後、25°C区は4週間後、20°C区は5週間後に行なつた。したがって実験1と2では同じ温度表示であつても昼夜温それぞれの保持時間には大きな差がある。

両年度を通じ成熟玄米は瓶中で搗いて糠を除き白米とした後、乳鉢で粉碎して100メッシュの篩を通した、35~35, 35~30°C のような過高温区の玄米は稔実不良で、ていねいに搗いても褐色が脱けず、完全な白米とはならなかつた。

アルカリ崩壊度は白米の粉体それぞれ500mgを供試し、江幡の方法で測定した。X線回折は、理学電機株式会社製の自記X線回折装置を使用し、澱粉粉末試料を非定方位でX線回折した。使用X線は対陰極Cu, NiフィルターによるCuK $\alpha$ 線で、その電圧は35KV, 電流は15mAとした。

## 実験結果

### I. アルカリ崩壊度

1, 2 実験の白米粉末のアルカリ崩壊度を table 1, 2 に示した。何れも2回の測定の平均である。table 1 によると、IR-8 は農林17号よりも全般にアルカリ崩壊値が高くしたがってアルカリ抵抗性が小さい。江幡<sup>1)</sup>によると一般には Indica 品種は Japonica 品種より抵抗性が強いが、IR-8 のような中粒種では弱い場合もあるようである。

気温と崩壊値との関係は明瞭で、特に昼温の影響が大きく、夜温の影響は比較的小さい。気温が高まるほどアルカリ崩壊値小さく、夜温も高まるほど抵抗性が強まる。両品種とも35~35°Cが最も崩壊値が小さく、夜温が急冷してもなお昼間35°Cに保つた区は30°Cに保つた区より崩壊値が小さく現れている。

日長との関係では両品種とも比較的高い気温の下で明期が長い場合に崩壊値を減ずる傾向が認められた。長、短両区は温度環境は等しく弱い電灯光による補光だけで抵抗性が増した理由は説明し難いが、興味ある現象と思われる。table 2 においても気温の影響が最

Table 1. Alkali decomposition value of rice starches (percent light transmission) as affected by temperature, its daily range and photoperiod (1967)

Temp. °C Day-Night	Norin-17		IR-8	
	LD	SD	LD	SD
20—10	69.4	68.4	70.4	65.0
◇—15	68.5	—	67.7	—
◇—20	50.8	—	65.5	—
25—15	43.7	57.8	65.2	67.8
◇—20	32.4	—	63.8	—
◇—25	29.2	—	52.8	—
30—10	25.7	—	40.2	—
◇—15	26.7	—	40.7	—
◇—20	25.2	32.5	39.5	46.9
◇—25	24.8	—	37.8	—
◇—30	20.8	—	33.5	—
35—15	20.7	—	25.9	—
◇—20	20.9	—	23.6	—
◇—25	19.7	21.1	23.7	33.4
◇—30	19.2	—	21.3	—
◇—35	16.3	—	17.5	—

Notes LD: long day SD: short day

Table 2. Alkali decomposition value of rice starches as affected by temperature, air-humidity and light intensity (1968)

Temp. °C Day-Night	Norin-17			
	L·H	H·H	W·L	S·L
20—15	65.8	65.4	58.3	60.4
25—20	35.3	36.3	28.3	27.5
30—25	25.9	22.0	20.4	22.6
35—30	17.1	16.8	16.5	18.3

	IR-8			
	L·H	H·H	W·L	S·L
20—15	66.6	67.3	62.5	62.4
25—20	61.3	61.8	49.4	47.7
30—25	44.8	39.5	42.4	45.2
35—30	23.6	22.9	18.3	20.4

