

AF 51-93

文献から見た  
キャッサバ研究の概要

—キャッサバ栽培の手引書として—

ランボン農業開発プロジェクト

野 島 数 馬  
広 瀬 昌 平

昭和52年 2月

国際協力事業団  
農業開発協力部

JICA LIBRARY



1056256[9]

東京大学図書	
1056256	00 H
52 4.20	E414 M
5518	F3s

国際協力事業団		
受入 月日	'84. 5. 21	108
登録No.	06328	84.2
		ADH

## はじめに

最近の異常気象や人口の増加に伴い、食糧問題の解決は世界的課題としてクローズアップされてきております。

世界的な食糧事情を見直すことの必要性和食糧の増産がさげばれている中で、当事業団は開発途上国に対する国際協力事業として、プロジェクト方式による農業開発協力、農業研究協力を実施してきております。

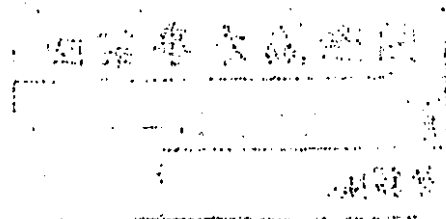
本冊子の執筆にあたられた、野島数馬・広瀬昌平の両氏は、インドネシア国ランポン州において、当事業団が実施している農業開発プロジェクトの派遣専門家であり、野島氏は同プロジェクトリーダーとして現在もご尽力いただいております。

先に両氏のとりまとめられた「澱粉作物キャッサバについて——東南アジアの畑作を考える——」（昭和50年3月）は、澱粉作物キャッサバの数少ない参考文献として、関係各方面の方々に利用されてきており、本冊子は、前著の改訂増補版であります。

本冊子が、キャッサバについて関心を持っている諸氏の参考書、世界の食糧不足の地域の食糧事情緩和対策の一助としてのキャッサバ栽培の手引書として大いに活かされることを願うものであります。

昭和52年2月

国際協力事業団  
農業開発協力部長  
中原 通 夫



## 改訂版発行に際して

さきに筆者らは「澱粉作物キャッサバについて、東南アジアの畑作を考える」の小冊子を発売したところ期待以上の要望があり、残部も少なくなったので増版の必要を認めるに至った。しかるに前刊行においては印刷等に若干の不手ぎわがあり、ミスプリントや挿入写真の欠除など不備の点が多々あり、この際前刊行物の冗長を省き、不備の点を改正するとともにその後入手した新しいデータ等を加え、ここに改めて発行することとした。

本書刊行の主旨は前刊行に述べた通りであり、広く世界の食糧不足地に対して活用されることがあれば筆者らの望外の慶びである。

昭和52年 1 月

ランポン農業開発プロジェクト

野 島 数 馬（プロジェクトリーダー）

広 瀬 昌 平（現在 日本大学短期大学部）

—キャッサバおよびその栽培に関する写真—



写真1 — キャッサバの種実。

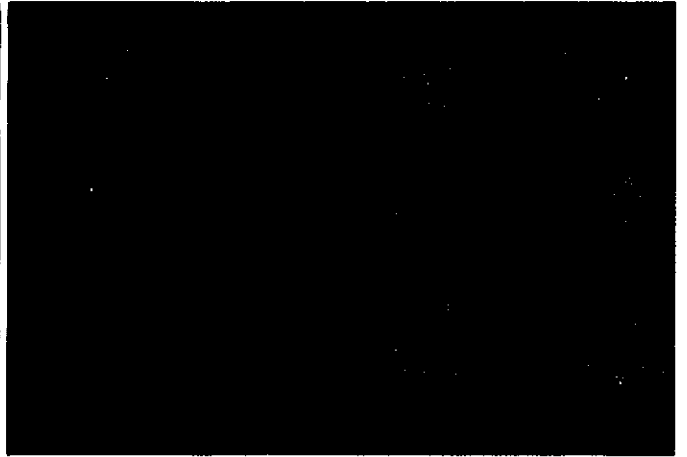


写真2 — キャッサバ塊根の肉質部の色および一部腐敗し始めた兆候を示す。



写真3-1 — キャッサバ品種の地上部形態分枝型および直立型。



写真3-2 — キャッサバ品種の地上部形態分枝型および直立型。

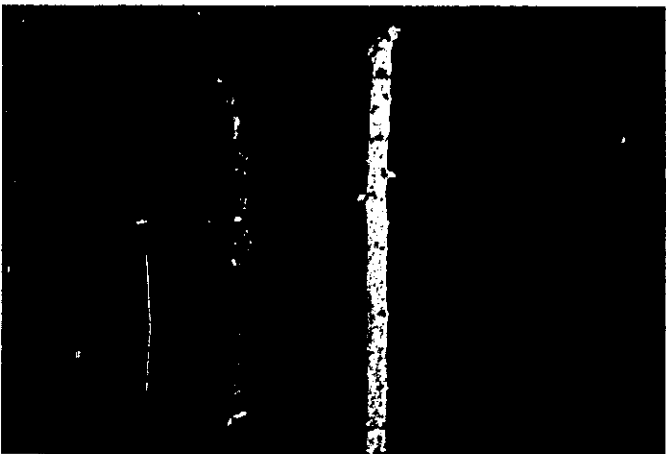


写真4 — 葉および茎の色による品種間差異。

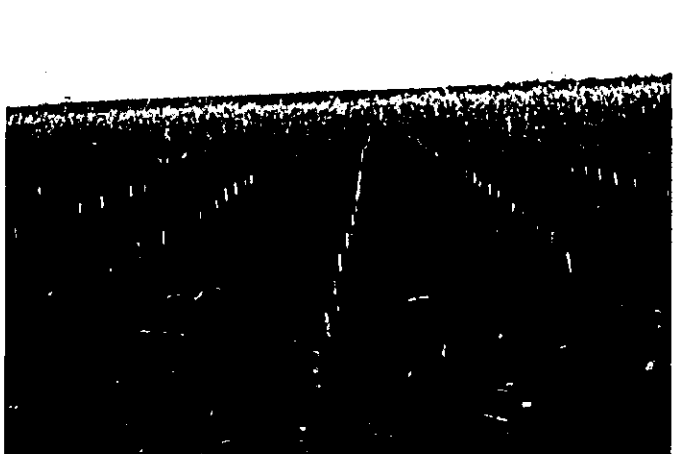


写真5 — キャッサバの挿苗、垂直挿。

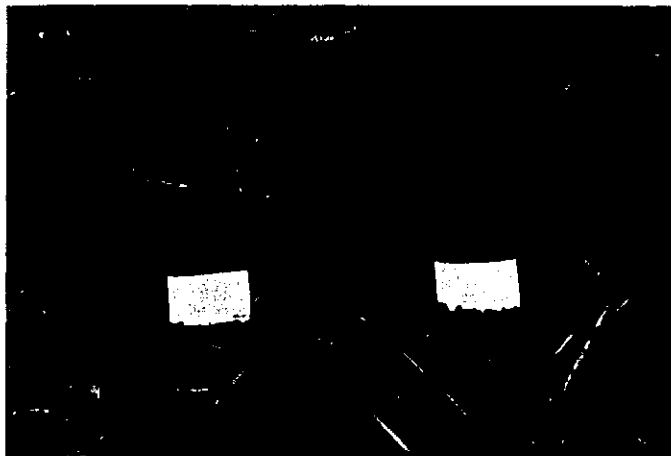


写真6 — 挿苗の時、逆に挿したものと正常に挿したものととの比較 左側が逆挿したものの。



写真7 — キャッサバと陸稲の間混作。



写真8 — ジャワ島で行なわれている *M. esculenta* の台本に *M. glaziovii* を接穂する。この時の接穂 *M. glaziovii* を示す。

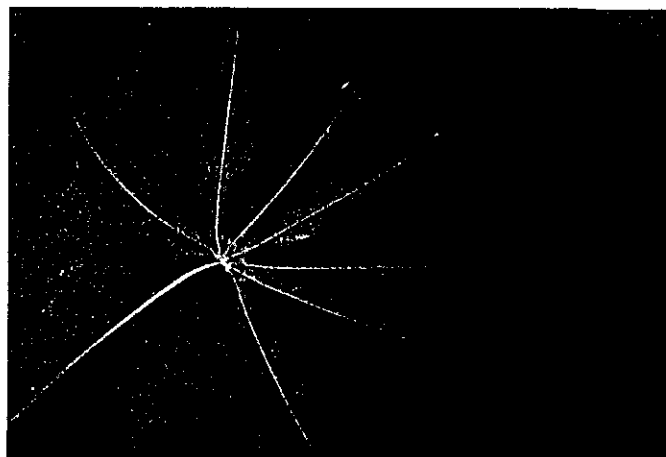


写真9 — 葉に寄生したダニ。葉が黄変している。



写真10 — カタカイガラムシの一種による被害。



写真11 — 葉に見られる *C. cassavae* による *Leaf spot* の病斑。

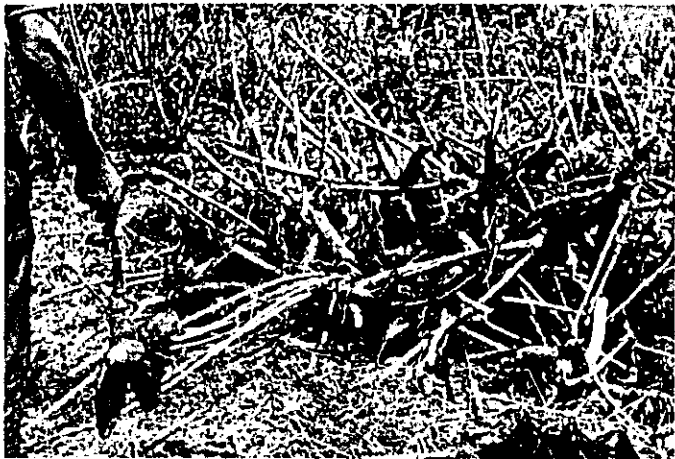


写真12 — キャッサバの収穫、掘り取り一カ所に集める。



写真13 — 牛車による澱粉工場への搬入。



写真14 — キャッサバの天日乾燥（畑に直に並べて乾燥する）



写真15 — キャッサバの皮むき。これは女子の仕事であり、1日に500kgぐらいの皮をむく。



写真16 — チップを作るための裁断機。ベレット会社が農民に貸与している。

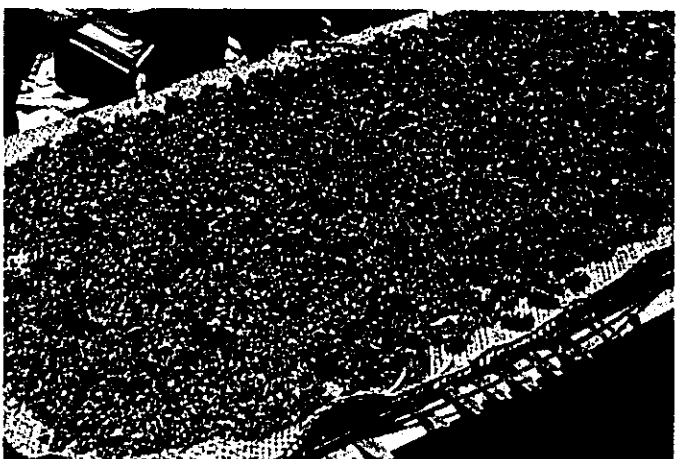


写真17 — チップを浸水し、乾燥し、更に白でついて水洗し、天日乾燥しているところ。米にまぜて炊いて食べる。



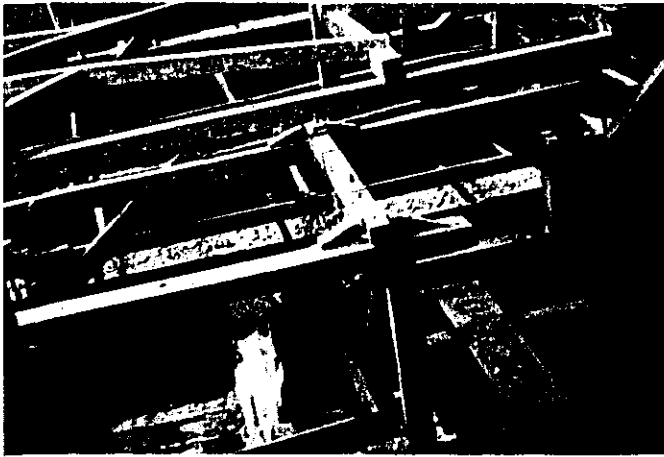


写真18 — キャッサバ澱粉製造に使用されている篩別器。

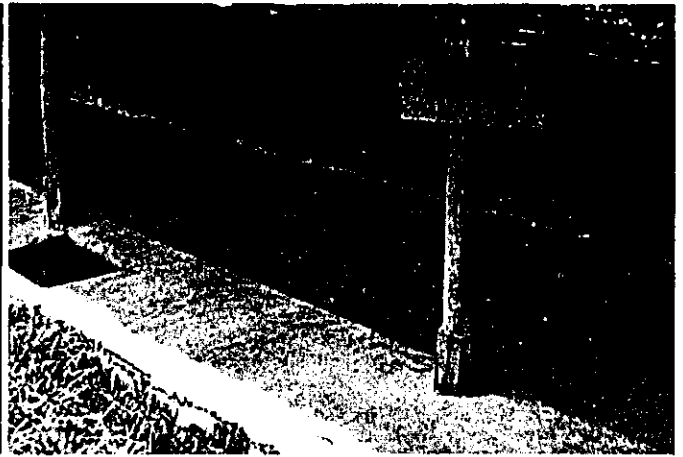


写真19 — 澱粉の沈澱槽。

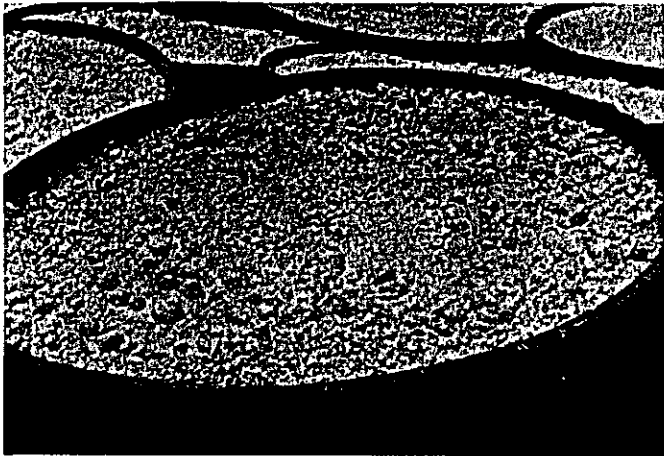


写真20 — 澱粉の天日乾燥。



写真21 — キャッサバベレット，インドネシア・ランボン州の製品。

## 目 次

1. 生産と来歴 .....	1
2. 一般的特性 — 人間の食糧として — .....	6
3. 植物学的特性 .....	11
4. 品種の青酸含量およびその他の特性 .....	13
5. 作物学的特性 — 生育パターンと収量性 .....	22
6. 栽培法 .....	26
7. 育種 .....	39
8. 病虫害 .....	41
9. 収穫と収穫後の乾燥調整 .....	43
10. 貯蔵 .....	47
11. 用途 .....	52
12. 製品の流通と日本との関係 .....	58
13. 国際研究機関 .....	64
(附) キャッサバに関する文献集 .....	65

## 1. 生産と来歴

キャッサバは我々日本にとって余り馴染みのない作物の一つであるが、世界で生産されている食糧作物中、その生産量において第7位にある(第1表)。

第1表 主要食用作物の生産(1974, 一部FAOの推測を含む)

作物	面積 (×100万ha)	平均収量 (ton/ha)	生産量 (×100万ha)
禾 穀 類			
小麦	224.7	1,603	360.2
稲 (粳)	136.8	2,363	323.2
大麦	88.9	1,922	170.9
とうもろこし	116.7	2,510	293.0
ライ麦	17.5	1,865	32.6
燕麦	30.7	1,669	51.2
ミレット	68.4	675	46.2
ソルガム	42.5	1,103	46.9
需根作物			
馬鈴薯	21.9	13,393	293.7
甘藷	19.3	6,970	134.2
キャッサバ	11.9	8,831	104.9
ヤム	2.0	5,689	19.1
タロ	0.8	5,711	4.3
豆科作物			
大豆	44.5	1,277	56.9
落花生(皮つき)	18.9	931	17.6

出所; FAO, Production Yearbook vol 28-1 1974

その生産量はFAOの1974年統計によると生塊根として約1億500万tonであるが、熱帯地方の住民が住居の周辺に栽培し、副食物或は野菜(葉)として栽培している場合の塊根生産量が統計的に漏れている場合が考えられ、これらの量を加えると更にその生産量は増加することが予想される。

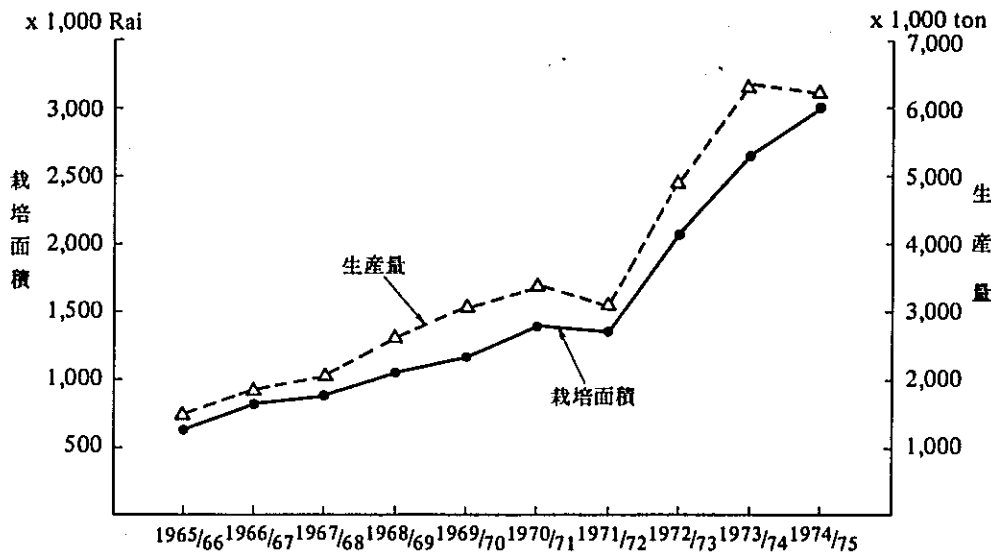
世界の生産量のうち第1位はブラジルで、約29%弱を占めており、ザイール(Zaire)、ナイジェリア(Nigeria)、インドネシア(Indonesia)、インド(India)およびブルンジ(Burundi)と上位6カ国で全生産量の68%を占めている(第2表)。

第2表 世界におけるキャッサバの生産  
(1974, 一部FAOの推測を含む)

