[農化 第 37 卷, 第 11 号, p.673~676, 1963]

サツマイモデンプンの性質に及ぼす栽培地温の影響*

二国二郎, 檜作 進, 藤井ミチ子, 土井健二,

長谷川浩⁺, 森脇 勉⁺, 奈良省三⁺⁺, 前田 巖⁺⁺(大阪大学産業科学研究所, ⁺ 京都大学農学部, ⁺⁺ 三重大学農学部)

昭和 38 年 7 月 5 日 受 理

緒 言

すでに報告したように⁽¹⁾, ダイズの発芽時に新生するデンプンは, 発芽時の温度によってその X 線による結晶形が異なり, 30° 以上ではトウモロコシデンプン形の A 形に, また 13.5° ではジャガイモデンプン形の B 形に結晶し, しかもこれら各種のデンプンの粘度図は, 高温で生成したものはトウモロコシデンプンの, また低温のものはジャガイモデンプンの粘度図に近い図形を示す。さらにイネを使って圃場試験で同一品種のイネを同一圃場でただ時期だけを変えて栽培し, その種実からデンプンを集めると, 8 月上旬, 気温の高い時に収穫したコメデンプンは X 線で禾本科デンプンに特有の A 形を示し, その粒はアルカルで膨潤しがたいが, 11 月上旬に収穫したコメデンプンは X 線で C 形 (A と B の中間形) を示し, アルカリで膨潤しやすいことを見出した⁽²⁾。

このように天然デンプン粒の性質が, 原料植物によって定まる一定不変のものではなく, デンプン粒生成時の環境によっても著しく影響されるものであることをいっそう確実にするために, サツマイモを使って本実験を行った。すなわち, 土壌温度を常に一定に保つように調節した植木鉢 (ポット) に同一種薯から採取したサツマイモの苗をさし, 他の条件は同一とし, ただ 5° あるいは 10° の温度差をもって 60 日あるいは 80 日間昼夜恒温に保ちサツマイモを成熟させ, この薯から常法に従ってデンプンを集め, X 線ディフракトメーターで結晶形を検し, 同時にレオメーターを改造して作ったビスコグラフでその粘度曲線を描かせ, デンプン生成時の地温がデンプン粒の性質に及ぼす影響をしらべた。その結果, 同一品種のサツマイモでも栽培地温によってそのデンプンの性質に大きな差を生ずることを明かにした。

実 験 方 法

1. 栽培装置

A. 戸外実験 : 京大農学部付属農場の圃場にある大形土壌恒温槽を用いた。恒温槽は内法長さ 230cm, 幅 90cm, 深さ 45cm のコンクリート製で, 上部 5cm は地表面上に現われている。ポットは直径 29cm, 深さ 30cm のホウロウ鉄器製で, ポットはその土壌面まで水槽水面下に浸し, 土壌温度は水温により間接的に調節されている。水温は水槽底部にはった温床用ヒーター線による加温, 井戸水の注入による冷却および圧搾空気による攪拌により $\pm 0.5^\circ$ 以内に自動的に調節されている。水槽の上面はポット上面を含め厚さ 2.5cm のスチロール系樹脂の断熱板で覆い, 灌水は 1961 年には素焼筒による自動灌水装置を用い, 1962 年にはポットの底部に高さ 7cm のあげ底を作り, 底部に常に水を 2~3cm の深さに保ち, 土壌の底部中心部よりたらししたガラスウールにより吸水させた。植物の地上部は外気温である。

B. 室内装置 : 土壌温度処理は京大農学部作物学研究室のガラス室内の小型土壌恒温槽を用いた。恒温槽は内法長さ 50cm, 幅 35cm, 深さ 22cm の水槽からなり, 水温は槽内のヒーターおよび約 5° の冷却水注入により $\pm 0.2^\circ$ 以内に調節されている。なお, 水槽上面およびポット上面は前記と同様断熱板で覆った。ポットは直径 15cm, 深さ 20cm のホウロウ鉄器製で, 灌水は素焼筒による自動灌水法を用いた。植物の地上部はガラス室の温度である。

* Effect of Cultivating Soil Temperature on the Properties of Sweet Potato Starch.