Notes L·H: low humidity H·H: high humidity W·L: weak light S·L: strong light

も明瞭で高温ほどアルカリ抵抗性を高めている。しかし空中湿度や光の強さは影響がないようである。ここでも IR-8 は農林17号より全般に抵抗性が小さく出ている。

### II. X線回折

澱粉のX線回折パターンにはトウモロコシで代表されるA型とジャガイモで代表されるB型がある。さらにA型とB型の種々の混合物と推定されるC型があ

る<sup>2)</sup>。したがってそのX線回折パターンはA型からB型まで連続的な変化を示すものと考えられる、水稻の澱粉はA型ないしC型に属しそのX線回折パターンには種々の回折ピークが見られる<sup>2)</sup>。これらのピーク中でA型とC型の相違を判定するのに有効と思われるピークは4a, 4b, 6a, 6cなどであろう。本実験ではこれらのピークの強度と4a, 4bのピークとの分離の程度を総合して試料中最もA型に近いものをIII型、B型に最も近いものをI型、両者の中間のものをII型として分級した。fig. 1にIR-8の白米粉末のX線回折パターンを示したが、この図からIII型はトウモロコシ澱粉のA型によく似ていることが明らかである。I型およびII型はC型澱粉に属する。

#### (1) 日長・温度との関係

1967年の試料のX線回折結果をtable 3に示した。農林17号のX線回折パターンはいずれの温度処理でもIIないしIII型に属しI型は見られない。III型は20—20, 25—25, 30—15, 30—20, 30—25, 35—20, 35—25°Cに見られる。これらより低温側のみならず、高温側の30—30, 35—35°CでもII型となつてることが注目される。これに対してIR-8のパターンはI型からIII型にわたり、農林17号にくらべて温度処理に対してより幅広い反応を示している。農林17号と異なり、III型は30—30, 35—30, 35—35°Cなどの高温区に集中しており、20—10, 20—15, 20—20, 25—15, 30—10°Cなどの低温区あるいは夜温が急冷する区ではI型となつている。

前述のアルカリ崩壊値と回折パターンを比較すると、IR-8では崩壊値の小さい澱粉粒の回折パターンはA型に近づく傾向を示している。これに対し農林17号では崩壊値が最も小さい高温区で回折パターンはII型を示し、両者にくいちがいがある。また同じ崩壊値でも両品種の回折パターンにはややちがいがある。

両品種とも回折パターンは日長処理の影響をうけ、30—20, 35—25°C区で長日下にIII型のものが短日下でII型に、II型のものがI型になつている。この点はアルカリ崩壊値と同様な傾向である。

#### (2) 空気湿度、光の強さとの関係

table 4に示したように、空気湿度はX線回折パターンに変化を与えなかつた。前述のようにアルカリ崩壊値もほとんど変化しなかつた。しかし光の強さは回折パターンに多少影響しており、強光によつてA型の方に近づく傾向が見られた。

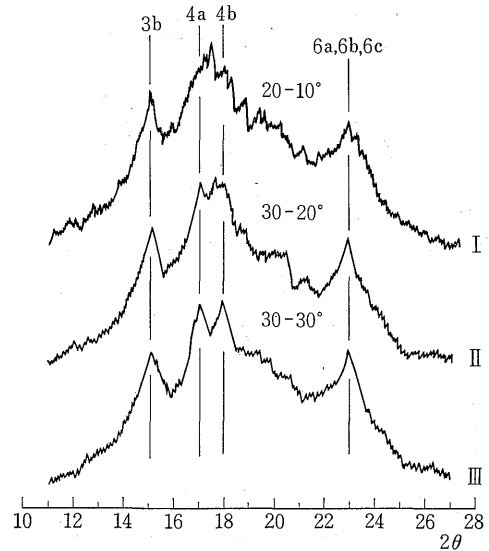


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of starch specimens of polished rice (IR-8, LD, 1967)