国名	生産量 (×1,000,000 ton)	世界総生産量 に対する(%)
Brazil	30.0	28.6
Zaire	12.0	11.4
Nigeria	10.0	9.5
Indonesia	9.4	8.9
India	6.4	6.0
Burundi	4.0	3.8
		68.2
Thailand	3.8	3.6
Tanzania	3.5	3.3
Ghana	2.9	2.7
Mazambique	2.2	2.0
Angola	1.6	1.5
Madagascar	1.4	1.3
Colombia	1.3	1.2
Paraguay	1.1	1.0
Uganda	1.1	1.0
Sudan	1.1	1.0
Central Africa Rp.	1.1	1.0
Cameron	1.0	0.9
		20.5
世界総生産量	104.9	100

出所; FAO, Production Yearbook Vol.28-1 1974

東南アジアの生産国について見ると、タイでの生産量の増加はめざましいものがあり、1965/66年に147万tonであったものが4年後の1969/70年には2倍の308万ton, 更に5年後の1974/75年には624万tonの生産を示している。この事は栽培面積についても見られ、この生産量の増加が面積の増加によるものであることがわかる(第1図)。その主な生産県はCholburi, RayongおよびNakornrajsima などである。



第1図 タイのキャッサバ栽培面積および生産量（生塊根）

出所：Agriculture statistics of Thailand, crop year 1974/75

マレーシア（西マレーシア）では若干統計値が古いがいずれも1968年に42,000 haの栽培面積がある（Chan Seak Khen 1969）が、一方橋高（1976）によると西マレーシアにおける作付面積は下記の通りであり、その面積に大きな開きがある。

1968年	1969年	1970年	1971年	1972年
17,022 ha	17,518 ha	17,653 ha	14,846 ha	13,141 ha

また生産量も1974年のFAO統計では18万tonであり、上記橋高によると1972年で279,259 tonと生産量にも開きがあることが予想される。

一方フィリピンの栽培面積は1971年8万haが1972年に14万haに急激に伸びており、50万tonを生産している（堀端1976）。なお1974年FAO統計によると生産量は48.5万tonで1972年より若干低下している。

インドネシアでは栽培面積、生産量とも減少傾向にあるが、例えばスマトラのランボン州では政府の強力な増産政策によって増加している。キャッサバはインドネシアで米、トウモロコシに次ぐ重要な食糧作物となっている（第3表）。

第3表 インドネシアのキャッサバ収穫面積および生産量（×1000 ha, ×1000 ton）

	収穫面積 生産量	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
インドネシア	Ha Ton	1,524 10,746	1,503 11,356	1,467 11,034	1,398 10,042	1,406 10,042	1,468 10,384	1,413 9,399
ランボン州 (インドネシア)	Ha Ton	27 191	26 223	34 295	34 311	36 388	43 465	65 734

出所；インドネシア統計局およびランボン州農業普及局

世界における栽培面積（収獲）は約1,190万haであり、世界的には生産量、栽培面積とも増加傾向を示している（第4表）。

第4表 キャッサバ生産の年次変動（世界における）

	生産面積 ×100万ha	収量 kg/ha	生産量 ×100万ton
1970	9.8	9,400	92.2
1972	11.0	9,590	105.4
1974	11.9	8,830	104.9

出所；FAO, Production Yearbook 1970, 1972, 1974

次にキャッサバの起原について述べる。この作物の起原に関しては、18世紀の後期まで、この作物が一般にはアメリカ大陸に土着のものであると考えられていたが、1772年にRaynalがアフリカからの導入説を取ってアメリカ説と競合した。しかし彼の説がこれを証明するには余りに不正確であり、不充分であったことなどもあり、1800年代になりこれに対する反論が出され、キャッサバのアメリカ大陸起原が支配的になった。アメリカ大陸起原説が確立されると、今度は熱帯アメリカのどこがその中心地であるかに論議が集中した。現在は主として北東ブラジル／パラグアイ（Northeastern Brazil/Paraguay）、南アメリカの北部地方（Northern South America）と中央アメリカ（Mesoamerica）に限定されている様である。このキャッサバ起原説についての最近のRenvoize（1972）の論文によると、後述するSweet種（甘味種）とBitter種（苦味種）とはその栽培化（馴化）の地域が異なっている。即ちSweet種は最初栄養繁殖性作物群の中の一つとして中央アメリカで栽培化された。そしてこのSweet種はトウモロコシによって優占される作物複合の一部をなして、その後南アメリカに移住して行った種族によってトウモロコシと共に伝播して行った。一方Bitter種は南アメリカの北部地方（ベネゼラの奥地）で最初に栽培化され、主として栄養繁殖作物による園芸的栽培方式での主要作物として、優占的な地位を得たようであり、その後の種族の移住とが彼らの相互交流によって、この両種は中央アメリカ・南アメリカに広く分布するようになったと云う説を出している。Renvoize（前出）によるとブラジルには品種の多様性とManihot属の多くの種が見られ、新しい品種の成立とか交雑化のために特に好ましい条件であったようであるが、この事実をしてもブラジルがBitter種の最初の馴化地とは考えられないと述べている。いずれにしてもその原産地は中央或は南アメリカであろうが、現在は熱帯の到るところに生育、栽培されている。

東南アジアへは17世紀の中頃に移植された。ポルトガル人がまずアフリカに移植し、次いでセイロン、インドに入り、フィリピンへはスペイン人がもたらした。マレー半島のペナンでは1846年にBitter種を栽培した記録があり、シンガポールでは1886年に南アメリカから輸入された記録がある。

Sosrosoedirdjo (1970)によるとインドネシアへは1852年にポイテンゾルグ植物園(現在のボゴール)がSuriname から数種のキャッサバ苗を得て増殖し、1854年にジャワ全島に配布したと記している。いずれにしても東南アジアでのその栽培の歴史は比較的新しく約100年たらずである。

## 2. 一般的特性 一人間の食糧として

Nestel (1974) は「FAOの最近の推定によると、9,800万 ton のキャッサバ世界生産量のうち5,500万 tonが人間によって消費されている」と述べている如く全生産量の半分以上が食糧として直接利用されている。更にPhillips (1974)によると1980年の人間による消費は7,100万 ton に達すると予想されている。第5表は1960年中期における14カ国の人間によるキャッサバの摂取量を示したものであるが、この数量は一般には低めに見積もられているものと考えられる。

第5表 キャッサバの食用摂取量(1964-66)

国名	人口 (百万人)	キャッサバ からの Cal /日	全カロリー 摂取量に対 する%	年間キャッ サバ摂取量 Kg/人
Congo(Brazzaville)	0.84	1,184	54.8	470
Zaire	15.63	1,193	58.5	437
Central African Rep.	1.33	1,057	48.7	354
Gabon	0.46	1,027	47.0	342
Mozambique	6.96	908	42.6	304
Angola	5.15	659	34.5	220
Liberia	1.08	600	26.2	201
Togo	1.64	590	26.5	197
Dahomey	2.36	438	20.1	148
Paraguay	2.03	540	19.7	181
Ghana	8.14	380	18.2	130
Brazil	80.77	274	10.8	107
Nigeria	58.48	306	14.1	103
Indonesia	105.74	269	15.3	92
計または平均	304.15	374	19.4	124

出所; FAO, Food Balance Sheets 1964-66

このようにキャッサバは今後とも人間の食糧として重要な役割を果たすことが予想されるが、キャッサバの特性としてまずあげられるのは他の主食糧作物に比べて比較的単位面積当りのカロリー生産が高い点にあるとされている。例えばCourseyとHaynes(1970)によれば次の如くである。

キャッサバ	250,000 cal/ha/day
米	176,000 " "
小麦	110,000 " "
トウモロコシ	200,000 " "



作物のカロリー生産高を比較するのは、実際むずかしい。例えば現在の条件のもとで比較するのか、理想的条件のもとで生物学的な能力を比較するののかによって違って来るであろう。しかし一般的にキャッサバのカロリー生産は高いと云われているので、以下に極く大まかな計算をしてみよう。

先づ第6表に主要作物の100g当りのカロリー価をFAOのFood Composition Table、第7表にHollemanら(1956)がFAO資料から引用したキャッサバの成分

第6表 熱帯主要食糧作物のカロリー価

作物	100グラム当りの カロリー価
Millet と Sorghum	345
Maize	360
Rice (精米)	359
Cassava	109
Sweet Potatoes	97
Tars (Cocsyam)	86
Yams	90

出所; FAO, Food Composition Tables,  
Minerals and Vitamins  
Nutr. Stud. NO. 11, Rome 1954.

第7表 キャッサバおよびその他農産物成分表

種類	カロリー 価	蛋白質	脂肪	炭水化物	灰分	水分	繊維	ビタミン A I.U. 100g	ビタミンB 1. U. 100g	ビタミン C mg /100g
生キャッサバ塊根	127	0.8-1.0	0.2-0.5	32	0.3-0.5	65	0.8	-	-	-
剥皮生キャッサバ塊根	-	-	-	-	-	-	-	-	10	20
キャッサバチップ	355	1.5	1.0	85	0.8	15	-	-	10	-
キャッサバ澱粉	307	0.5-0.7	0.2	85	0.3	15	0.5	-	-	-
馬鈴薯	89	2.1	0.1	20	1.0	77	0.7	40	30-80	13-15
馬鈴薯澱粉	331	-	0.3	82	0.3	15	0.4	-	-	-
玄米	347	8.0	2.5	73	1.5	15	0.7-1.0	-	100-150	-

出所; Holleman. & Aten (1956) Processing of cassava and cassava products  
in rural industries. FAO, Rome.

表を併記しておく。更に1・2の資料を加えると、キャッサバの100g当りのカロリー価は、109(第6表)、127(第7表)、および148(Montaldis 1973)など種々異なる

っているが、しかし平均して大凡130位と考えられる。

以後穀類とキャッサバのカロリー比は3対1とみなすことにしよう。厳密な比較はむずかしいので、一例としてインドネシア・ランボン州の生産統計を用いて比較すれば次の通りである。

まずランボン州の3作物のha当り収量と生育日数は大凡下記の通りである。

作物	平均収量	生育日数
米(精米).....	1.35 ton/ha	140
トウモロコシ(乾燥子実)....	1.23 "	120
キャッサバ(生塊根).....	1.20 "	300

カロリー価については、米、トウモロコシが360 cal, キャッサバが130 calを用いて、1 ha 当り、1日当のcal生産量を計算すれば、

米.....	34,714 cal/ha/day
トウモロコシ.....	36,387 " " "
キャッサバ.....	48,533 " " "

のようになり、ランボン州の現状ではキャッサバのカロリー生産が高いことになる。そこで上記の生育日数、カロリー価を用いてキャッサバと米のカロリー価が等価(ha当り、1日当り)になる収量を計算する式は次のようになる。

キャッサバ収量をY, 米(精米)の収量をX<sub>1</sub>とすれば、

$$Y = 5.93 X_1 \dots\dots\dots (A) \text{となる。}$$

更にもみ収量に換算する式はもみ米収量から精米が得られる歩留りを70%とすれば

$$Y = 4.15 X_1 \dots\dots\dots (B) \text{となる。}$$

次にキャッサバとトウモロコシのカロリー価が等価(ha当り、1日当り)になる収量は、Yをキャッサバ収量とし、X<sub>2</sub>をトウモロコシ収量として

$$Y = 6.92 X_2 \dots\dots\dots (C) \text{となる。}$$

そこで上記(A), (B)および(C)を用いて、キャッサバ25 tonに相当する精米、もみ米およびトウモロコシ収量はそれぞれ4.22 ton, 6.02 tonおよび3.61 tonとなる。

もみ米6.02 tonは必ずしも高い収量ではなく、またトウモロコシ3.61 tonも現在普通に得られる収量である。現実の問題として世界的レベルに作物の収量を広げて考えるならば、日本の米作日本一の収量レベルは米10 tonであり、米国におけるトウモロコシの平均収量は約6 tonであり、キャッサバの平均収量が25 tonであると仮定すれば、他作物に比して必ずしも高いカロリー生産量とは云えないが、もしキャッサバ収量が、その栽培技術に手が加えられ、50 ton(それ程困難でない)のレベルを想定するならば、キャッサバが米およびトウモロコシのカロリー生産量に比較できるポテンシャルを持つ作物であると云える。

キャッサバの収量性については後にふれるが、Cock(1973)はColombiaで47 tonの収量を報告している。

次にキャッサバの特性の一つとしては不良条件に対する耐性、それにとまう生産の安定性が

高いことである。即ち雨量の少ない乾燥地でも栽培できることである。雨量が年間500mmから5,000mmの巾広い条件下でも生育しうる。しかし特に早魃に対して強く、一度活着すれば、その生育途中で他作物が耐え得ないような早魃にもよく耐え、雨量が回復すれば直ちに生育を開始し得る。熱帯では年中いつでも栽培可能であり、もし収穫期が遅延しても、余りその成分には変化がなく、地中で貯蔵可能であり他作物の不作による食糧危機にそなえ熱帯農民が住居の周辺或は他作物畑の周囲にわずかつつ栽培している場合も多い(救荒作物)。

1943年のインドの早魃による飢饉にあたり、キャッサバを栽培していないベンガル州(Bengal)では100万人以上の人々が餓死したが、一方広くキャッサバを栽培していたケララ州(Kerala)では全く餓死者を出さなかったと云う記録もある。

またほとんど大きな病虫害の被害を受けないと云われ、しかも低肥沃地帯でも安定して栽培できるとされ、しかも作りやすい作物とされている。

1973年にインドネシア・ランボン州で行なったキャッサバ栽培に対するアンケート調査に際し、何故キャッサバを栽培するかと云う質問に対して得られた農民の回答は次の5つの点であった。

- (1) キャッサバは米に次ぐ主食である。
- (2) 栽培が安易であり、比較的生産が多い。
- (3) 病虫害の被害が比較的少ない。
- (4) キャッサバは長期の早魃によく耐える。
- (5) 収穫後の調整が非常に簡単である。

以上のことはよくキャッサバの特性をあらわしている。

なおキャッサバは澱粉作物で、特に蛋白質含量が少なく、しかもそのアミノ酸組成からみて特に含硫アミノ酸が著しく欠乏しているため(第8表)、単独の食糧として良い食糧とは云えない。また飼料とする場合には蛋白その他の栄養素を添加する必要があり、この栄養価を高めるために大きな注意がはらわれている(後述)。

第8表 食品中のアミノ酸の含量(100g当り)

	水分 (%)	窒素 (%)	蛋白質 (%)	リジン (mg)	メチオニン (mg)	トレオニン (mg)	トリプトファン (mg)	全必須アミノ酸 (mg)	全アミノ酸 (mg)
禾穀類									
小麦	12.0	2.09	12.2	374	196	382	142	4280	12,607
稻(白米)	13.0	1.13	6.7	255	150	234	95	2,695	6,785
とうもろこし	12.0	1.52	9.5	254	182	342	67	3,820	9,262
ソルガム	11.0	1.62	10.1	204	141	306	123	3,945	9,756
大麦	12.0	1.88	11.0	406	196	389	180	4,203	11,118
需根作物									
ばれいしょ	78.0	0.32	2.0	96	26	75	33	667	1,572
甘藷	70.0	0.21	1.3	45	22	50	22	414	994
クロいも	72.5	0.29	1.8	70	24	74	26	707	1,737
ヤム	72.4	0.38	2.4	97	38	86	30	821	2,009
キャッサバ(ミール)	13.1	0.26	1.6	67	22	43	19	404	1,184
豆類									
いんげん豆	11.0	3.54	22.1	1,593	234	878	223	8,457	20,043
そら豆	11.0	3.74	23.4	1,513	172	786	202	8,244	20,951
ひよっこ豆	11.0	3.22	20.1	1,376	209	756	174	7,802	19,290
カウビー	11.0	3.74	23.4	1,599	273	842	254	8,640	21,086

出所 ; FAO Amino-acid Content of Foods and Biological Data on Proteins,  
Nutritional Studies No. 24 Rome 1970

### 3. 植物学的特性

キャッサバはタカトウダイ科に属する多年生の灌木であり、これに属する植物としてパラゴム (Para rubber), ヒマ (Castor bean) などがある。植物学的分類には *Manihot esculenta* Caprantz と記載されているが、一部には *Manihot utilissima* Pohl. とされている。

英名は Cassava 或は Cassave または Manioc, 南米では Mandioca 或は Yuca とも呼ばれている。インドネシア, マレーシアでは Ubi kayu, フィリピンでは Kamoteng kahoy と呼ばれている。

日本では一般に“キャッサバ”といわれているが、英語の Cassava に由来するとすれば、その発音はむしろ“カサーバ”に近くなる。

キャッサバの植物学的特性に関しては日本での一般的解説書にもあるので、その方にゆづり、ここでは 2・3 の点についてのみふれる。

キャッサバは雌雄同株異花 (Unisexual) であり、雌花は雄花より 7~8 日早く開花する。そのため一般に他家受粉を行う。雌花 2 に対し雄花は 8~10 花つく。キャッサバ品種中には挿苗後 3~7 カ月で着花するものもあるが、生育条件がよければ開花はおくれるようである。

マレーシアの Serdang 農試では 1964 年以後集収したキャッサバ品種について開花習性の有無を調べたが (Chan Seak Khen 1969), それによると次の如くであり、全く開花しないものも認められた。

(1) しなしば開花結実するもの

Medan, Jurai, Berat, Batang Puteh, Lemak, Ubi Melaka, Sakai,

(2) 稀に開花結実するもの

Black Twig, Green Twig, Ubi Puteh,

(3) 全く開花結実しないもの

Un-named-32 (1946 年から 1969 年迄開花しない)

キャッサバの繁殖は莖挿苗 (Stem cutting) で行なうが、育種を目的として交配する時は高地で栽培することにより、開花が早まり、しかも花の位置が低く、交配が容易となる。また着花が多く、落花が少ないなどの利点がある。一般には交配による成功率は低く最高でも 25~26% とされている。

種実 は木質の蒴果で未熟のときは緑色 (写真 1), 熟すると暗褐色となる。種子はヒマ (Castor bean) のそれに似ているが、やや小さく、しかも軽い。種実は成熟し充分乾燥するとはじけて種子が飛散する。乾燥種実の約 57% が核 (Seed kernel) であり、乾燥核重量の 47% が脂質 (Lipid materials) であり、その 98% は Triglycerides である。

蛋白質は34%を占め、澱粉含量はわずかに0.3%である(Nartey et al. 1973)。

次に塊根であるが、成熟した塊根は三つの部分から成っており、外皮(Outer Periderm)、皮層(Cortical Region)と中央髓部(Pith)である。そして各部分の色は品種によって異なっている。例えば、外皮は淡褐色、灰黄色および褐色などであり、皮層は白色、帯赤色、灰白色或はこれに褐色のすじを有するものなどがある。

塊根の大部分を占める中央髓部(Pith)は多量の澱粉を貯蔵しており、これは柔組織細胞(Parenchyma Cell)からなり、それに多数の維管束組織(Vascular elements)と乳管(Lactiferous tubes)を含んでいる。その色は白色、クリーム色或は乳白色(写真2)を呈する。澱粉粒は径2~25 $\mu$ であり、その型は星状核(Stellate hilum)を有し独得の型をしている。塊根の太さ、長さは品種、栽培条件によっても異なるが、太さは径5~15cm、長さ50~100cmに達するものがある。