By Ziro NIKUNI, Susumu HIZUKURI, Michiko FUJII, Kenji DOI, Hiroshi HASEGAWA⁺, Tsutomu MORIWAKI⁺, Syozo NARA⁺⁺ and Iwao MAEDA⁺⁺ (Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University, ⁺ Faculty of Agriculture, Kyoto University, ⁺⁺ Faculty of Agriculture, Mie University)

2. 供試材料 京大農学部作物学研究室保存の, 沖繩 100 号および蔓無源氏を用いた。

3. デンプン採取 実験室で常法によって採取した。すなわち, 試料薯を剥皮, 磨砕した後, 布でしばってデンプン乳を集め静置して上澄を捨て, さらに水を加えて攪拌することをくりかえして水洗いし, 最後に数回トルオールを含んだ水で振盪, 静置, 分離してできるだけ蛋白質類を去り, 得られた純白のデンプンを風乾する。もちろん, デンプンを定量的に集めるわけにはいかないが, 収量を比較することは可能である。なお, 防腐の目的でデンプンの洗浄, 静置は 4° の室内で行った。

4. X線回折 阪大産業科学研究所の島津製 X線ディフラクトメーターを使用。使用条件は X線 Cu K α 線, 電圧 35 kV, 電流 18 mA, 発散スリット 1.5 mm, 受光スリット 0.3 mm, ゴニオメーター速度 1°/1 min, 紙速度 10 mm/1 min。

5. 粘度曲線 サツマイモデンプンの収量が温度により差があるために, 各 30~40 g の 1 組の試料デンプンを集めることは困難である。そのため大量の試料を必要とするブラベンダー・アミログラフあるいは V.I. 粘度計をさけて, 三重大学農学部で島津製ユニバーサル・レオメーター UR-1 M 型に強制温度上昇装置その他を付加して改造した, 島津ユニバーサル・レオメーター兼用ビスコグラフを使用した。この装置は一定の速さで回転する容器中に一定温度のデンプン水懸濁液の一定量を入れ, 1 分間に 1.5° の割合で強制的に液の温度を上げ, 29° から初めて 44 分後に 95° に達せしめ, その後 30 分間 95° に保ち, その間のデンプン糊の粘度変化を, 容器中に懸垂した攪拌板を支える針金の回転角度の変化として記録紙上に自記させる。これによってわずかに数 g のデンプン試料で再現性のある粘度曲線を得ることができる⁽⁴⁾。

実 験 結 果

1. 予備試験 1961年 前記京大の大形土壌恒温装置を用い予備試験を行った。土壌温度は 23° と 28° の 2 区で, 各品種 1 ポット当たり 1 本植, 1 区 3 ポットとした。植付けは 6 月 29 日, 温度処理期間は 7 月 4 日から 8 月 28 日まで 56 日間で, 掘り取りは 8 月 28 日に行った。諸は直ちに阪大産業科学研究所に運び, 3 個体の諸をとりまとめデンプンを採取した。これらの結果を第 1 表に示す。

品種	土壌温度	供試諸重量 (g)	諸水分含量 (%)	風乾デンプン重量 (g)	デンプン歩止り (%)
沖 繩 100 号	23°	67	75.0	8.1	12.0
	28°	130	71.4	21.1	16.2
蔓 無 源 氏	23°	81	68.4	17.2	21.2
	28°	54	63.0	11.0	20.3

こうして得られたデンプンについて, X線ディフラクトメーターによって試験した結果, 両品種とも 23° 区のは, 市販のサツマイモデンプン同様 C 形の回折図を与えたが, 28° 区のものでは回折図の第 1 環 (第 1 のピーク) は全く認められず, 非常に A 形に近い図形を示すことがわかった。これに力を得て 1962 年 (昭和 37 年) においてはさらに温度差を大にして実験を行った。