### 考 察

本実験の範囲内では、生成澱粉の性質に対して温度が最も著しい影響を与え、一般に高温ほどアルカリ崩壊値を小にして、アルカリ抵抗性を増加し、同時にX線回折パターンをA型に近づけて結晶性を向上させる傾向が認められた。これらの結果は鈴木<sup>4)</sup>ら、江幡<sup>1)</sup>、Juliano<sup>3)</sup>らの結果を裏づけるものといえよう。しかし二国<sup>6)</sup>は異なる穂温のもとで生成した米澱粉のX線回折図には変化が見られないとしたが、この喰いちがいの理由はわからない。

X線回折パターンは詳細にみると品種によつて多少ことなる変化を示す。農林17号では30—30, 35—30, 35—35°Cのような高温下では、アルカリ崩壊値は小さいのに（これには試料中に夾雑物が多いことが与つているのかもしれない）、回折パターンはII型となつており、逆にIR-8では低温あるいは昼間高温でも夜温が急冷する環境下でI型となり、それぞれ澱粉の結晶性が低下している。このような品種間差は稔実過程でも認められたところで品種の環境適応性と関係が深いものと考えられる<sup>9,10)</sup>。

空中湿度や光の強さはアルカリ崩壊値やX線回折パターンに明らかな変化を与えなかつたが、本実験の処理法にも問題があるのかもしれない。湿度や光の強さももつと幅広く変化させれば影響が出るであろう。

アルカリ崩壊値とX線回折パターンとはよく一致す

Table 3. X-ray diffraction patterns of rice starches as affected by temperature, its daily range and photoperiod (1967)

Temp. °C Day-Night	Norin-17		IR-8	
	LD	SD	LD	SD
20-10	II	II	I	I
〃-15	II	—	I	—
〃-20	III	—	I	—
25-15	II	II	I	I
〃-20	II	—	II	—
〃-25	III	—	II	—
30-10	II	—	I	—
〃-15	III	—	II	—
〃-20	III	II	II	I
〃-25	III	—	II	—
〃-30	II	—	III	—
35-15	II	—	I	—
〃-20	III	—	II	—
〃-25	III	II	II	I~II
〃-30	II	—	III	—
〃-35	II	—	III	—

Table 4. X-ray diffraction patterns of rice starches as affected by temperature, air-humidity and light intensity (1968)

Temp. °C Day-Night	Norin-17			
	L·H	H·H	W·L	S·L
20-15	II	II	I	II
25-20	III	III	III	III
30-25	III	III	III	III
35-30	II	II	II	III

	IR-8			
	L·H	H·H	W·L	S·L
20-15	I	I	I	I
25-20	II	II	I	II
30-25	III	III	II	III
35-30	III	III	II	III

る場合が多いが喰いちがう場合もあつた。前述のように試料の純度も関係をもっているかもしれない。澱粉のアルカリ崩壊の機構については明確な報告はないようであるが、江幡<sup>1)</sup>が引用したようにアルカリ崩壊性が澱粉分子の結合性の大小に関係するものならば、X線回折結果との喰いちがいはありうる。何故ならX線回折は澱粉分子自体の原子配列の規則性に関係すると考えられるからである。

#### 摘 要

日長、温度およびその日較差、光の強さ、空中湿度などの環境条件を変えたファイトロンで水稻農林17

号とIR-8を稔実させ、生成米澱粉についてアルカリ崩壊値とX線回折パターンをしらべた。

(1) 一般にIR-8は農林17号にくらべて崩壊値が高かつた。気温特に昼温が高いほど崩壊値は低下した。気温が比較的高いときには長日は崩壊値を減じたが、光の強さ、空中湿度はほとんど影響しなかつた。

(2) 農林17号のX線回折パターンは本実験の範囲では処理によつてII型ないしIII型に変化した。IR-8ではI型ないしIII型の変化を示し、変化の幅が広い。農林17号では最低温部と最高温部とともにII型とつたが、IR-8では低温部あるいは夜温が急冷する場合にI型になり最高温部ではIII型を示した。35-25, 30-20°Cの高温下では、短日でII型、I型であつたものが、長日処理でそれぞれIII型、II型に変わった。空中湿度は回折パターンに影響しなかつたが、強光は弱光下でI、II型のものをそれぞれII、III型に変えた。