地上部形態は種々雑多で、莖長300cm以上に達するもの、分枝数の多いもの少ないものなどがある(写真3)。

莖挿苗から普通3~4本のshootを出し、その後頂部で分枝するもの或は分枝しないものなどがある。

葉型は品種によっても異なるが、欠刻の深淺、色、葉柄の色など種々である(写真4)。10カ月の生育期間中に大凡120~200枚ぐらいの葉をつけるが古い葉は序々に落葉し、生育が進むにしたがって、枝の頂部にのみ葉が見られるようになる。

Enyi(1972)がTanzaniaで行なった調査によると1月8日に挿苗した個体で、そのLAI(葉面積指数)は5月29日に8以上(Msitu Zanzibar 種)或は5~6(他の2品種、Amani種、Aipin Valenca 種)でそれぞれ最高を示し、その後急激に減少し、収穫1カ月前(収穫は10月)には約1前後の値をそれぞれ示した。なおこの値は栽植密度の増加でわずかに増加する傾向をいずれの品種も示した。

#### 4. 品種の青酸含量およびその他の特性

今日世界的には1000以上のキャッサバ品種(Cultivars)が栽培されているといわれている。しかしこの作物が栄養系繁殖法によって増殖されているため或る地方から他の地方に導入された時異なる名で呼ばれ、その後異なる品種として扱われる場合が多く、品種の特性を明確にすることは極めて困難である。

ところでキャッサバを食糧或は飼料とする時に問題となるのは青酸の毒性である。キャッサバはその葉や塊根の細胞内にシアン化配糖体を含み、品種によって広い変異を示している。このシアン化物はLinamarinとLotaustralinとであるが、キャッサバはこの物質を加水分解して青酸(HCN)を生成する酵素Linamaraseを有している。健全な細胞内では上記シアン化物は比較的安定であるが、機械的な傷害その他で細胞が破壊されると酵素が作用して青酸を生成する。LinamarinおよびLotaustralin自身の毒性は現在未知であるとされている(Coursey, 1973)。

しかしNijholt(1932)はLinamarinの加水分解は消化器系内でおこり、もし毒性がないからと云ってLinamarinを含むものを食べた時それが体内で毒性を示し人間或は家畜に害を与える場合があることを示唆しており、なおこれについての多くの問題があり研究の余地がありそうである。

現在世界中の多くの人々がキャッサバを摂取し、ヨーロッパでは家畜に飼料として与えている。しかし余り明らかな害は報告されていないが、全く問題がないことはないようである。

キャッサバの摂取量の高いアフリカにおける熱帯性運動失調神経病(tropical ataxic neuropathy)或は甲状腺腫(goitre)、クレチン病(cretinism)の発生の一つの要因であるらしいことが示されている(Osuntokun 1973, Ekpechi 1973, Ermansら1973)。

一方家畜については、キャッサバ飼料をメチオニンの補充なしに多量に与えると豚や鶏の生育に悪い影響をおよぼすという事実も報告されている(ManerとGomez 1973)。

キャッサバの慢性毒性についての最近のWorkshopでは、シアン化配糖体の生合成、キャッサバ毒性の生理的問題とその解毒のメカニズム、更には低シアン化物含有品種の育成と病虫害に対する感受性の関係など将来の研究に対する問題点が多く議論されている(Nestel 1974)。

青酸含量の多少によりキャッサバ品種は2つのタイプに分けられる。

(1) 甘味種(Sweet type), (2) 苦味種(Bitter type)

しかし青酸含量は栽培条件、例えば旱魃或は施肥などによっても変化するため、これによる分類は絶対的なものではない。

この甘味種、苦味種の区分であるが、これはシアン化物或は青酸の量による分類であり、これは味が甘いか苦いかと云うこととの間に何ら関係はない。そのためたまたま従来から品種に

与えられている分類と、青酸含量による分類とが一部重複される場合があることをSinha と Nair (1968)は示している。

筆者らの経験も甘味種は前述の如く食味が甘いと云うよりむしろ馬鈴薯に近く、もっと繊維質であり、余りくせのある味を示さず、食べて飽きがこない。また一方苦味種は青酸含量が高いため直接食用とはしない。農民に聞くところによると、この種の塊根を生でかじると口はもちろん身体にもしびれがくると云われているが、必ずしも食味が苦いと云う意味ではない。

熱帯農民は一般に甘味種を食用としているが、なお種々の方法で処理して食用としている。この方法は、キャッサバを切りきざむ、すりつぶす、それを浸水する或はじかにしぼる、更に日光に晒す、加熱、煮蒸する或は発酵するなどであり、この過程で無害としている(調理法等は後述)。

一般的には青酸含量によって甘味、苦味種の分類を行なうが、下記の4つの区分がある。

- (1) 細切した塊根 1 kg中 50 mg以下の青酸含量を有するもの
- (2) 同上 50～80 mgの青酸含量を有するもの
- (3) 同上 80～100 mgの青酸含量を有するもの
- (4) 同上 100 mg以上の青酸含量を有するもの

(1)、(2)は甘味種に属し、(3)、(4)は苦味種に属するとするものもあるが、また一部では(Koch 1933, Bolhuis 1954, de Bruijn 1971)、上記(2)、(3)を一語にして、(1)を無毒、(2)と(3)を中程度毒性、(4)を危険毒性として、急性毒性に対する大凡の指標として分類し、甘味種或は苦味種とする分類をさけているものもある。

青酸含量は一般には塊根内部よりも皮部に多く、後者は前者の2～9倍にも達する。その含量の分布をマレーシア Serdang 農試の成績(Chan Seak Khen 1969)から引用する(第9表)

例えば、Native-4 では青酸含量が塊根の1kg中 70 mg (70 ppm)含まれているのに対して皮部では 630 mg (630 ppm) も含まれている。そのため剥皮(Pee ling)によって青酸含量は可成り減少する。

キャッサバの葉は熱帯住民の副食物として重要であるが、この葉は特に蛋白含量が高く、乾物ベースにして20.6～36.4%の蛋白質を含んでおり、この葉に含まれる蛋白質はトリプトファンとメチオンのみに欠けているが、リジンの含量は高い。しかしこの葉にも青酸は含まれており、その含量は若令葉は老令葉より高く、約0.1%の含有量(1kg中 1000 mg)に達するものもあると云われているが、採取して日光に晒すことにより或は煮蒸することによりその大部分は消失する(第10表)。

インドネシアでもかなり広く野菜として食用にされており、市場でも売られている。やゝ苦味があるが、ホーレン草に似た味がする。第11表はインドネシア品種の葉中(若、老令葉)の青酸含量を示したものである。



第9表 西マレーシア Serdang 農試で報告されたキャッサバ  
品種の外皮および肉質部青酸含量

品 種 名	外皮の 青酸含量 (A)%	肉質部内の 青酸含量 (B) %	(B)に対する (A)の比
Constantin	0.028	0.010	2.8
Negrity 17	0.058	0.009	6.4
Cabesadura	0.040	0.006	6.7
Native 4	0.063	0.007	9.0
Native 13	0.045	0.014	3.2
Native 8	0.035	0.005	7.0
Native 3	0.021	0.011	1.9
Manioc de table	0.038	0.007	5.4
Native 5	0.036	0.017	2.1
Bereum	0.037	0.010	3.7
Native 1	0.018	0.003	6.0
Mauritius 29	0.032	0.005	6.4
Butter Sticks	0.022	0.004	5.5
Native 6	0.039	0.016	2.4

出所 ; Chan Seak Khen (1969) : Tapioca Investigations  
at the Federal Experiment Station Serdang の  
第6表より Group Aのみを引用

注) 0.028%は1kg中280mgの青酸含量を示す。

第10表 煮蒸後のキャッサバ葉の青酸含量

サンプルNo	品 種	青酸含量 (葉中) mg / kg		
		新鮮葉	15分(蒸す)	25分(煮る)
1	SPP	838	692	161
2	"	1,074	479	284
3	Mangi	427	188	60
4	"	343	247	54
5	"	379	294	30
6	Valenca	477	242	53
7	"	350	278	12

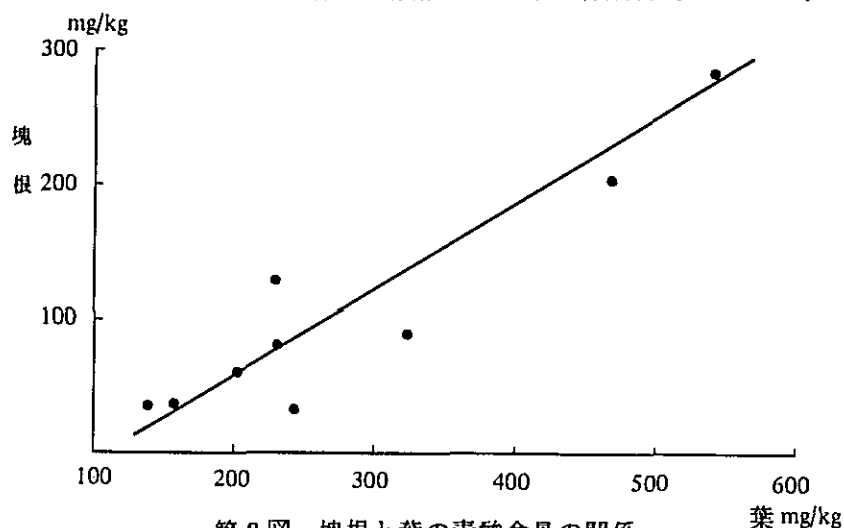
出所 ; Sosrosoedirdjo, (1970) ; Ketela Pohon.

第 1 1 表 キャッサバ葉中の青酸含量

サンプル№	品 種	新鮮葉の青酸含量 mg / kg		
		若 令 葉	中 令 葉	老 令 葉
1	Mangi	168	119	—
2	—	156	88	6.5
3	—	427	343	34.0
4	—	542	379	—
5	Valenca	477	350	—
6	Betawi	206	74	—

出所；第 1 0 表に同じ

キャッサバ葉の青酸含量は塊根のそれより高いが，葉と塊根の青酸含量間には密接な相関がある（第 2 図）。なおこの図の回帰直線から類推すれば葉の青酸含量が 1 0 0 mg の時に塊根の青酸



第 2 図 塊根と葉の青酸含量の関係

出所：Sosrosoedirdjs (1970) : Ketela Pohonより

含量は 0 に近づくこと，更に Rogers (1963) が報告している如く，1 0 mg 以下の含量を示すものがあることなどから，育種によっては全く青酸を含まないキャッサバの育種もむづかしくないものではなかろうかと考えられる。

次に塊根中の青酸は加熱，煮蒸することによってその含量は明らかに減少する。第 1 2 表はそ

第 1 2 表 煮蒸によるキャッサバ塊根の青酸の消失

品種№および 処理法	煮蒸前の青酸含量 mg / kg	煮蒸によって失なわ れた青酸含量 mg / kg	%
12 1)	175	92	52.6
20 2)	264	116	43.9
101 1)	185	97	52.4
250 2)	212	159	75.0

出所；第 1 0 表に同じ 1) 熱湯に浸漬する 2) 熱湯中で煮蒸する

の関係を1例によって示したものであるが、このような例は多く、ここで2・3の例を加えるならば、Collens (1915)によると普通の調理法は甘味種のキャッサバのサンプルからすべての青酸を除去しうること、しかし苦味種では調理してもなお20mgの青酸が含まれていることを報告している。このように調理法と青酸含量との関係について述べたものは古くからあるが、前処理をしない塊根とその青酸含量との関連を述べたものは極端に少ないようである。

Charavanapavan (1944)は輪切りにしたキャッサバ塊根を60℃で乾燥した時青酸の90%までは除去されるが、100℃近い温度で乾燥してもその効果がないことを報告している。これはこのような高温乾燥では酵素の働きを変成させてしまうことになり、シアン化物の自己消化による加水分解が阻害されてしまうからであると説明されている。一方PaulaとRangel (1939)は39mgの青酸を含むサンプルを直射日光での乾燥によって、17mgまで青酸を減少させた。しかしオーブンでの乾燥では6mgまで減少させ得たと述べている。Pandittesekere (1944)は60℃での乾燥では青酸の3分の1が失われ、それ以上の温度での乾燥では青酸の消失は低かったことを示した。Razafimahery (1953)は7日間の日光乾燥でキャッサバに存在する青酸の3分の2が消失すると述べている。

さきの調理法とも関係するが単純な煮蒸法によって可成り青酸は減少する。

Raymondら(1941)は最初332mgの青酸含量を有する品種を用いて、それを煮蒸することによってわずかに10mgまでその青酸含量を減少せしめ得たと述べている。

またJoachimとPandittesekere (1944)は103から232mgの青酸を含む品種群を煮蒸した結果を報告し、これら品種群の煮蒸後の青酸含量は27から87mgまでの範囲にあった。しかしこの値は各品種が最初に示した青酸含量と特定の相関関係がなかったと述べている。

このように青酸含量についてのデータは上述のように、その処理法、材料等によっても分析結果に広い変異が見られるようであるが、本質的な問題はその分析法にも関係するものと考えられる。

即ちJoachimとPandittesekere (1944)が指摘する如く、シアン化物を含む材料中の青酸を推定する方法はキャッサバやその生産物では低い値を与えること、そして彼らは分析で自己消化的に放出される青酸の量は自己消化のための時間で、かなり増加することを発見した。

Wood (1965, 1966)はシアン化物と青酸の両方を分析するもっとも信頼出来る方法を開発したが、この方法も実験材料中からの青酸の遊離が不完全な時には最終結果の正確性はいくらかかたよったものとなるようであり、キャッサバ塊根はその分析にあたり充分な注意を必要とする材料のようである。

ところで育種と関連して、ほ場で多数の品種を栽培し、その中から低青酸個体或は品種を選抜する上では簡易な青酸含量検定法が必要である。そのための種々の方法がためされている。

Esquivelら(1973)はBenzidine blue test (Feigl 1954)によ

る呈色の反応と Alkaline determination method (AOAC 法) による HCN 含量とを比較したが、この両方法間の相関が非常に高く、しかも前者の検定法はほ場で数分で検定出来る簡便な方法であることからその有効性が示された (第 13 表)。

第 13 表 キャッサバ塊根の青酸含量と比色検定結果

品 種	AOAC 法による HCN 含量 ppm	毒性の程度	Benzidine blue 法による呈色
Palmeiras	377.5	有 毒	Intense blue
CEPEC-62	313.0	"	Strong "
IAC-780	200.0	"	Medium "
Itapecuru	68.5	"	Weak "
Engole boi	41.0	中	very " "
CEPEC	27.0	無 害	Almost no color

出所; Esquivel, et al (1973)

次に東南アジアの 2・3 の国で栽培されている品種と青酸含量について述べる。例えばインドネシア品種 Mangi 種は大凡 40 mg/kg で、食用に好適である。同じくインドネシアのランポン州で栽培されている食用種は Mentega 種であり、この品種は塊根の肉質が黄色で農民はインドネシア語の Kuning (Yellow) と呼んでいる。これに対して青酸含量の高い SPP は澱粉製造用に主に栽培されているがチップにもする。この品種は肉質が白く、前者とは明らかに区別がつく (写真 2)。SPP はブラジル品種 Sao Pedro Preto の略である。

第 14 表に著者らがインドネシアで調査した品種特性を示し、更に 15 表にインドネシア中央農研 (ボゴール) が発表しているキャッサバ特性表を示した。

マレーシアでも在来種についての甘、苦味種の別はあるが、これらの在来種を Chan Seak Khen ら (1969) が分析したところ、従来からの区別と必ずしも一致しないものもあった。一般には苦味種として分類されていた Black Twing 種の青酸含量が意外に少なく (51 mg/kg)、一方甘味種としての Medan, Sakai などの 10 品種を分析した結果は確かに Black Twing より低いながらもその差は認められなかった。

これらマレーシア品種の特性を第 16 表に示した。

更にタイでは最も代表的な在来種として次の 2 品種がある。

Jatropha manihot (苦味種) と Jatropha culcis (甘味種) である。この両種は非常によくタイの条件下に適応し、現在外国から導入試作されているいずれの品種よりも多収であると云う (Harper 1973)。

インドネシア或はマレーシア品種とも一般に苦味種の方が甘味種より収量が高く、またそのような傾向があるように云われているが、CIAT (International Center for Tropical Agriculture in Colombia) の研究ではそのような関係はみられない。

第14表 インドネシア・ランボン品種特性表

形質 品種	若令莖の色	葉柄の色	若令葉の色	頂部分 枝の有無	開花結実	塊根の色			甘, 苦味 の別
						Outer Periderm	Cortex	Central Pith	
SPP	Dark green	Pink on upper surface, green on under surface of petiol	Green	Frequent	Frequent	White	White	White	Bitter
Un-named	Pale green	Green with slight tinge of pink on upper surface of petiol	Yellowish green	"	"	-	-	-	Sweet
Mentik Urang	Brown	Red	Brownish green	"	Not so frequent	Yellowish white	White	White	"
Mentega	Pale green	Pink on upper surface, green on under surface of Petiol	"	"	Seldom	"	Yellowish brown	Yellowish White	"
Tahun	Pale green	Red	Yellowish green	Seldom	"	Dark brown	Pink	White	"
Genjah Putih	Dark green	Pink	Brownish green	Frequent	Frequent	Grey	White	"	"
Nali	Dark green	Green	"	Not so frequent	Seldom	Dark brown	Yellowish White	"	"

出所; 広瀬 (1976)

第 15 表 インドネシア奨励品種の特性

品 種 名	来 歴	甘 苦 種 別	平 均 収 量 t/ha	HCN 含量 mg/ha	でん粉 含量 %	たん白 含量 %	生 育 期 間 月	草 丈 m	耐 病 性	そ の 他
Valenca	ブラジル	甘	10~12	40	36.5	0.60	10~12	2~3	Bacterial diseaseに弱	
Sao Pedro Preto/spp	ブラジル	苦	20~25	150	27.8	0.52	10~12	1~2	Leaf blight と Bacterial diseaseに弱	
Bogor	Maleka×Basiorao	苦	20~25	90	30.0	0.38	10~12	1~2	Bacterial diseaseに弱	
Muara	Bogor×Basiorao	苦	約30	100	35.2	0.48	7~10	1~2	"	掘りやすい
Gading	西部ジャワ	甘	約30	31.4	36.0	0.58	7~10	1.5~2.5		
Ambon	アンボン(マルク諸島)	甘	20~25	32	37.0	0.68	8~10	1~2		
V-629	Ambon×Gading	甘	25~30				8~10	1~2		
W-78	Mangi×Ambon	甘	25~30				7~10	1~2		
W-236	"	苦	約30				8~12	2~3		
非奨励品種										
Mangi	ブラジル	甘	20	30	37.0	0.34			Bacterial diseaseに敏感でない	
Betawi	Mleka×Basiorao	甘	20~30	30以上	33.4	0.32			"	ウイルスに敏感
Basiorao	ブラジル	苦	30	80以上	31.2	0.29			Bacterial diseaseに弱	
Manteiga								非常に高い		S.P.P.と似た品種 現在ほとんど栽培さ れない
Tapicuru								短い		主として農家で ほとんど栽培され 近頃で栽培され が多い
Manis		甘	少							
Begog		甘								