2. 1962 年度試験 前記京大の大形および小形土壌恒温装置を用い本試験を行った。

戸外試験では沖繩 100 号のみを供試し, 土壌温度は 23°, 28°, 33° の 3 区とし, 1 ポット 1 本植, 1 区 3 ポット。植付けは 7 月 10 日, 温度処理期間は 7 月 11 日から 10 月 1 日までの 82 日間, 掘り取り調査は 10 月 1 日である。

室内試験では, 沖繩 100 号, 蔓無源氏の 2 品種を供試し, 土壌温度は 18° と 28° の 2 区とし, 1 ポット 1 本植, 1 区 1 ポット。植付けは 8 月 1 日, 温度処理期間は 8 月 4 日から 10 月 1 日までの 59 日である。

以上の試料は直ちに阪大産業科学研究所に運搬し, 翌日から約 10 日間かかって各区の試料についてデンプンを採取した。

		(戸外試験の結果はサツマイモ 1 株当りに換算)						
試験	品 種	土壌温度	総茎長 (cm)	蔓重量 (g)	総諸重量 (g)	供試諸重量 (g)	風乾デンプン重量 (g)	デンプン歩止り (%)
戸 外	沖繩 100 号	23°	148	148	234	223	23.5	10.9
		28°	319	160	233	203	22.4	11.0
		33°	544	323	141	130	14.1	10.9
室 内	沖繩 100 号	18°	176	50	25	20.5	0.9	4.2
		28°	183	65	62	61.0	8.0	13.1
	蔓 無 源 氏	18°	108	85	56	48.5	4.0	8.3
		28°	172	80	65	61.5	8.8	14.3

(1) 諸およびデンプン収量: 以上の戸外および室内の実験結果を第 2 表に示す。

第 2 表に示すように, 戸外試験の 23° と 28° 区の間では諸収量にほとんど差を認め得ないが, 33° 区では蔓の繁茂は良好で諸収量は著しく劣っている。この傾向は従来の実験成績⁽⁵⁾と一致

第 1 図 栽培土壌温度によるサツマイモデンプンの X 線回折図の変化 I
試料：沖縄 100 号 戸外実験

第 2 図 栽培土壌温度によるサツマイモデンプンの X 線回折図の変化 II
試料：蔓無源氏室内実験

している。室内実験では栽培期間が短く、またポットが小形であるなどのため落収量は少なく、特に 18° 区では少なかった。

デンプン収量については戸外実験では 3 区ともそろって約 11% (1 区 3 株のそれぞれについてもほぼ同一収量) のデンプン歩止であったが、室内実験では落収量の少なかった 18° 区の落からはデンプンの歩止もまた悪かった。

(2) X 線回折図形： 以上の各組のデンプン試料についてそれぞれ X 線ディフラクトメーターによって回折図を検した。予備試験の場合と同様、23° 区のは市販サツマイモデンプンと同様の C 形を示したが、28° 区と 33° 区とは A 形に近くトウモロコシデンプンの図形とほとんど区別がつかない。また室内試験の 18° 区は両品種とも C 形ではあるが、ジャガイモデンプンの B 形に非常に近づいている。第 1 図に戸外試験の沖縄 100 号の 23°, 28°, 33° の 1 組のデンプンの回折図を、また第 2 図に室内実験蔓無源氏の 18°, 28° の 1 組のデンプンの回折図を示す。これらの結晶図形から考えると、わが国では普通のサツマイモは昼夜の平均地温 20~25° 位のところで成熟しているものらしい。