(3) アルカリ崩壊値とX線回折パターンとは平行的に変化する場合が多かつたが喰いちがう場合もみられた。

終りに本実験の試料をとる過程で多くの援助をいただいた秋田県庁の高橋信氏および東北大学技官大友健二氏にあつて感謝いたします。

#### 引用文献

1. 江幡守衛 1968. 米のアルカリ崩壊性に関する研究, 第4報, 粉体法による二, 三のアルカリ検定 日作紀 27: 516-521
2. 松作進 1964. デンプン粒の科学一粒の生成と環境—化学と生物 2: 282-289.
3. JULIANO, B. O., M. B. NAZARENO and N. B. RAMOS 1969. Properties of waxy and isogenic non-waxy rices differing in starch gelatinization temperature. Agr. Food Chem. 17: 1364-1369
4. 鈴木裕・松作進・二国二郎 1963. 早晩期栽培米に関する研究, 第2報. 農化 37: 63-66
5. 鈴木裕・森高明・土井健二・二国二郎 1963. 早晩期栽培米に関する研究 第3報. 農化 37: 112-115
6. NIKUNI, Z., S. HIZUKURI, K. KUMAGAI, H. HASEGAWA, T. MORIWAKI, T. FUKUI, K. DOI, S. NARA and I. MAEDA 1969. The effect of temperature during the maturation period on the physico-chemical properties of potato and rice starches. Mem. Inst. Sci. Ind. Res. Osaka Univ. 26: 1-27

7. 農林省食研 1969. 米の品質と貯蔵, 利用
8. 植田幸輔・太田勇 1956. 米澱粉の理化学的研究.  
第4報 米澱粉のX線回折について, 日作紀 25:  
81—85
9. SATO, K. and M. TAKAHASHI 1971. The development of rice grains under controlled environment. I. The effects of temperature, its daily range and photoperiod during ripening on grain development. Tohoku J. Agr. Res. 57~68
10. SATO, K. 1971. The development of rice grains under controlled environment. II. The effects of temperature combined with air-humidity and light intensity during ripening on grain development. Tohoku J. Agr. Res. 69~79

### Studies on the Starch Contained in the Tissues of Rice Plants

#### XIII. The effects of temperature with different daily range combined with photoperiod, light intensity, and air-humidity during ripening period on the alkali decomposition value and the X-ray diffraction patterns of the kernel starches

Kanoe SATO\*, Sadawo SHOJI\* and Morie EBATA\*\*

(\*Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai

\*\*Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya)

#### Summary

The properties of rice kernel starches of Norin-17 (Japonica type) and IR-8 (Indica type) ripened from fertilization to maturity under different air temperatures combined with photoperiod, light intensity and air-humidity were compared by testing their alkali decomposition value and X-ray diffraction pattern.

The alkali decomposition values of Norin-17 were always lower than those of IR-8, indicating that the former is more resistant to alkali. In the regime of this experiment, higher air-temperatures especially during daytime decreased the value. At higher temperatures longday condition seemed to decrease it. Light intensity and air-humidity had little effect on the value.

Under the differential conditions tested, X-ray diffraction patterns of Norin-17 varied from type II to type III, while those of IR-8 varied from type I to III with a wider range. Norin-17 starches ripened under the lowest or the highest temperature showed type II, in contrast, IR-8 starches was type I when matured at lower temperatures or very cool night temperatures, but showed type III when ripened at the highest temperature. At such high temperatures as 35—25 or 30—20°C, type II and type I under shortday condition changed to type III and II, respectively, under longday condition. The patterns were little affected by air-humidity, but were influenced by light intensity; type I and type II under weak light condition changed to type II and III, respectively, under strong light.

In general, alkali decomposition value and X-ray diffraction patterns varied parallel, but sometimes with discrepancy, the cause of which is not clear.