出所; 1) 中央農研, 奨励品種解説パンフレット

2) Soerosoedirdjo, 1970. Bertjotjok tanaman ketela pahon. (キヤッサバ栽培法概説)。

御子菜1975より引用

第16表 西マレーシア、キャッサバ品種特性表

品 種	莖 の 色		葉 柄 の 色	若 令 葉 の 色	開 花 前 頂 部 分 枝 の 有 無	塊 根 の 色		甘 苦 味 種 の 別
	若 令	老 令				皮 部	肉 質 部	
Un-named	Pale green	Pinkish	Pale green with slight tinge of pink on upper surface of petiole	Brownish	Seldom	Brown	White	S (甘)
Lamak	Green	Grey	Dark purple at the base, reddish patches at middle and tip with green coloration between them.	Brownish green	Frequent	Light brown	White	S
Ubi	Dark green	Grey	Dark purple at base, slightly reddish along upper surface	Brownish green	Frequent	Brown	Pinkish white	S
Black Twing	Dark green	Dark brown	Green with reddish stains at both ends	Purple	Seldom	Brown	White	B (苦)
Green Twing	Green	Grey	Green	Brownish green	Seldom	Light brown	White	B
Jurai	Dark green	Brown	Green with reddish stains at both ends	Green	Frequent	Dark brown	Pinkish	S
Medan	Dark green	Grey	Dark red	Green	Frequent	Brown	Pink	S
Berat (Betami)	Pale green	White	Red with narrow band of green at base of petiole	Brownish	Frequent	Light brown	White	S
Ubi puteh (Tiga Bulan)	Pale green	Pinkish	pale green	Green	Seldom	Brown	Pinkish	S
Puteh	Pale green	White	Pale green with red stain at the base	Brownish	Frequent	White	White	S
Pulut	Green	Grey	Red	Brownish	Seldom	Light brown	White	S
Sakai	Dark green	Pinkish	Dark red	Brownish green	Frequent	Light brown	White	S

出所; Tapioca Investigations at the Federal Experimental Station Serdang (1969)

第15表より

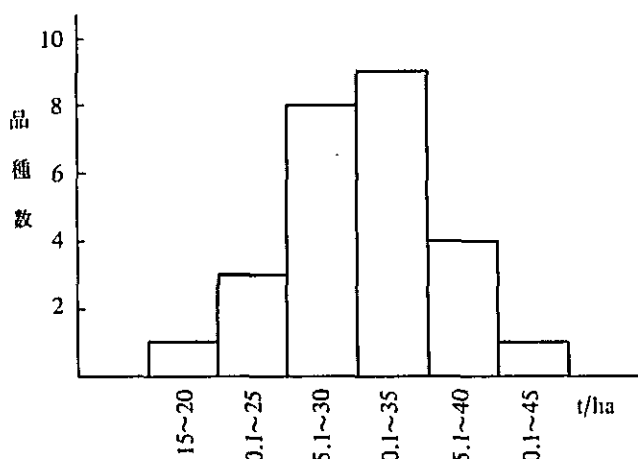
キャッサバ品種についての報告は散発的であるが、例えばコロラド大学(University of Colorado)では18年間集めたデータを用いてキャッサバ品種の分類をコンピューターを用いて行なっているなどの仕事が始められている。

## 5. 作物学的特性 —生育パターンと収量性—

キャッサバの収量はどのくらい迄増加しうるか、これについては一説によると晩生種（14～18カ月）で、しかも施肥によって70～80 ton/haの生塊根が得られると云う。Dulog（1971）はマダガスカルで70 ton/ha、Cock（1973）はコロンビアで47 ton/haを報告している。

インドネシア・ランボン州の日イ合弁企業Daya-ltoの農場での施肥試験では（小面積の試験区によるが、N；150kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>；100kg、K<sub>2</sub>O；50kg区）ha当り73.3 tonの収量が得られた。

しかし一般の統計値に見られる生塊根重は非常に低く、1974年のFAO統計によると世界の平均で8.8 ton/haであり、アジアで8.7 ton/ha、アフリカで7.2 ton/haと低く、南米では13.0 ton/haと高い。次に1971年のインドネシア中央農研の成績からランボン州の一分場で行なった25品種の比較試験の成績を第3図に示した。この試験はN；45kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>；



第3図 キャッサバ収量試験における品種の収量分布

出所・インドネシア中央農研（1971）

ら、施肥条件下で30 ton/ha以上の品種が多く見られる（第17表）。

キャッサバの生育は植付け後根叢の増加が起り、その後根の肥大（Root bulking）期に入る。塊根の乾物量は挿苗後2カ月目では収穫時の10%にも達しないが、3カ月目以後のそれは品種にもよるが40%に達し、挿苗後3～4カ月以後に急速な乾物重の増加が認められる。この一例をマレーシア品種で示したのが第4図である。（Williams 1972）。

これによると12カ月目の収穫時に全乾物重（地上、地下部）に占める塊根重の比率は50～60%に達する（Enyi 1973, Williams 1972）。しかし品種にもよるが大凡8カ月目に塊根重の占める割合は最大に達する。

全乾物生産量に対する塊根の乾物重の割合をHarvest indexと云うが、この重要性はキャッサバの場合でも同様であり、Williams（1972）の試験結果もよくそれを示してい

18kg、K<sub>2</sub>Oが50kgの施肥によって行なわれたものであるが、その収量の平均値は30 ton/ha前後に見られる。

一方タイのデータによると10カ月品種で平均して18.1 ton/ha、12カ月品種で26.9 ton/haであるとの報告がある（Harper, 1973）。

著者らもランボン州のTeginenengでの試験（0.5 ha）で、40 ton/ha近い収量を得ている。

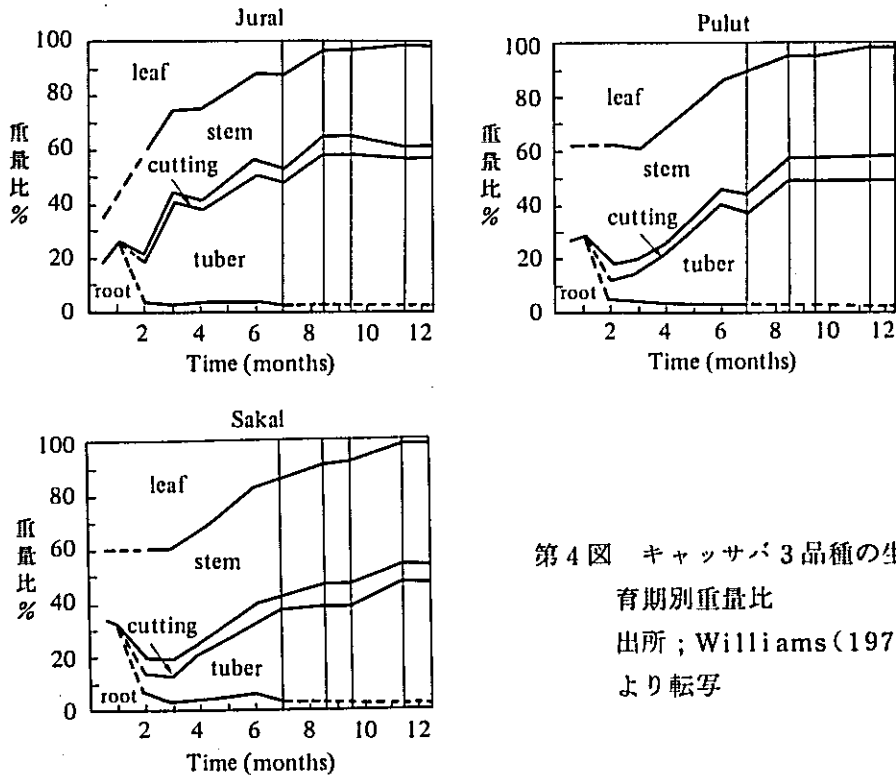
マレーシアではSerdang農試の結果から



第17表 西マレーシア Serdang 農試におけるキャッサバ品種試験成績

品 種	特 性	月令収量 ton/ha		平 均 ton/ha
		1 2 カ月	1 4 カ月	
Green Twig	B (苦味種)	35.8	42.5	39.1
Black Twig	"	33.6	38.9	36.3
Berat	S (甘味種)	35.3	35.4	35.4
Medan	"	34.6	31.3	32.9
Jurai	"	30.2	33.4	31.8
Un-named-32	"	30.0	24.0	27.0
Lemak	"	26.2	26.4	26.3
Pulut	"	22.5	24.1	23.3
Ubi Melaka	"	23.8	22.8	23.3
Puteh	"	22.4	22.3	22.4
Sakai	"	17.9	16.2	17.1

出所；第9表に同じ tons/acre を tons/ha に換算



第4図 キャッサバ3品種の生育期別重量比  
出所；Williams(1972)  
より転写

る。Harvest index は品種にもよるが8~9カ月迄増加するがその後はほぼ一定となる。  
一般に多くの根菜作物では最終的な収量は2つの要因、即ち肥大率(Bulking rate)

と肥大期間 (Duration of bulking) によって決定されるが、Enyi (1973) はキャッサバの塊根収量が肥大率と高い正の相関があり、塊根収量 (ton/ha) を Y とし、肥大率 (kg/ha/week) を B とすれば、その間で得られる回帰式は

$$Y = 0.0053B + 10.3$$

であること、また両者の相関係数は  $r = 0.866$  であることを示した。

そして葉面積指数 LAI は挿苗後約 5~6 カ月まで増大し、肥大率は LAI の増加に対し直線的に増加する。

その最大肥大率のための最適 LAI はその供試品種でも異なるが、Msitu Zanzibar で 7.8, Aipin Valenca で 6.0, そして Amani 4026/16 で 5.3 であった。

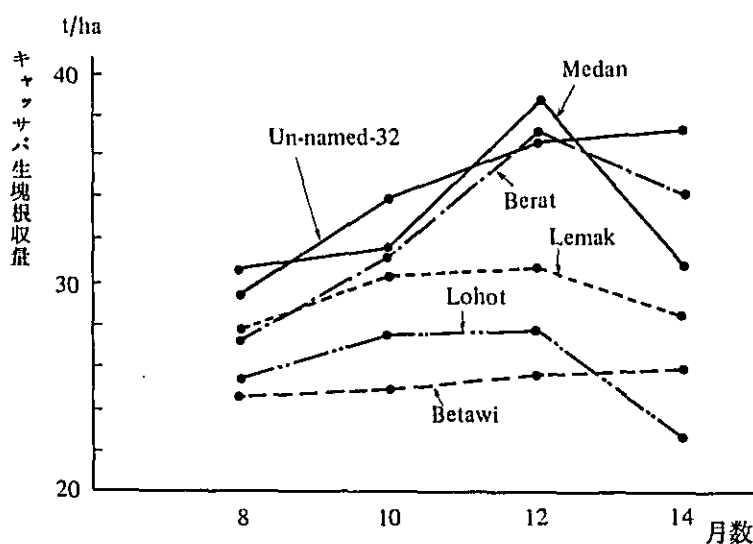
一方、Williams ら (1969, 1971) は高、中、低収量品種の植被の構造的特性 (Structural Attribute of the Canopy) を調べた結果、収量はある種の上記特性と関係があることを見出した。

キャッサバでは生育後期になるに従い落葉し、LAI は 10 カ月目以降 2 以下に低下する (Enyi 1973)。落葉は当然その乾物生産に影響するから、この落葉を防ぐことは収量増大にとって重要である。

キャッサバで最高収量に達する時期は品種によって異なる。

塊根収量と生育日数との関係を Serdang 農試の調査結果で示したのが第 5 図であり、澱粉含量と澱粉生産収量との関係を示したのが第 18 表である。

Ketiku と Oyenna (1972) は生育期間中の塊根の炭水化物の変化を追跡したが、澱粉は 8 カ月でピークに達し、全糖は 9 カ月目に 5.7% に達する (第 19 表)。



第 5 図 キャッサバの生育日数と収量増加の関係

出所 ; Tropical Investigations at the Federal Experimental Station Serdang (1969) より作成

第18表 月別による澱粉含量および1ヘクタール当り澱粉収量の推移

品 種	澱粉含量お よび収量	月 数			
		7	8.5	10	11.5
Valenca	澱粉含量%	32.7	33.2	34.0	33.0
	澱粉収量 kg/ha	3,165	6,148	11,842	12,573
Muara	同 上	20.2	25.0	24.1	24.1
		3,595	8,375	10,502	10,003

出所：Wargiono (1974) Ubi Kayu Dan Cara  
Bercocok Tanamnya

第19表 キャッサバ塊根の炭水化物含量と苗令との関係

	苗 令 (挿苗後月数)				
	5	6	7	8	9
全 糖	3.1	5.1	2.6	3.5	5.7
澱 粉	71.8	67.2	72.5	81.0	77.6
ヘミセルローズ	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
セルローズ	4.5	5.4	3.7	3.2	3.4
全炭水化物	80.4	78.7	79.7	88.5	87.7

出所：Ketiku and Oyenuga (1972)

## 6. 栽 培 法

キャッサバの栽培は簡単であり、前述の通りどんな条件下でも栽培しうる。特に旱魃に強いことは乾期における唯一の安全作物として熱帯農民にとって重要な作物である。

### (1) 植え付け法

その栽培には少なくとも8～10カ月生育した莖から採った苗を用いる。この莖挿苗の熟度或は苗令 (age) と収量との間には関係が認められる。即ち生育したキャッサバの莖の若い頂部と中間部分更に基部の部分とを用いて収量試験を行なったところ、基部から採った挿苗を用いた区の澱粉収量が最も高く、頂部から採った挿苗を用いた区の収量は最低であった。

また別の実験でも矢張り基部からと頂部から採った挿苗の区の収量比は1.75 : 1であった。

キャッサバの初期生育は莖挿苗の炭水化物或は無機物の貯蔵分量によって影響されると考えられ、Enyi (1970) は塊根収量と挿苗の苗令との間に正の直線的関係があると述べている。そのためにも用いる挿苗はなるべく成熟した個体の基部近くから採取した挿苗を用いるのがよいとされている。

挿苗に用いる莖は収穫後切断せずに風通しのよいところに貯蔵するのがよく、日蔭とか或は低温のところに逆立ちにして保存或は貯蔵しておく。このようにすると約8週間ぐらいは貯蔵出来る。しかし降雨のはげしい時期に収穫した莖は苗として約7～10日ぐらいしか貯蔵出来ないとされている。

次に挿苗の大きさ(長さ)であるが、もし機械栽培が行なわれるならば、挿苗機 (Planter) に合わせて15 cm (6 inch) の挿苗が用いられるが、Jamaica での試験結果は20 cm苗がそれより長い苗より高収量であった (Krochmal, 1969)。Brazil では50 cm苗がよいとの報告もあるが、この莖挿苗の長さは挿す方法とも関係するので、必ずしも何cm苗がよいとは云えない。フィリピン、インドネシアでは20～25 cm挿苗が一般に用いられている。

挿苗方法には色々あるが、一番普通なのは垂直に或は30～40度の角度に挿すか、地表下に水平にうづめる方法である(写真5)。

Jamaica では垂直、傾斜および水平挿を比較した結果、地表下に埋め込んだ水平挿が発芽率も高く、塊根の形成が地表面に密着して発生し、その収量も他区に比して有意に高かった。タイでも挿苗を地中に埋め込んで、5～7.5 cmの土でおおった区で収量が多かったとの報告もある。アメリカのVirginでKrochmal (1963) は斜め挿と水平埋め込みとを比較したが前者で発芽が悪かった。

一方セイロンでは垂直挿が生存率(萌芽)もよく、収量も水平埋め込みに比して良好であったとの報告もある。

このように場所によってその挿苗法が収量に及ぼす効果に差が認められるが、このような差

異は土壤の水分或は降雨条件とも関係するものと考えられる。タイ等で乾燥の強い時期の植え付けには横挿し— 水平挿し—が多いようである(佐藤1951)。

第20表にブラジルでの挿苗法および挿苗の長短と収量との関係を示した試験結果をあげた。

第20表 挿苗方法と収量との関係(ブラジルでの結果)

挿苗の方法	莖挿苗の長さ	収量 ton/ha	
 垂直挿	20-24 <sup>インチ</sup>	38.37	} 38.12
 斜挿	20-24	37.62	
 斜交差挿	6	28.96	} 25.74
 垂直挿	6	26.98	
 斜水平挿	6	26.73	
 斜挿	6	23.27	
 水平挿	6	21.29	

出所: Krochmal (1969)

これによれば挿苗の長短の方が収量に大きく影響することを示しているが、Krochmal (1969)はもし可能ならば3芽を持った20~25cm苗を地表下5~10cmのところに水平に埋め込むのがよいと述べている。

挿苗する時、逆に挿せば枯死するケースが多く、また生育しても地下莖の先端に肥大の悪い塊根をつけ収量は大きく減少する(写真6)。

## (2) 畦立栽培

一般には耕起後直ちに挿苗するか、時には畦立栽培する場合がある。この畦立の利点は種々ある。

まず畦立によって挿苗が容易になること、雨期における土壤の多湿の被害を軽減する。特に停滞水のある時は挿苗時の苗、また生育した塊根の腐敗を防ぐことになる。畦立は塊根の発達する範囲を限定することになるが、もし堀取りに機械が使用されれば、塊根の損傷を少なくし、堀取りを容易にする利点がある。ランボン州で操業している日本企業も現在畦立栽培している。

## (3) 栽植密度

栽植密度或は様式については沢山の試験結果がある。それによると品種によっても異なるが、その試験が行われた土地条件によってもその最適密度に大きな差異が認められる。Enyi (1972)はタンザニアで、3品種を用いて、3レベルの栽植密度試験の結果(第6図)、

Aipin Valenca, Msitu Zanzibar 種では18,500本/haで最高収量が得られ、この試験の範囲内では密植効果が認められる。Amani 4026/16種では12,346本/haに最高収量を認めている(この品種については他品種に比して余りに極端である)。そして彼らはこの試験結果から上記3品種についての最高収量を得るための最適密度を計算し、16,750本、16,000本、14,000本がそれぞれ上記3品種の最適本数であるとしている。

一方筆者らがインドネシアで行なった試験ではSP P種を供試し、4レベルの密度を用いて行なった結果によると無肥料区では

12,500本/haに、肥料区では16,660本にそれぞれ最高収量が得られた。

またCIATの成績では植付後11カ月目の収量でみると、草丈或は分枝性の多少によって異なる。草丈中位で分枝の少ないCMC 84はha当り約10,000本の密度が最適であるが、分枝の多いLlaneraや草丈の高いCMC 39は5,000本程度が最適であり、タンザニア、インドネシアとCIATとの間に最適密度レベルに若干開きがある。