(3) 粘度曲線： 以上の各組のデンプン試料を三重大学農学部ユニバーサル・レオメーター兼用ビスコグラフを使用してその粘度曲線を検査した。その結果は第 3 図および第 4 図に示すように、サツマイモの両品種とも、土壌温度が低いほど、糊化に際しより低温で膨潤を開始し、しかも高い最高粘度を示すことが明かになった。なお、第 3 図に見られるように、X 線回折図ではほとんど区別のつかない 28° と 33° 区のデンプンが、粘度曲線では明らかに相違が認められる。ふつうの市販サツマイモデンプンの粘度曲線はだいたい 18° あるいは 23° 区分のものに近く、前述の X 線回折図からの推定と同じく、普通のサツマイモデンプンは昼夜を通ずるとこの辺の平均土壌温度で生じているものと考えられる。第 3 図と第 4 図とでは、デンプンの濃度、攪拌の条件が異っている

第 3 図 栽培土壌温度によるサツマイモデンプンの粘度曲線の変化 I

試料：沖縄 100 号 戸外実験試料および市販玉豊デンプン
試料濃度：3.5% 攪拌板：No. 3, 針金：752, 回転：150/1 min
— 沖縄 100 号 玉 豊

第 4 図 栽培土壌温度によるサツマイモデンプンの粘度曲線の変化

試料：蔓無源氏室内実験試料および市販農林 9 号デンプン
試料濃度：3% 攪拌板：No. 3, 針金：531, 回転：75/1 min

い目安の一つであるが、粘度曲線ほど鋭敏ではない。たとえば、沖縄 100 号の 28° と 33° の両区のデンプンの X 線図形はほとんど差がないが、第 3 図に見られるように、粘度図には明瞭に差があらわれている。同様の結果がジャガイモを使つての実験からも得られている⁽⁴⁾。

このように X 線回折図では変化は認められなくとも、一般に低温で生じたデンプン粒は、高温で生成したものよりも膨潤しやすいことは確かである。この膨潤の機構については別に研究をつづけている。

要 約

(1) サツマイモの 2 品種、沖縄 100 号と蔓無源氏を使つて、土壌温度を 5~10° 異なる恒温に保つて栽培試験を行い、生成したデンプンの性質をしらべた。

(2) X 線回折と粘度曲線で試験した結果、土壌温度 23° のデンプンは市販サツマイモデンプンとほぼ同様な性質を示したが、28°, 33° の両区ではトウモロコシデンプンに近く、また 18° ではジャガイモデンプンに近い X 線回折図形を与え、かつ高温区のは低温区のものにくらべて糊化開始温度が高く、最高粘度は低い。

(3) デンプンの X 線回折図と粘度曲線との関係につきかんたんに考察した。

本研究費の一部は文部省科学研究費によつた。感謝する。

- (1) S. Hizukuri, M. Fujii, Z. Nikuni: *Nature*, **192**, 239 (1961).
- (2) 鈴木 裕, 檜作 進, 二国二郎: 本誌, **37**, 63 (1963); 鈴木 裕, 森 高明, 土井健二, 二国二郎: 本誌, **37**, 112 (1963).

- (3) 奈良省三, 前田 巖: 昭和 38 年度日本農芸化学会大会講演 (4 月 1 日).
- (4) 二国二郎, 長谷川浩, 奈良省三: 未発表.
- (5) 長谷川浩, 八尋 健: 日作紀, **26**, 37 (1957).

ので、両図の曲線を直接比較することはできない。

考 察

以上述べたように、サツマイモの場合も他の作物と同様、同一品種でも栽培条件がちがえば、それから得られるデンプンの性質は著しく異なる。デンプン粒の生ずる部位の温度が高ければ、得られたデンプン粒の X 線回折図形は A 形に近づき、粒は糊化の際膨潤にくく、一般に禾本科デンプンに似た性質を示してくる。逆に温度が低ければ、生成デンプン粒の回折図は B 形に近づき粒は膨潤しやすく、一般にジャガイモデンプンに似た性質を示す。

このようにサツマイモデンプンの性質は、外部の環境によって著しく変わってくるものである。

X 線による結晶図形はデンプンの性質を知るよ