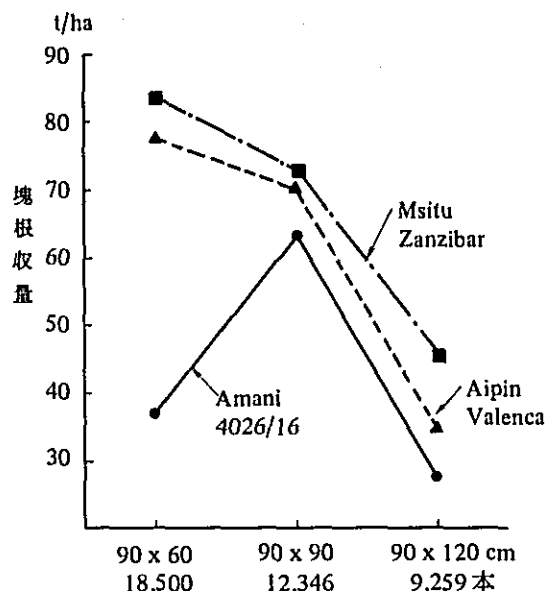
一般に密度の増加は草丈を徒長させるが、個体当りの塊根重は減少する。密度とharvest indexとの間には余りはっきりした関係は認められないようである。Enyi(1972)の報告から栽植密度と収量に関する2・3の結果を第21表に示した。

インドネシアではキャッサバが他畑作物との間混作(Intercropping system)で栽培されているため(写真7)、その栽植密度は混作する作物、生育型(分枝性、草丈など)、早晚性などで異なるが、インドネシア農業者が奨励している栽植本数は下記の通りである。

早 生	晩 生
80 × 80 cm ; 15,625本/ha	100 × 100 cm ; 10,000本/ha
100 × 40 cm ; 25,000 "	125 × 100 cm ; 8,000 "
100 × 60 cm ; 16,666 "	150 × 100 cm ; 6,666 "
150 × 40 cm ; 16,666 "	

#### (4) 施肥法

東南アジアにおけるキャッサバ栽培はほとんどが無肥料である。インドネシア・ランボン州においては陸稲或はトウモロコシとの間混作が多いことは前述の通りであるが(第7図)、この陸稲収穫後の稲わらが土壤に還元されるのみである。ランボン州への入植者は最初にアラン草(Alang<sup>2</sup>, Imperata cylindrica)或はこれに小灌木が混生した草原を開き、



第6図 Tanzaniaにおける栽植密度試験  
出所; Enyi (1972)

第21表 栽植密度と収量との関係(タンザニヤ)

	栽植様式	密度	品 種			平 均
			Amini 4026/16	Aipin Valenca	Msitu Zanzibar	
ヘクタール当り 収量 t / ha	90×60cm(S <sub>1</sub> )	18500	37.2	78.1	84.6	66.6
	90×90 (S <sub>2</sub> )	12346	63.9	70.1	73.2	69.0
	90×120(S <sub>3</sub> )	9259	27.9	35.2	45.3	36.1
個体当り 収量 kg / plant	S <sub>1</sub>	18500	2.6	4.2	4.6	3.8
	S <sub>2</sub>	12346	4.5	5.6	5.9	5.8
	S <sub>3</sub>	9259	4.8	8.0	10.3	7.7
肥大率* kg / ha / week	S <sub>1</sub>	18500	8,250	15,510	11,520	11,760
	S <sub>2</sub>	12346	7,730	11,890	11,310	10,310
	S <sub>3</sub>	9259	3,230	5,680	4,770	4,560
全乾物量 g / m <sup>2</sup> (A)	S <sub>1</sub>	18500	3,088	4,190	4,981	4,082
	S <sub>2</sub>	12346	3,318	3,504	4,477	3,763
	S <sub>3</sub>	9259	1,354	1,756	2,089	1,731
莖乾物量 g / m <sup>2</sup> (B)	S <sub>1</sub>	18500	1,529	1,510	1,682	1,572
	S <sub>2</sub>	12346	1,491	1,440	1,618	1,516
	S <sub>3</sub>	9259	550	607	757	637
塊根乾物量 g / m <sup>2</sup> (C)	S <sub>1</sub>	18500	1,370	2,524	3,074	2,323
	S <sub>2</sub>	12346	1,612	1,883	2,640	2,043
	S <sub>3</sub>	9259	738	1,094	1,197	1,009
塊根歩合 C/A×100 %	S <sub>1</sub>	18500	44.7	60.2	61.7	56.9
	S <sub>2</sub>	12346	48.5	53.7	58.9	54.2
	S <sub>3</sub>	9259	54.5	62.3	57.3	58.2

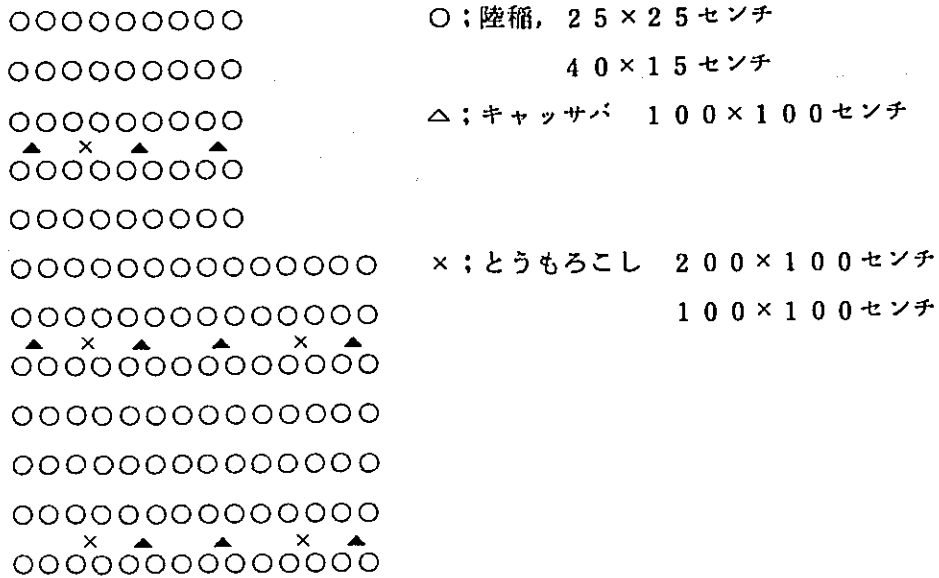
出所； Enyi (1973)より作成

注) \* ; 生育最盛期における。

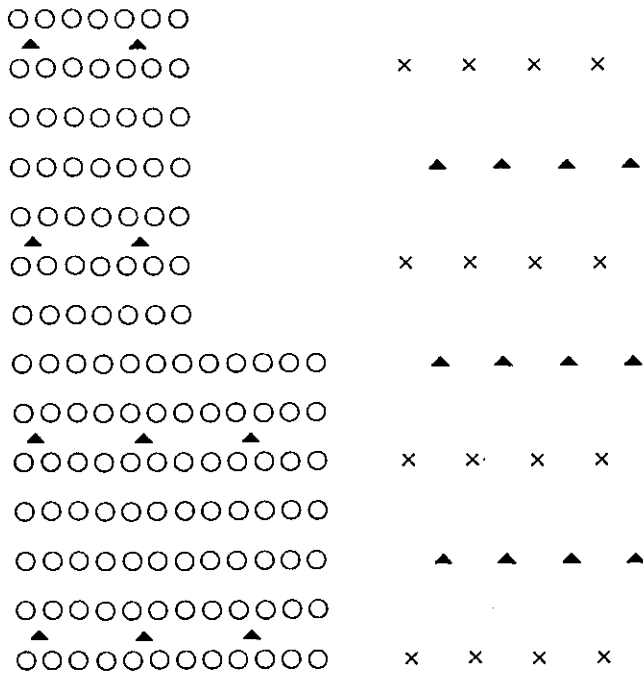
食糧としての陸稲，トウモロコシおよびキャッサバを栽培するが，年次の経過とともに陸稲，トウモロコシの収量が減少し或は皆無となり，キャッサバだけが残る。

キャッサバは有機物に富む，心土の深い，余り重粘でない土壌をむしろ好む，そして多量の土壌養分を吸収し，収奪された養分の供給がなければ土壌の肥沃度を急速に枯渇せしめる(Jocobら1958)。

タイの例ではha当り40tonの生塊根を収穫した場合の養分吸収量は下記の通りである(Harper 1973)。



(1) 陸稲，とうもろこし，キャッサバの間混作



(2) 陸稲，キャッサバの間混作 (3) とうもろこし，キャッサバの間混作

第7図 インドネシア・ランボン州におけるキャッサバと他作物との間混作 (Intercropping) の例



N = 85 kg/ha

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 62 "

K<sub>2</sub>O = 280 "

CaO = 75 "

またもう一つの例はインドネシアの文献から引用される (Wargiono, 1974)。この例ではキャッサバ収量が明らかでないが、生育月別と養分吸収量との関係を示している (第22表)。

第22表 キャッサバの生育と養分吸収との関係

生育 月数	土 壤 養 分 吸 収 量 kg/ha				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1	7.7	1.8	10.5	6.5	1.8
2	27.7	9.2	38.4	21.3	7.4
4	97.1	33.8	165.0	79.4	23.1
6	128.0	51.9	309.0	114.0	35.5
8	134.0	62.9	408.0	140.0	41.4
10	136.0	79.9	408.0	179.0	59.0
12	124.0	94.6	480.0	201.0	62.0

出所；第18表に同じ

この例からも明らかな如く、キャッサバは多量の土壤養分を吸収し、施肥処理に対する反応が高いことを示している。キャッサバは他の澱粉或は糖生産作物と同様に、NおよびP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の外に、多量のK<sub>2</sub>Oを要求する。上記2例からも明らかであり、後者の例ではK<sub>2</sub>Oの吸収量は10～12カ月で400kg/ha以上に達し、Nの3～4倍、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の5～6倍に達している。K<sub>2</sub>Oの欠乏は収量のみでなく、澱粉含量の低下を招くとされている。Nの吸収量も多いようであるが、多量のNの施与は地上部の生育を旺盛にし、地下部(塊根)の肥大が抑制される恐れがあることを示した (Krochmal ら1970)。

肥料試験の結果は多くの研究者によって報告されている。その多くは特にNに対する肥料反応が高いことを示しているが (Chan 1969, Chew 1970, Cock 1973, DA Silva & Freire 1968, Vijaya & Aiyer 1969, Yong 1970, Anon 1971), その結果は必ずしも有意ではない。

施肥設計についてははっきりした基準を示したものは見当たらないが、De Gens (1967) はP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> およびK<sub>2</sub>Oの欠乏している土壤でのキャッサバ栽培に対しては、N ; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; K<sub>2</sub>Oの比として1 ; 1 ; 2の比を上げている。

即ち N = 45 ~ 90 kg/ha

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 45 ~ 67 "

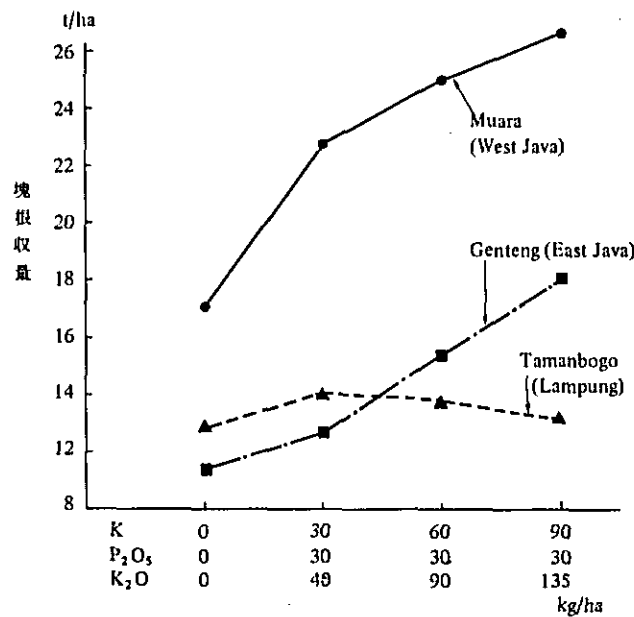
$K_2O = 90 \sim 165 \text{ kg/ha}$

タイでは $K_2O$ の欠乏が土壌的に見て、問題にならないことから、 $N ; P_2O_5 ; K_2O$ の比を2 ; 2 ; 1としている (Harper 1973)。

またインドでは Kerala 州の NPK 施肥試験の結果 (Chadha 1958) から最高収量を得るための  $N ; K_2O$  の比を 1 ; 1.75 としている。即ちキャッサバに対する施肥設計は当然その土壌条件によって異なるものであり、例えばランボン州の場合、平均 10 ton の収量を 30 ton に上げるための限定要因が何であるか、施肥量および成分比等については、今後の研究に待つところが多い。

インドネシアにおける施肥試験結果を中央農研の 1971 年 Progress Report より引用する。

この試験は施肥時期に関する試験の一部であり、これから施肥量に関する結果を抜き出し第 8 図に示した。これによると西部、東部ジャワの結果は N および  $K_2O$  の増施によって収量の



第 8 図 施肥量と生塊根収量との関係

出所 ; Lembaga Pusat Penelitian Pertanian (1975)  
Progress Report Tanaman Ubinbian (インドネシア) より作成

増加が認められるが、ランボンでは何の効果も認められない。これは土地条件によるのか品種か或はいわゆる地力なのか更には試験誤差によるのか明らかにし得ない (最も多肥区で 1.4 ton/ha 以下であることについての説明が出来ない)。

インドネシア農業省の奨励している肥料設計は下記の通りである。

$N = 45 \sim 75 \text{ kg/ha}$

$P_2O_5 = 30 \quad "$

$K_2O = 50 \sim 100 \quad "$

次に施肥時期については、余り有効なデータが得られなかったが、インドネシアの指導要項では基肥としてN,  $\frac{1}{3}$ 量, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 全量, K<sub>2</sub>O,  $\frac{1}{3}$ 量を施肥し、2ヵ月後にNおよびK<sub>2</sub>Oの残量を施肥するよう指導している。

もちろん挿苗時期が雨期の始めか中期或は終期かによっても異なるが、基肥、追肥に分けて施肥するのが効果的であるように見える。キャッサバの生育は初期の塊根の発生とその後の肥大によって収量が決定されるので当然基肥と追肥と云う形での施肥が望ましい。またキャッサバの生育月数は8～10ヵ月にも及ぶため初期の全量施肥は流亡によってその効果を減少せしめるものと考えられる。なお DA Siva & Freire (1968)は挿苗前にP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oを施与すると、挿苗の生存率を減少させることをその試験結果から示している。

キャッサバはこのように十分な施肥が必要であることが示されたが、一方キャッサバはどんな瘦地でも生育するとされている。現在ランボン州の農民は、陸稲、トウモロコシの生育が不可能となった畑地で食糧を得るために無肥料でキャッサバを栽培している場合が多い。そのため当然のことながら年々減収が見られるようであるが、これに関連したデータは少ない。マレーシアでの3年の例をここでは示す。この試験は3年間連続して栽培したものであり(1966～1969年)、各作期ともN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびK<sub>2</sub>Oを施与しているが、結果は一応、第1作に比して第2年、第3作と塊根収量が減少する傾向が見られる(第23表)。

第23表 連続栽培と収量との関係

作 期	施 肥 量 kg/ha			収 量 ton/ha
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
第1期作	44.7	33.5	78.2	37.9
	89.4	67.0	156.4	38.1
第2期作	44.7	33.5	78.2	34.9
第3期作	54.9	33.5	78.2	25.3
	109.8	67.0	156.4	29.1

出所；第9表に同じ

しかしこの3年の結果のみから、連作障害として認めてよいかどうか、なお検討の余地がある。キャッサバは養分吸収のはげしい作物であることは確かであろうが、今後土壌分析も含めて多くのデータが、更に連続した作付結果から得られるならば、東南アジア各地に見られるキャッサバ連続栽培における現実と今後における対策を知る上で重要であろう。

一般に東南アジアの殆んど全ての農民は無肥料連作をつづけているから、施肥によって必ず増収することが明らかであるが、経済上の理由もあって、施肥によってキャッサバを栽培するには至っていない。インドネシア・ランボン州Sukadanaのように開墾後無肥料で栽培する場合をみると、初めの数年間の収量の減少は非常に急速であるが、ほぼ10年も連続して栽培すると、8 ton/ha前後の収量で平衡状態に達し、その後の収量減は余り見られなくなると

農民は云っている。

前述したようにNの増施は地上部重量増加の割に地下部重量の増加をもたらさない傾向があると云われているが、地上部の生育を示す形質、草丈、葉数、莖の太さと地下部、即ち塊根収量との関係を知ることは収量推定の上からも重要であろう。これに関連してマレーシア Serdang 農試の結果(Chan Seak Khen 1969)を示すと下記の通りである。

品種 Black Twig (苦味種)を90×90cmの栽植距離で栽培したほ場より、一本の地上莖を有し、しかも頂部分枝の見られる40個体を選び、次の4形質を測定した。

1. 塊根重 (Weight of roots; W)
2. 草丈 (Height of plants; H)
3. 葉数 (Number of leaves on plant; L)
4. 莖の太さ (Diameter of stem at  $\frac{1}{2}$  above ground level; T)

次に測定した値から各形質間の相関および塊根重と他地上形質間の偏相関を計算し、塊根重と草丈および葉数間に有意な偏相関を有することから、草丈および葉数の2形質を用いて、塊根重を推定するための重回帰式を求めた結果は下記の通りである。

$$W = -3.95297 + 0.61677H + 0.18320L$$

また岡(1974)はインドネシア・ランボン州 Sidokarto と Rengas の2カ所で SPP 種を用いて収穫時の9月に個体別に次の6形質を調査し、形質相関を求めた。

1. 塊根収量 (kg)
2. 収穫時葉数
3. 塊根数
4. 莖長 (cm)
5. 分枝数
6. 地上部生量 (kg)

その結果による塊根収量の高い個体は収穫時の葉数や莖長も大であり、地上部の生育と密接な関係にあり、株当たり塊根数も多い傾向を認めている(第24表)。

第24表 キャッサバの主要形質間相関係数

	調査項目(株当たり)	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	平均値	変異係数
Sidokarto 村 (N=200)	塊根収量(kg) Y	1.000	0.385**	0.401**	0.235**	0.191**	0.540**	1.862	38.3%
	収穫時葉数 X <sub>1</sub>		1.000	0.396**	0.106	0.611**	0.661**	61.9	44.2
	塊根数 X <sub>2</sub>			1.000	0.154*	0.392**	0.431**	7.1	29.7
	莖長 X <sub>3</sub>				1.000	-0.115	0.365**	267.9	15.8
	分枝数 X <sub>4</sub>					1.000	0.488**	1.9	46.7
	地上部生産(kg) X <sub>5</sub>						1.000	1.660	45.2
Rengas 村 (n=200 X <sub>1</sub> のみn=100)	Y	1.000	0.296**	0.563**	0.399**	0.225**	0.795**	2.658	38.2
	X <sub>1</sub>		1.000	0.489**	-0.010	0.259**	0.375**	62.1	58.9
	X <sub>2</sub>			1.000	0.226*	0.201**	0.534**	9.7	29.6
	X <sub>3</sub>				1.000	0.013	0.436**	315.8	11.3
	X <sub>4</sub>					1.000	0.354**	2.0	32.1
	X <sub>5</sub>						1.000	2.706	35.7

注) 塊根収量は表皮のついた生重を示す。栽植条件 2m×0.5m

出所: 岡(1974), 南スマトラ・ランボン州の畑作農業とキャッサバ, 農業技術 第29巻12号

\*\*\*, \* 1%, 5%水準でそれぞれ有意

なおこの調査は200×50cmの栽植密度で行った肥料試験の個体を用いており、更に品種或は栽培方法の異なる条件下での検討が必要であることはもち論であり、また今後の問題として、施肥による地上部形質の生長量と塊根重の増加率との関係を含めて、収量を推測する研究も必要であろうが、以上の2つの結果から、地上部の生育量によってある程度の塊根収量の予想がつくと考えられる。

(5) 除 草

キャッサバ畑における栽培期間中の管理として除草がある。キャッサバ単作地では大凡3回除草が行なわれる。

第1回、挿苗後1カ月目(培土もかねて)

第2回、" 3~4カ月目

第3回、" 5~6 "

(省略するが多い)

生育初期の雑草防除が完全に行なわれると、その後キャッサバの植被の発達(Crop Canopy)によって下草の繁茂が抑えられ、熱帯畑における清耕作物(Cleaning Crop)としての役割をキャッサバは有している。

タイでは除草剤による除草が試みられているが、その1例を示すと第25表の通りである。

第25表 薬剤による除草効果と除草費の比較

(Royong, S.E.Thailand (Sandy loam soil)での試験)

処 理	散 布 量			第1回目散布後の過敷と植被率 (Green Cover %)												相対コスト (手除草を100とした) <sup>4)</sup>
	第1回目 散布 <sup>1)</sup> (ℓ/ha)	第2回目 散布 (ℓ/ha)	第3回目 散布 (ℓ/ha)	↓ <sup>2)</sup> 2	4	6	8	10	↓ <sup>2)</sup> 12	16	20	24	↓ <sup>3)</sup> 28			
手 除 草	—	—	—	0	5	9	22	44	57	10	6	12	31	100		
グラモキソン	1.0	1.0	2.8	20	3	11	15	27	40	9	13	20	30	65		
グラモキソン	1.4	1.4	2.8	15	2	9	14	29	38	6	10	20	29	75		
グラモキソン	2.0	2.0	2.8	9	2	11	15	30	40	5	12	15	26	91		

注) 1) キャッサバ、3カ月目(挿苗後)第1回目散布、

2) 第2、3回目散布期、 3) 収穫期

4) 相対コストはグラモキシソンの散布費用も含む。

出所: Harper (1973)

しかし熱帯ではキャッサバを単作することもあるが、前述の如く陸稲、トウモロコシと間混作することも多く、その場合一般にはこれら作物の播種後1~2カ月目に挿苗するか或は前作物の刈取り前に挿苗するので、その作付体系に合せて適宜除草するのが普通である。

## (6) 機械栽培

キャッサバ栽培は一般に小農によって家屋の周りに少しずつ作付けられ、彼らの食糧としての需要によって、その都度収穫する自給的な栽培が従来多かったので、機械化による大面積栽培については余り考慮されていなかったが、最近ではメキシコ、ブラジル、ナイセリアなどでその栽培面積が大型化している。現にインドネシア・ランボン州でもキャッサバの企業的栽培が見られるようになり、機械化栽培が注目され始めているが、これに関する資料は少ない。ここではKrochmal(1966)からその要点を述べる。

まずキャッサバの挿苗作業であるが、これには二輪駆動式のキャッサバ挿苗機(Planter)がメキシコで使用されている。この機械は2条用挿苗機であり、オペレーターの他に2名の作業手が必要である。トラクターによって牽引される機械の台上に乗った作業手がキャッサバの莖挿苗を貯蔵箱より取り出し、苗搬送回転板上に環状に多数取りつけられている受筒に順次さし込んでやる。駆動輪からチェーンで回転が伝達され、ぐるぐる回る搬送回転板の下に挿苗を排出する孔が1個固定されており、受筒がその搬出孔上を通過する際に苗は受筒より排出孔を通して輪苗管に送り出され、作溝器によって作られた溝の中に苗を落してゆく。さらに2枚の円板からなる覆土器がこれを覆土し、さらに後方にチェーンで牽引されている鎮圧器によって鎮圧される機構になっている。この植え付け用莖挿苗を用意するために機械鋸(Gasoline-powered table saw)が用いられており、これによると1分間に約134本の莖挿苗が作られる。

キャッサバ栽培で多くの労力を要するのは除草であるが、動力散布機(トラクターけん引による)で1回除草剤(Post planting herbicide)が散布される。これによって労力の大巾な減少がはかられる。キャッサバの収穫はまた大仕事である。まず地上部を切り取る(Topping)作業があるが、これは収穫を容易にするために行なう。普通は鉋で切りたおすが、これもロータリーモア(Rotary mower)で行うと容易である。しかしこのtoppingが収穫より余り早く行ないすぎると収量の明らかな減少が見られる。タイでの結果(Krochmal 1966)によると次の通りである。

Toppingの時期	収量%
収穫の1日前	100
収穫の15日前	92.5
収穫の30日前	88.6

キャッサバの特性上機械収穫には適していないため、特製の収穫機はないようであるが、Bates(1957)は一応の構想としてビートやパレイショの収穫機の改良(modified beet, potato harvester)を考えていたが、実用化していない。Krochmal(1966)はブラウによる掘り取り(Moldboard Plow: ボットムブラウ)を上げている。

キャッサバ塊根の分布は直径100~150cmにおよび、深さも40~60cmにおよぶために注意深く傷をつけぬように掘り取らなければならない。その際もし傷がつくと、それがもと

で酸化による変色或は腐敗のもとになる。そのため完全な掘り取り機械の作成には色々と問題があろう。Krochmal, (1966)はこのような一連の機械化栽培と人力(Hand labour)による栽培との労力比較を行なっているのので、参考のためにそのデータを第26表に示した。

第26表 キャッサバの手労働と機械栽培との比較  
(エーカー人時間; man hours/Acre)

Hand		Mechanised	
Soil preparation	12.0	Ploughing	2.5
		Disking	1.5
		Furrowing	1.2
Cutting stakes	9.6	Cutting stakes	3.0
(苗の用意)			
Planting	12.0	Planting	2.0
Covering	8.0	Herbicide(1X)	2.0
Weeding(3X)	72.0		
Topping	8.0	Topping	1.0
		Ploughing	1.0
Digging	50.0	Digging	30.0
	171.6		44.2

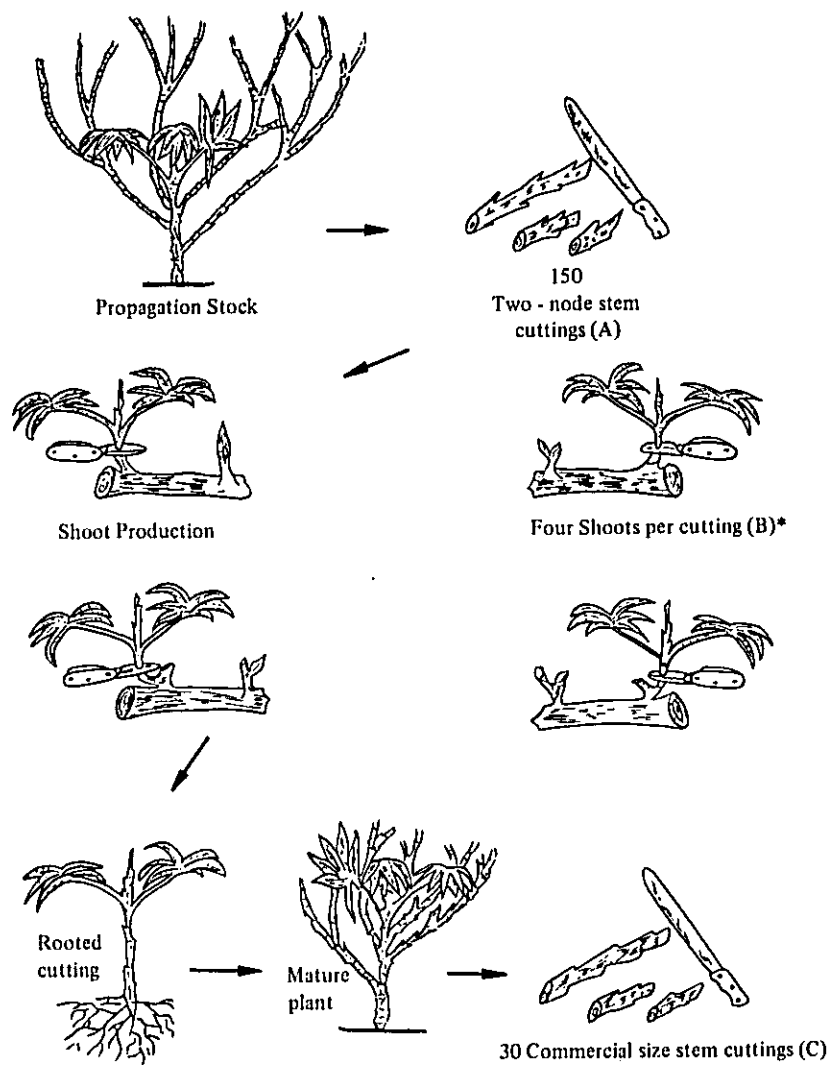
注) Caribbean areaでの結果, キャッサバは3ft×3ftで栽培  
出所; Krochmal (1966)

なお前述したようにランボンの日本企業は収穫を容易にするために畦立て栽培を行なっている。

#### (7) 繁殖法

キャッサバは他家受粉であり、しかも品種によっては結実しない品種もあるため、品種改良の場合以外は莖挿苗を用いるが、もし1株1莖から20~25cmの挿苗を採取するとすれば、1株から約6~7個の挿苗しか取れないことになり、非常に挿苗生産の効率(増殖率)が悪い。そのためさまざまな栄養繁殖法が研究されている。

例えばWholeyとCock(1973)はほ場条件下で1株から1年間に18,000本の莖挿苗を生産する単純な増殖法を開発した。この増殖法については上記の原著に接し得なかったのので、山田(1975)の紹介論文より、その部分と図版(第9図)をそのまま引用することとする。「まず、繁殖しようとする母株から2つの節をもつ挿し穂を切り取る。1つの節の挿し穂では萌芽が満足に起らない。1本の莖挿し穂から次々に4本の枝条が得られ、それを水で飽和した中空のコンクリート・ブロックでかこみ、ビニールで覆いをした挿し床(消毒した砂と土の混合)に移して発根させたのち、土を入れた泥炭ポットに仮植し、あとほ場に移して生育させ、それから約30本の繁殖用莖挿し穂を得る。挿し床を用いず直接泥炭ポットに植えてもよい。最初の母株から150本の莖挿し穂を作れば、増殖率は $150 \times 4 \times 30 = 18,000$ となる。



Multiplication rate (A x B x C) = (150 x 4 x 30) = 18,000

\* Two shoots per node (data from current experiment)

第9図 キャッサバの栄養繁殖法 (CIAT方式)  
出所; 山田 (1975) キャッサバより転写

この繁殖用挿し穂は、日陰で袋に包んでおけば2～3週間は萌芽力を失わない。その際、挿し穂は長いものほど永持ちする。

萌芽力の減退は水分の損失と菌の侵入による。2週間を過ぎると貯蔵中に萌芽してくるから市販の萌芽抑制剤 (CIPC) の1000 ppm水溶液に5分間浸漬したのちポチエチレンの袋に入れておけば4週間は萌芽を抑えることができる。

更にもう一つの急速増殖を可能にする方法は組織培養法であり、この方法は急速な増殖の可能性と無バイランス病株の育成と伝播 (配布) の可能性を提供するものであり、もし栽培材料の遺伝的な安定性が用意されればより有効である。



## 7. 育種 (品種改良)

キャッサバの育種にとって、まず必要なことはその育種材料を集収し、それを評価することであるが、従来この作物の遺伝学的或は細胞学的基礎研究には全く注意が払われていなかったと云ってよい。しかし最近ではDempsey(1971)の要約論文とか、Magoon(1967, 1970, 1973)によるTropical Root Crops Symposiaの報告などにそれに関する成果が見られる。

現在の育種は主として収量性に向けられているが、この外に青酸含量、病虫害抵抗性などについてのスクリーニングがCIAT, CTCRI(The Central Tuber Crop Research Institute), IITA(International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan Nigeria)で行なわれている。その他、X線、薬剤による変異性の誘発がコスタリカ、マダガスカル、インドなどで行なわれており、4倍体育成による蛋白質の向上も考えられているが、Magoonら(1969), Iman(1972)による試験ではコルヒチン処理によって得られた4倍体では有意な収量増加は得られていないようである。

更に病害抵抗性品種を育成する目的で種間雑種がすでに育成され、今後この方向の研究に興味がそそがれている。

インドネシア・ジャワ島では*M. esculenta*の台木に*M. glaziovii*(写真8)を接木することによって接木株当りの塊根収量は24カ月で100kgに達したと云う話もあるようであるが、この技術が農家の家屋畑で行なわれている以上の生産性のあるものであるかどうかについて確認されていないとNestel(筆者がランボンで会った時の話による)は述べていたが、筆者らは栽培の現場をランボン中部県で見る機会があったが収穫には立ち会っていない。

キャッサバの育種は最近そのブームとともに高まりつつあることは事実であり、育種家は主としてブラジル、コロンビア、コスタリカ、インド、ニゲリアおよびマダガスカルで活躍している。

わが国からは熱研の入倉幸雄氏がCIATの育種計画に協力しているが、入倉(1975)によると現在CIATではキャッサバの原産地であるLatin Americaの国々から2500以上の系統を集収し、これらの農業的形質、病虫害抵抗性の評価を終了し、また多収性の理想的生態型が解明され、最初の交配が1973年に行なわれた。そしてその後代の育種試験が広く展開されている。その育成系統は環境条件の異なる3地帯、即ち瘦せた酸性土壌で乾期が長いCarimagua、高温下で栄養生長の速いCaribia、更に冷涼地で生育が遅いPopayanで系統適応性選抜試験が実施され、広域適応性品種の育成が図られている。

CIATの最初の奨励品種の目標(1978年を目標として)は収量性でha当りCIATのほ場で50 ton, Carimaguaで20 ton, Caribiaで30 ton, および耐病・耐虫性、

低HCN含量などを指標している。更に第2番目の奨励品種の目標(1980年を目標として)はha 当り収量でCIATで60 ton, Carimaguaで25 ton, Caribiaで40 tonと耐病虫性, 収穫が容易で, 収穫後の塊根の品質の保持期間の長いこと, 高でん粉含量, 低HCN含量などである。

## 8. 病 虫 害

他の畑作物に比較して、キャッサバ程病虫害の被害の少ないものはないと云われている。

害虫としては、タイの2・3の地方でダニ (Red spider mites) の被害が報告されており、15%程度の減収が認められる (Harper 1973)。インドネシアでも同様ダニの被害が見られるが (写真9)、その被害の程度は明らかでない。更にカタカイガラムシの一種 (*Saissetia nigra*) の害も見られるが (写真10)、これも被害として問題にならないようである。

マレーシアでの記録によると下記のものがキャッサバの害虫として上げられているが、いずれも大きな被害を示すものでないとされている (Chan Seak Khen 1969)。

Cricket (*Brachytrypes achatinus*)

*Tiracola plagiata* の幼虫

Tachinid fly parasite (*Blepharipoda ophirica*

Walk, *Sturmia inconspicua* Mg)

Grasshopper (*Valanga nigricornis* Burn)

Scale insect (*Saissetia nigra*)

Bugs (*Megymenum brevicorne* F.)

Red spider mites (*Tetranychus telarius* F.)

次にCIATおよびIITAで研究されている害虫としては以下のものがある。

Thrips (*Frankliniella* sp., *Caliothrips*

*masculinus*, *C. stenopterus*)

Spider mites (*Mononychus tanajoa*)

Shoot flies (*Silba pendula* S.sp,

*Anastrepha pickli*)

Cassava hornworm (*Erinnys ello*)

Scale insects (*Aonidomytilus albus*)

Cutworm, Centipedes

*Vatiga manihotae*

Root-knot nematode (*Meloidogyne* sp.)

病害としては、タイでは *Cercospora cassavae* による leaf spot が成熟前の落葉をもたらす収量に影響することを上げているが、減収についてのデータはない。インドネシアでも同様に、これによる被害がよく見られる (写真11)。この外に White root disease として知られている塊根の腐敗病 (*Fomes lignosus* KL.) による病害も見られる。Ghana ではこの被害によって20%の減収が報告されている。

またインドネシア・ランボン州では大面積栽培の畑で青枯病 (Bacterial wilt) の発生が見られる。これは *Pseudomonas solanacearum* によるもので、莖の導管が褐変し、地上部は急激に萎ちようし枯死する。日本企業農場での簡単な品種比較試験によると、品種間差異があるようであり、将来の育種によって解決出来るものと考えられる。

マレーシアでも *Cercospora cassavae* による leaf spot と *Fomes lignosus* による White root disease が見られるがその被害は僅少である (Chan Seak Khen 1969)。

最近は上記の病害の外に Mosaic 病が問題になっており、現在 Mosaic 病のカテゴリーに入るものとして次のようなものがある (IITA 1972)。しかしまだ各地で発生している Mosaic 病間の関係について完全には調査されていない。

- (1) Potato Virus, X group の Virus によるもの、ブラジルで発見され、接触によって機械的に伝染する。
- (2) White fly によって伝染するがその病源体は未知である。アフリカ・インドで見られる。
- (3) Mycoplasma によるもので、これはブラジル、象牙海岸 (Ivory Coast) で見られる。

また Cassava bacterial blight (症状は *Xanthomonas manihotis* によるものと似ている) は最近ラテンアメリカ、特にブラジルで重要な病害とされており、導管が病原細菌でふさがり、下位葉がまず枯死するのが見られる。防除法としては罹病個体を抜き取ることであり、現在抵抗性品種のスクリーニングが CIAT で行なわれている。

以上の外に CIAT および IITA で研究されている病害は次のようなものである。

*Phytophthora* root rot (*Phytophthora* spp.)

*Phyllosticta* leaf spot

*Gloeosporium* disease

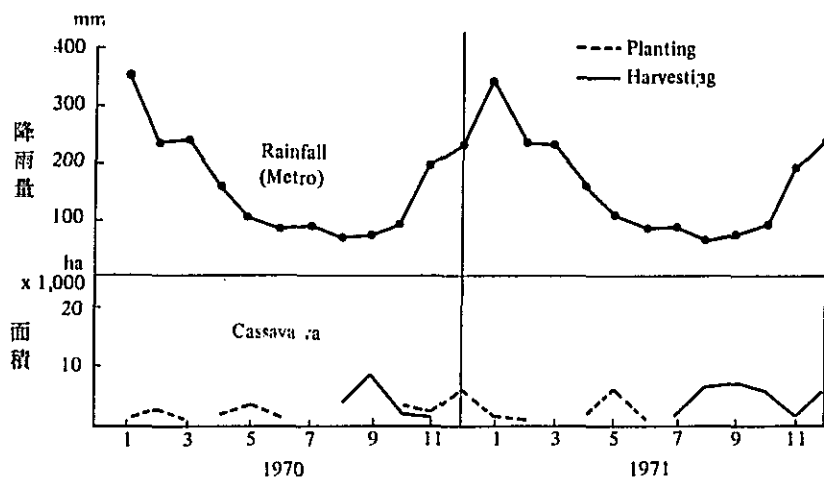
Superelongation disease (病原体未確認)

上記の如くキャッサバの病虫害も可成りの種類におよんでおり、従来一般に病虫害の被害が少なかったのは瘦地で栽培され、貧弱な生育をしている場合は比較的少なかったのであろうが、インドネシア・ランボン州で以前に見られなかった青枯病が発生するなど、多肥栽培による集団化によって今後病虫害の被害が増加する危険が高くなるのでなかろうか。

特に Cassava mosaic のような Virus 病については種苗の移動を厳密に注意し、無病地への感染を防ぐべきであろう。

## 9. 収穫と収穫後の乾燥調整

キャッサバの収穫時期は種々の条件によって異なる。前述したようにインドネシアではキャッサバを陸稲或はトウモロコシの間混作で栽培する。その植え付け時期（挿苗）は第10図の通り10～12月であり、収穫は8～11月の乾季から雨季の始めになる。早生種（6～7カ月で収穫可能）



第10図 ランボン州（インドネシア）におけるキャッサバの植付け期、収穫期および降雨量  
出所；ランボン州農業統計より

は陸稲或はトウモロコシの後作として2～3月に植え付けられ、収穫期は雨季作前となる。

収穫適期としては澱粉含量が最高になった時期であろうが、その時期は品種によっても異なり、一般に塊根収量および澱粉含量が10～12カ月の時期にピークに達する品種が多いようであり、これ以上になると、塊根中でリグニン含量が増加し、一般には“す”が入る品種が見られる。一方前述のように品種中には6～7カ月で収穫可能な早生種も認められる（ランボン州に見られる Genjah putih）。しかしこの品種とても例えば第5図に見られるように8カ月以降の収量増加が緩慢となる品種をさすものようであり、厳密な意味での早生種と云えるかどうか疑問である。

収穫法はまず地上莖を刈取り（Topping）、その後普通は手で抜き取り1カ所に集められる（写真12）。地中に残った塊根は鍬などで掘り取り集められる。土壌が硬く、また品種によって塊根が地中に深く分布する場合は収穫に相当の労力を要する。莖挿苗を地表下約5cmに水平に植え込む場合は塊根は地表近くに分布し収穫時の損傷がないと云われている。

掘り取りが困難なときはロープを莖の下部に結びつけ、これに竹或は木の棒をかけて引き上げる。抜き取られた塊根は莖から切り取られ、その後は目的によって色々と処理される。畦立栽培も前述した如く、塊根の分布を限定し、収穫を容易にする。

栽培地帯の近くにタピオカ澱粉（Tapioca, Cassava starch）工場がある場合は農民は収穫した塊根の皮をむき、直ちに工場に運ぶ。インドネシア農村でも牛車に積んで工場に搬入する光景は

よく見られる(写真13)

工場では澱粉の品質に影響するとして収穫後48時間以内の原料塊根だけを受け入れている。キャッサバを主として自家用食糧として保存する場合は外皮をきれいにむき、縦に2等分或は4等分し、畑或は家屋の前庭に直接地面に並べるか(写真14)、垣根にかけて天日乾燥する。更に細切して天日乾燥したものがCassava chipsであり、これはペレットに加工して輸出用に向けられる。インドネシア(主としてランボン州)でParetと称する特性の皮むき器(写真15)で皮をむいているのがよく見られる。

キャッサバの生塊根は収穫後直ぐに変質するので生で貯蔵することは困難である。そのため農民は在来の伝統的な方法として、利用或は食用に供するまで、また次期作の播種の直前まで収穫せずに土中に残しておく、そして収穫後は直ちに前述した方法で乾燥することで収穫後の問題を克服している。しかし余り長く地中におくと前述の如くリグニングが増し、また澱粉含量が減少する。

熱帯では収穫期を乾季にもって行く付作パターンが一般的のようである。キャッサバの植え付けは極端な乾燥期は別として何時でもよいとは云え、おのずと収穫期を考慮した作期がある。ランボン州では年中挿苗可能であるが、大面積栽培を目的とした企業栽培でも当然何時でも挿苗し収穫できることが望ましいが、雨季の収穫は矢張り乾燥に問題がある。しかし生のまま処理出来る大型の澱粉工場が操業できれば、年中栽培が可能となり労力配分上からも好都合であり、そのような検討がなされているようである。

収穫後の乾燥歩留或は切干歩合は品種により差がある。まず剥皮による歩留は70~85%である。次に剥皮生キャッサバからチップが得られる歩留は品種によって行なっているが、インドネシア品種で筆者らが調べた結果は第27表の通りである。乾燥に要する日数は細切チップの場合、1日5~6時間の天日乾燥で3~4日、大きく切った場合で約6~7日を要し、水分含量にして大凡12~14%に乾燥する。

第27表 インドネシア・ランボン品種の塊根剥皮および乾燥歩留

品 種	草 丈	塊根数 / 株	生塊根重 / 株 (A)	剥皮塊根 重/株(B)	地上莖重 / 株	塊根風乾 重 比率	B/A 比
SPP	309 cm	9.3	4,050 g	3,330 g	2,580 g	34.5%	82
Unnamed	247	4.4	1,430	1,080	1,190	49.0	75
Metik Usang	255	6.1	1,850	1,490	1,680	47.0	81
Mentega	218	8.2	1,400	1,180	1,570	56.0	84
Tahun	369	11.0	2,250	1,570	2,980	46.0	70
Genjah Putih	292	14.6	3,200	2,260	3,400	51.0	71
	347	12.1	3,630	2,690	2,820	47.0	74

出所; 広瀬(1976)

キャッサバの乾燥については山田宗孝氏が「キャッサバの開発マニュアル」(1976)の中で Manurung (1974) と Mathot (1974) の論文から引用して乾燥方法を解説しているが、ここではランボン州で石田(1975, 未発表)が行なった実際の乾燥について記すことにする。

この調査は乾季(7月1日から7月3日)にテギネナンセンターのコンクリート製乾燥床(Drying floor)上で行なったものである。

この調査に用いた品種は同地の早生品種(Genjah Lampung)である。まず第28表は10kg

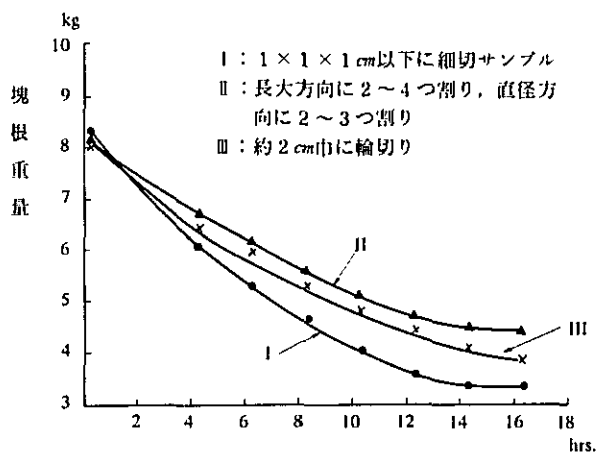
第28表 キャッサバの剥皮および裁断に要した時間

サンプルの種類 および量	生塊根重量	皮を除いた後の 生塊根重量	皮むきに要した 時間	裁断に要した 時間
I 細かく裁断したもの 1×1×1 cm以下	10,000 g	8,330 g	22分00秒	6分15秒
II 長大方向に2~4つ割り 直径方向に2~3つ割り	10,000 "	8,315 "	21 " 00 "	6 " 20 "
III 約2 cm巾に輪切り	10,000 "	8,285 "	16 " 00 "	6 " 35 "

出所; 石田(1975)による。

の生塊根の剥皮および裁断に要した時間とその後の剥皮重量を示したものである。これによると資料番号1~IIIで剥皮時間に16~22分の差異がある。これは塊根数の差異(10kgに含まれる)によるものであろうが、10kgの剥皮には大凡20分ぐらいを要するものと考えられる。これによると500kgの剥皮には16時間30分を要する。しかし一般には婦女子によって1日500kgを剥皮しているのが現状である(現地での聞き取り調査)。

次に裁断時間はその方法によって異なることが予想されるが、調査結果は余り異ならず、約6分前後であり、一般にはもっと早く、不斉に裁断されている。剥皮率は第28表からも明らかな如く16~17%であり、筆者らの調査による(第27表)16~29%の上限にあたる。次に乾燥時間とその重量との関係を示したのが第11図である。



第11図 天日乾燥時間とキャッサバチップの重量減少との関係  
出所; 石田, 1975年ランボン州での実験結果より作製。

これは3種類の方法で裁断した材料を用い、それを1㎡の床面積に広げて乾燥した結果である。最も重量の減少の早いのは1cm立方に切ったものであり、次が巾(厚さ)約2cmの輪切りにしたものであり、最後はGlondonganと称する大切り(長大方向に2~4切り、直径方向に2~3切り)したものであり、細切りしたもののほど乾燥しやすい。この調査では水分含量が測定されていないのはっきりしたことは云えないが、現地人によるとランボン州で販売されているチップの乾燥状態は資料Ⅱの12時間15分後または14時間15分後のものに相当するとのことである。この時の重量比は乾燥開始時のそれぞれ56.8%と54.5%であり、これを剥皮前に比べると47.3%と45.3%にあたる。即ちこれが乾燥歩留りであると考えられる。

各材料の16時間15分後の重量比率は剥皮時の重量に対し40~54%を示しており、一般には1日5~6時間の天日乾燥で3~4日、大きく切った場合で約6~7日を要すると云われている(農家の聞き取り)こととよく一致している。

ランボン州ではペレット工場が裁断機(写真16)を農民に貸与し、チップを生産している。この機械は1日6時間稼働で、約12~15tonの塊根を細切する能力があり、これに乾燥床が付設されていれば、収穫後の乾燥が容易であり、品質のよいチップが生産されている。最近ではキャッサバの生塊根をサイの目に切って乾燥し、乾燥後そのままチップとして欧州に輸出しようとする動きがあり、このためのCubing machineが開発されている。Roa(1973)は10×10×5mmのサイの目(Bar)を作る機械を開発している。一方この種の機械については山田(1976)がオランダ製のLegro manioc Cubing unitについてその概要をカタログから説明している。このように機械が開発されペレットに代替できるようになれば従来のペレット化の工程が省略できるものと考えられるが、ランボン州で聞いた話によるとまだこれらの機械の能力に関して研究の余地がある模様である。Nestel(1974)が指摘するごとく、このような新しい技術の乾燥技術上からの経済的評価、また作られるチップの型および大きさ(Cubing machineによって)などについて早急な検討が必要である。



## 10. 貯 蔵

キャッサバの生塊根は収穫後直ぐに変質する（写真2）。そのままでは腐敗するので数日間しか貯蔵出来ないことはすでに述べた。

長期に貯蔵出来ないことは小農民にとっても加工業者にとっても大きな問題である。このため乾燥してチップにする方法或は収穫期をおくらせて地中に保存する方法が取られていることは前述したところであるが、この問題の解決のため色々の方法が研究されている。

この問題に関する研究の要約はIngramとHumphries（1972）によって行なわれているので、その概要を紹介する。

まず問題になるのはキャッサバ生塊根の貯蔵である。前述したように、生塊根は収穫後数日すると肉質部が変色（まず暗青色）或は腐敗（軟化）による品質の劣化がおこる。これは主として次のような原因による。第一は収穫後に微生物が侵入する。Majumder（1955）はこの場合2種の腐敗のタイプがあると述べている。一つは好気性状態での*Rhizopus* sp. による乾腐であり、もう一つは嫌気性状態下での*Bacillus* sp.による軟腐である。

この菌類による腐敗が進むと酸度（acidity）が急に高くなり、その結果として生塊根の味が極端に悪くなる。もう一つの原因は酵素の活性によるものであり、これは普通維管束にそって青色のすじ（Vascular streaking）が発生する。しかしこれは菌類の侵入と密接な関係があり、この2つの原因が組合わさって品質の劣化がおこる。

この腐敗変色に関係する菌についてはBurton（1970）がプエルトリコ（Puerto Rico）からアメリカに輸送したキャッサバの品質の研究から*Diplodia manihoti*（Sacc.）がもっとも重要であり、このほかに多くの菌が関係あると述べている（第29表）。

第29表 生キャッサバ塊根の輸送後、分離された菌類

アメリカ（プエルトリコから輸入）	イギリス（西アフリカから輸入）
<i>Fusarium "Liseola"</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
(? = <i>F. moniliforme</i> Sheldon)	Fresenius
<i>F. solani</i> (Mart.) Appel et Wr.	<i>A. flavus</i> Link
<i>Fusarium</i> sp.	<i>A. niger</i> van Tieghem
<i>Geotrichum Candidum</i> Link ex Pers	<i>Penicillium</i> spp.
<i>Penicillium gladioli</i> Machacek	<i>Circinella</i> sp.
<i>Mucor</i> sp.	<i>Syncephalastrum</i> sp.
<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Botryodiplodia</i> spp.
<i>Rhizopus</i> sp.	
<i>Trichoderma</i> sp.	

キャッサバ生塊根の腐敗は一種類の菌ではなく、多くの種類が関与している。このように収穫後直ちに腐敗変色を起すため、この生塊根を自然条件で貯蔵するため種々の方法が試みられている。例えばガーナでは収穫した生塊根を堆積し、撒水したり、またどろをぬったりする方法で4～6日新鮮に保存している（Hiranandani ら 1955, Roa 1951）。またモーリシアス島（Mauritius, Madagascar 島の東方インド洋にある島）ではヨーロッパの馬鈴薯によく似たトレンチ方式でキャッサバ生塊根を貯蔵した例があり（Anon 1944）、これで12カ月貯蔵した記録がある。更によく密閉した室内でも、土とワラで上をおおった場合1カ月は完全な状態で貯蔵できたと云う報告もある（Anon 1944）。またBaybay（1922）はフィリピンで色々の建物の中で生塊根を貯蔵し、6日おきに腐敗した塊根を取りのぞき25日貯蔵したが、その間の重量の減少は非常に大きく（第30表）、このような条件では貯蔵出来ないことを示した。

第30表 25日間貯蔵した後の生キャッサバ塊根の重量の減少

貯蔵した建物或は施設	腐敗或は変質による重量の減少 %
Permanent building	98.7%
Dark room in Wooden building	86.8
Local building	92.2
Cellar	91.1
Trench	64.0

出所； Baybay（1922）および Ingram & Humphries（1972）

ベネズエラ（Venezuela）でも Czyhrinciw ら（1951）は25°Cで2週間貯蔵した後約75%の重量の減少を報告しており、Averre（1967）は湿ったオガクズでおおっても効果はなく同様に腐敗したと報告している。

Tracy（1903）は温暖で乾燥した状態で貯蔵するならば室内で1～2カ月貯蔵出来ると述べ、彼は温暖な室内で、しかも堆積せずにおくこと、その際ワラで薄くおおうことが重要であり、低温と過湿は腐敗を急速に喚起する。更に彼は収穫を乾期に行ない、塊根に傷がつくのを極力さけるように収穫すべきであると述べている。この際収穫適期のものを収穫し、早くてもおそくてもいけない、この時は水洗してはいけないことを示している。

以上の通り普通の状態で貯蔵することは非常にむずかしく、色々の工夫が地方的にほどこされている。

一方化学的な処理を施す方法も考えられ試験されている。

Majumder ら（1956）は エチレンジブロマイド（ethylene dibromide）、エチレンジブロマイドとエチルブロマイド（ethyl bromide）の混合液でくん蒸する方法とホルムアルデヒド（formaldehyde）溶液処理の効果を比較した結果、エチレンジブロマイドとエチルブロマイド混合液のくん蒸が最も効果的であり、くん蒸によるブロマイドの残留は少なく、塊根

は食用に出来ると考えられること、フォルムアルデヒド処理は澱粉製造にだけ用いることを示した。

次に殺菌剤を含んだワックス ( fungicidal wax ) でキャッサバ生塊根をコーティングする方法、またコロンビアでは90-95°Cのパラフィンワックス ( paraffin wax ) に45秒間浸す方法によって1から2カ月貯蔵できたと云う例がある ( Youngら1971 )。このほか生塊根をアメリカに輸入するところに関連して行なわれた例もあるが、いずれにしても価格の低いキャッサバにとっては実用性からはほど遠い。

次の問題として低温下で貯蔵する方法がある。その研究例としてCzyhrinciwら ( 1951 ) と Singh ら ( 1953 ) の例があり、ここでは後者の結果を第31表に示した。これらの低温貯蔵

第31表 種々の気温で貯蔵した生キャッサバの塊根の重量の減少

貯蔵温度 ( ° F )	関係湿度	重量の減少 %							
		1 週	2 週	3 週	4 週	5 週	6 週	7 週	8 週
32-35	80-90	5.6	11.0	15.0	19.2	21.7	34.1	37.5	38.1
35-58	80-90	5.1	11.0	15.0	18.0	21.7	34.1	40.3	41.1
39-42	85-91	3.7	8.3	—	—	—	—	—	—
42-45	85-92	3.4	6.6	—	—	—	—	—	—
47-50	82-90	5.0	9.2	—	—	—	—	—	—
52-55	82-90	6.7	13.3	—	—	—	—	—	—
67-70	67-72	12.1	25.0	—	—	—	—	—	—
72-85	75-80	11.7	22.5	—	—	—	—	—	—

出所 ; Singh & Mathum ( 1953 )

の研究結果から得られた結論は最適の低温貯蔵温度は0-2°Cであり、その時の関係湿度は80-90%である。一方前述したTracyの観察によると変温下での低温過湿は腐敗を早めると云う観察結果もあるのでなお検討の要があろう。

Averre ( 1967 ) は多くの試験から食用として利用する場合は収穫後早く畑から移して、湿った条件におき、そして品温を下げ、バックしてすぐに冷蔵条件にたもつべきであると述べている。しかしこれはあくまでも野菜として市場で販売する場合を対象としたものであり、熱帯の発展途上国における実用性は全くない。

次に乾燥したチップも貯蔵中に多くの被害をうける。しかしこれに関するデータは比較的少ない。適度に乾燥したチップは品質もよく、被害も少ないが余り長くなると主として害虫と菌類の害をうける。

その害虫の種類をIngramとHumphries ( 1972 ) から引用して第32表に示した。また菌としては *Aspergillus* , *Mucor* , *Penicillium* と *Rhizopus* の被害が見られる ( Clarkら1968, Rawnsley 1969 )。 *Aspergillus* sp. は貯蔵後3カ月目に天日乾燥したチップ

第32表 キャッサバ生産物の貯蔵害虫一覧表

学 名	一 般 名	キャッサバ チップ	キャッサバ 粉	澱 粉 (タピオカ)
<i>Ahasverus advena</i> (Wall)	Foreign grain beetle	++	+	+
<i>Alphitobius</i> spp.	Lesser meal worm beetles, Black fungus beetles			+
<i>Araecerus fasciculatus</i> (Deg.)	Coffee bean weevil, Cacao weevil	++		+
<i>Bostrychophilus cornutus</i> (Oliv.)	—	+		
<i>Carpophilus</i> spp.	Dried fruit beetles			+
<i>Cathartus quadricollis</i> (Guer.)	Square-necked grain beetle	+		+
<i>Coninomus constrictus</i> (Gyll.)	—			+
<i>Cryptolestes</i> spp.	Rust red grain beetles, Flat grain beetles	+	+	
<i>Dermestes</i> spp.	Hide beetles			+
<i>Dinoderus</i> spp.	Powder post beetles	+	+	
<i>Ephestia cautella</i> (Wlk.)	Tropical warehouse moth	+	+	+
<i>Gnathocerus cornutus</i> (F.)	Broadhorned flour beetle	+	+	
<i>Heterobostrychus brunneus</i> (Murr.)	—	+		
<i>Lasioderma serricornis</i> (F.)	Cigarette beetle	+	+	+
<i>Lepidoptera</i> spp.	Moths			+
<i>Necrobia rufipes</i> (Deg.)	Red-legged ham beetle, Copra beetle		+	+
<i>Oryzaephilus mercator</i> (Fauv.)	Merchant grain beetle		+	+
<i>O. surinamensis</i> (L.)	Saw-toothed grain beetle			+
<i>Palorus ratzeburgi</i> (Wissm.)	Small-eyed flour beetle		+	+
<i>Plodia interpunctella</i> (Hubn.)	Indian meal moth		+	
<i>Pyralis manihotalis</i> (Guen.)	—		+	
<i>Rhizopertha dominica</i> (F.)	Lesser grain borer	++	+	+
<i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	Lesser rice weevil	++	+	+
<i>Stegobium panicum</i> (L.)	Biscuit beetle, Drug store beetle	++		+
<i>Tenebroides mauritanicus</i> (L.)	Cadelle	+	+	+
<i>Thaneroclerus buqueti</i> (Lef.)	—		+	
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	Rust red flour beetle	++	++	++

出所 ; Ingram & Humphries ( 1972 )

に発する ( Doku 1969 )。一般には苦味種から作られたチップは長期の貯蔵が可能であるとのデータもある ( Kuppuswary 1961 )。

チップを農民が貯蔵するために使用する容器は国によって或は地方によって色々であり、例えばザイール ( Zaire ) では普通バスケットに入れて、カマドの上につるして貯蔵し、食用にするつど取り出している。カマドの上であるため害虫の被害も少なく、安全に長期に貯蔵出来る ( Buyekxら 1957, Jones 1959 )。

チップ貯蔵害虫の防除法としては種々の殺虫剤処理が試みられているが、メチルブロマイド (methyl bromide) , エチレンジブロマイド (ethylene dibromide) とカーボンテトラクロライド (carbon tetrachloride) の混合液によるくん蒸が効きめも早く、効果的であり、しかも残留が少なかった (Anon 1962, Pingaleら1956)。

キャッサバチップは湿った空気中から水分を吸収して直ちに平衡水分含量に達する。30°Cの気温の時、70%の相対湿度で水分15.1%で平衡状態に達する。この水分含量が安全に貯蔵出来る上限の水分含量である (Anon 1965)。チップの品質は水分含量が12%の時に安定している。そのため国際的なキャッサバチップの輸出入に関して水分含量の上限は13%であり (Anon 1968) タイでも特級品 (Special grade Chips) は13%を水分含量の上限としており、14%が一級品 (1st. grade) とされている。

## 11. 用 途

キャッサバは次の3つの異なる方法で世界の食糧供給に貢献している。

- ① 塊根が直接食糧として利用される。
- ② 家畜の飼料として間接に利用される。
- ③ 澱粉の製造を通して食品に加工し利用される。

このほか色々の加工原料としても利用される。即ち澱粉製造後食糧としてではなく、糊料として製紙、製箱、繊維工業に利用されるほかに、発酵化学工業、例えばアルコール、グルコース製造、更には蛋白合成の発酵原料としての利用なども考えられる。

用途についてはHollemanら(1956)とGrace(1971)を引用して山田(1976)が詳述しているので、ここでは概説的にとどめる。

いずれにしても全世界のキャッサバ生産物の約95%が直接主食として或は副食物として利用されている(David 1971)ことは事実である。

### (1) 食糧としての塊根調理調製法

各地で古くから行なわれているキャッサバの調理・調製法をCousey(1973)は分類している。しかし彼はキャッサバから作られる食品の範囲が広く、しかも多様であることからその分類がむずかしく、彼が示した分類も不完全なものであり、一時的なものであることをことわっている。次にその分類を示す。

#### 1. 特別な解毒技術が適用されない方法

##### 1.1 そのまま生食

##### 1.2 単なる調理

###### 1.2.1 煮沸, とろ火でシチューとする

###### 1.2.2 蒸し焼き, あぶり焼き

###### 1.2.3 油で揚げる(フライ)

##### 1.3 天日で乾燥

###### 1.3.1 天日で乾燥しただけのもの

###### 1.3.2 天日で乾燥したあと臼でひくなどして粉碎する

##### 1.4 窯で焼くなど高温空気で乾燥

(上の1.3の場合と同じくさらに粉碎するものとししないものに分けられる)

#### 2. 特別な解毒技術が適用される方法

##### 2.1 青酸を水に溶かして除去

###### 2.1.1 塊根そのまま, あるいは大きく切って水に浸漬

###### 2.1.1.1 静水に浸漬

###### 2.1.1.2 流水に浸漬

- 2.1.1.3 食塩水に浸漬
- 2.1.2 細切して水に浸漬
  - ( 2.1.1 の場合と同じく、さらに細分類される )
- 2.1.3 煮沸
  - 2.1.3.1 単なる煮沸
  - 2.1.3.2 水を取替えた反復煮沸
- 2.1.4 水を利用したでん粉の採取
  - 2.1.4.1 採取したでん粉そのまま
  - 2.1.4.2 採取したでん粉をさらに糊化
- 2.2 発酵による青酸除去
  - 2.2.1 自然発酵
    - 2.2.1.1 発酵後水洗いするだけ
    - 2.2.1.2 発酵後水洗し、あと熱処理
      - 2.2.1.2.1 あぶり焼き
      - 2.2.1.2.2 水蒸気でふかす
      - 2.2.1.2.3 高温空気で乾燥
  - 2.2.2 前の発酵物から「タネ」を残しておいてそれを加えて発酵させる
    - ( 2.2.1 と同様にさらに細分類される )

この分類によるとグループ1と2とでは重複する処理方法が多い。これについて Coursey (1973) はグループ1の処理はシアン化物含量の少ない無毒品種について適用される方法である。しかしこの中にはグループ2にもあげられている煮沸、加熱、乾燥などを含んでおり、これ自体は塊根中の青酸をかなり減少させる実際の解毒処理法である。これに関して Coursey (前出) はその2つの区分は現実的であるより、もっと Philosophical であると述べている。現実にはこの分類には不明確な点が多いが、要するにグループ1は甘味種(無毒性品種)を直接食用に調理する方法であり、グループ2では中程度の毒性(そのままでは)品種を食用とするためにまずその前処理によって、シアン化物を自己分解させ青酸が遊離した後にそれを除去する技術を主体にして処理し、その後更に食用とするために調理することを考えると、この表の分類は理解出来るものと考えられる。

以上のようにグループ2の調理調製法は青酸を取り除くことに主体がおかれ、安全に食用に供するためのものであるが、一般に食用に供される品種はさきに述べたように青酸含量の低い品種が用いられ、実際にはグループ1の方法で調理されている。しかしある場合には、例えばインドネシア(東南アジアの国々を含めて)の畑作農民の保存食糧としてのチップ(Gaplek)はその調理にあたって、まず3昼夜浸水し、随時水を取り換え、その後水を切って天日で乾燥する、その後臼で搗いて米粒大にし、更に水を加えて粗いごみを取り除き、手でもみ洗し、もう一度乾燥して保存するか(写真17)、必要に応じて米と同じく炊いたり蒸したりして食べる。

一方西アフリカのGariとブラジルのfarinhada mandiocaはほぼ同じものであり、作り方はキャッサバの皮をむいて、すりつぶし自然に発酵させ、圧搾して水を抜き、一部分ゲラチン化したものを乾燥後、粉にひいたものである。この処理は発酵によって材料のpHを下げ、酵素活性を高め、基質に作用させて青酸を生成させた後、それを水に溶かして除去する操作である。かような方法で青酸含量を低下させ、上記の国々では重要な食糧としている。その他の国々での食用としての調理法に関しては山田(1976)が種々の文献から引用し要約しているので参考とされたい。

## (2) キャッサバの栄養強化

キャッサバは食糧としてはいずれにしても蛋白質に乏しく、更に脂肪、その他無機物にも乏しい。そのため食糧としてのキャッサバの栄養を高めることに大きな注意が払われている。主としてキャッサバ粉(Cassava flour)を大豆蛋白(分離物)或は大ソグリス( grits)で栄養強化するのもその一つの方法であり、また一方ではキャッサバを基質として菌培養により(*Aspergillus* sp.)菌蛋白を生産する方法も考えられており(Grayら1966, Stantonら1969, Strassnerら1970)、間接的にキャッサバを利用し蛋白生産を行なうのがそのねらいである。

しかし何と云ってもキャッサバそのものの蛋白質含量を増加させることも重要である。既に高蛋白質の品種も育成されているとのことで、コロンビア品種(Colombia Cultivar)で6.0%、更にパナマ品種(Panamanian Cultivar)で6.5%の高蛋白質種も報告されている(Rogers 1971)。

またブラジルなどでは小麦粉にキャッサバ粉(Cassava flour)を混合し小麦の代用とする試みもあり、その混合粉の製パン性質に対する影響が研究されている(Denyら1970)。

## (3) キャッサバ澱粉、フラワー(flower)、タピオカ(tapioca)

この澱粉製造のために東南アジアの各地ではまだ依然としてTraditionalな方法を用いている場合が多い。その方法をインドネシア・ランボン州の場合を例にとって述べる。キャッサバの外皮を剥き、流水につけて水洗し、その後Shredderにかけて摺り潰し、次にこれを振動する篩別器(写真18)にかけて篩別する。この時用いる水質は特に重要であり、澄浄な着色していない水が必要とする。篩別された澱粉乳は1日或は1昼夜沈澱するのを待って(写真19)、上澄液を排除し、更に良質の澱粉を得るためには再度、この操作をくり返す。その後天日乾燥するが(写真20)、これに要する日数は約2日である。曇天などにより日数を多く要する場合は着色(黄色化)したり、澱粉に臭がつき品質が低下する。澱粉原料用キャッサバは粉に色つかないよう肉質が白色の品種を用いる。

澱粉の歩留は品種、収穫時期、生育中の気象条件および機械の性能などによっても異なるが、Traditionalな方法では、100Kgの剥皮生塊根から平均17~20Kgの澱粉が得られる。約5~10%の澱粉が回収されずに未利用のまま廃棄される場合が多く効率が悪い。

キャッサバ粉(Cassava flour或はmeal)はチップを種々の製粉機(hammer mill, stone grinding mill, cylindrical mill)或は臼で粉にしたものである。また食料品としてのタピ



オカ (grocery tapioca) とは一般にはキャッサバ澱粉製造の過程で完全に乾燥させる前の生澱粉に熱を加え澱粉ケーキにし、これを粗いかたまりに砕いたものであり、直接料理に用いるフレークと更に小粒化したパール或はシードタピオカ (pearl tapioca, seed tapioca) とがある。

キャッサバ澱粉はこれに関連する生産物を含めて単にタピオカとも云われ、菓子 (Confectionary)、ソース (Sauces)、肉汁 (Gravy) 或はスープ (Soup)、ベビーフード (Baby foods)、デザート (Desserts)、ビスケット (Biscuits)、パイ (Pies)、Cake fillings、サラダドレッシング (Salad dressings)、Mustard powderなどを製造する食品工業に主として利用されている。

キャッサバ澱粉或はその他食用面、工業面の利用、用途についても山田 (1976) が Holleman (1959) および Grace (1971) を引用或は要約して述べているのでその方を参考にされたい。

#### (4) キャッサバペレットの製造

家畜飼料用としてのペレット (Pellet) は前述した乾燥キャッサバチップから作られる。ランボン州の場合、まず工場に搬入されたチップをその品質によって分類し、その分類に従って No. 1 と No. 2 の Grade のペレットを作るが、搬入されたチップを粉碎混合するのが第一の工程である。次にそれに蒸気を吹き込み、軟化しその後一定の大きさの形に作られたシリンダーを通して圧縮成型し、冷却するとキャッサバペレットとなる。写真 21 はランボン州で製造した製品であり色が黒く、かなりの土砂がまざっているものと考えられる。

このようにその原料となるキャッサバ塊根の色、水分含量、外皮の剥皮混入率 (砂および土壌の混入が関係する) などによって製品の質が影響される。また青酸はチップにする過程で、即ち粉碎および蒸気の注入する過程で解毒されるため、青酸含量は飼料として問題にはならないとされている。

キャッサバをペレットにすることによる利点として次のことがあげられる。

- ① チップに比して 25%、その容量を圧縮減少しうる。これによって輸出のための輸送が容易となり、しかも貯蔵がチップより長期間可能である。
- ② 港湾における荷上げ、荷下し作業が機械化出来る。
- ③ 品質、水分含量、形が一定となり配合飼料製造にとって有利である。

インドネシア・ランボン州でも現在少なくとも 5 つ以上のペレット工場 (Pelletizing factory) が操業しており、これらの工場は大体西ドイツ製の機械を設置しており、中にはタイ製の機械を設置操業している工場もあるが、タイ製機械による製品は概して軟かく、もろいため、屑が多く製品としては望ましくない。

ペレット工場におけるペレット原料としてのチップの買入れ価格は工場或は時期によって変動するが、その価格はチップの質、例えば変質の程度、土砂の混合率、水分含量 (基準は 14%) などによっても異なる。

タイは近年ペレットの製造、輸出について急激な増加を示しておりヨーロッパへの輸出の大部分

を独占しているが、しかしその製品については問題が多いようであり、これらの問題については、前出山田がMathot ( 1974 )、およびManurung ( 1974 )の論文を要約しており、その製造上の問題が明らかにされている。タイ国内には西独Shipperの所有する工場とタイ人所有の工場があり、前者はEC内では“Brand”ペレット、後者は“Native”ペレットと呼ばれ区別されている。この点についても上記の論文はふれているが、著者の一人広瀬は最近(1976年9月)タイをおとずれUNICOOP・JAPAN (Bangkok Branch)の伊藤氏からキャッサバに関する資料を入手したが、それによると、BrandペレットとNativeペレットについてその特長と欠点を次のように記しているので引用する。

#### 「Brandペレットの特長」

1. 原料の精選をよく行なっている。従って土砂、異物の混入は少ない。
2. ペレットにする前に、スチームをかけている(これは最近止めた)。
3. ペレット製造機のdieが堅牢である(材質がよい)。
4. ペレットのくずれた粉末状タピオカを、ペレタイザーに戻してペレットに作り直す仕組となっている。つまり製品の中にミールが少ない。
5. ペレット押し製造の後で、十分冷却する設備を持っている。

以上の工程で出来上がったペレットは固くミールになり難い。又水分が少く、貯蔵に堪えるという長所がある。

#### 「Nativeペレットの欠点」

以上のBrandペレット工場と反対に

1. 原料の選別が粗末なばかりか、故意にwasteやcorn cob meal, rice branなどを混入する。
2. ローカル製のdieは材質不良で、すぐ磨耗し易い。従って、固いペレットが作れない。
3. ミール状のものをこれに戻す仕組がないからミール状の率が高い。
4. 冷却が不十分か、殆んどしない工場が多い。これらのためNative工場製品では、ペレットが弱く、くずれ易く、ミールが50%にも達するものがある。

又、水分も多く、かびが生える原因になる。材質の丈夫なdieは2,000トン及至3,000トン製造可能であるが、不良なdieは、3t/hとして500時間、即ち1,500トン程度しか使用出来ない。

水分、土砂、繊維の含有が多く、ミール状が多いのがNativeの共通の欠点である。従ってスターチ含有量も少くなっている。

船倉中の品質劣化、ケーキ化のリスクが大で荷役、運送中の重量欠減が多く、揚地で荷役するのに不便が増すという、いろいろの不利な点が多い。

現在タイのペレット工場数は82にものぼり、そのうち65工場がCholburi県にあり、次にRayon県に8工場あり、他はBangkok, Nakhonsawan県, Karnchanaburi県, Phetburi県, Suphanburi県およびSamutprakan県に1~3工場それぞれあるに過ぎない。このうちの

Brand pellets factoryのリストを第33表にあげた。

第33表 タイにおけるBrandペレット工場のリスト

会社名	所在地	設立年月日	ペレット製造装置 Pelletizer	Brand	Pelletizer の数	1日の生産
Peter Cremer Ltd.	Bang Prakong	1967	Buhler	VITAP	3	200 M/T
"	Poon Phiphat, Bangkok	1970	"	"	4	250
Krohn & Co.,	Bang Prakong	1968	Buhler	KROHWEN	4	250
"	United Flour Mill, Bangkok	1970	"	"	4	250
"	Chol Buri	1972/73	Local Made		8	300
Thai Bamrung Thai Ltd.	Bang Prakong	1968	Kahl	DARIO	7	350
Trakulkam Co.,	Bang Prakong	1971	California Pellet Machine	TKK	3	350
Tradax	Poon Phiphat, Bangkok	1973	Buhler	TRADAX	3	200
TOTAL					36	2,150M/T.

出所; UNICOOP JAPAN (Bangkok)

## 12. キャッサバ製品の流通と日本との関係

キャッサバの用途は色々あることはすでに述べたが、そのうちで最も有望なのは配合飼料としての利用である。現在のキャッサバチップおよびペレット（飼料用としての）の輸入国はアジアではシンガポール、台湾、韓国、マレーシア、香港および日本であり、ヨーロッパではオランダ、西独、ベルギー、フランスおよびスペインなどである。また主な輸出国はブラジル、ナイゼリア、タイおよびインドネシアなどである。

ヨーロッパ諸国の輸入量は1962年の約40万tonから1970年の140万ton（第34表）、

第34表 EECの乾燥キャッサバ製品輸入量（1000トン）

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
西 独	366	387	462	520	702	?	481	548	491
オランダ	1	5	17	76	96	?	237	444	502
ベルギー	23	72	105	100	70	?	127	212	268
フランス	23	20	18	17	16	?	?	?	35
イタリア	0	0	0	1	0	?	?	?	14
計	413	484	602	714	884		845	1,204	1,410

出所；International Trade Center GATT, Nestel (1973)より

更に1973年には190万tonに増加しているが、その理由はECが域内の穀類飼料価格を相当アップしたこと、旧宗主国が新独立国からの一次産品に対し輸入特恵（輸入税の減免など）を与えたのをきっかけとして東南アジア諸国にもこれに準ずる待遇が与えられたことなどが契機となった。

東南アジアの中ではタイの輸出がずばぬけて多く、ヨーロッパ総輸入量の3分の2近くを占めている（Harper 1973）。タイの最近の輸出実績を仕向国別に示したのが第35表に示したが、それによると1974年はペレットで182万トン、1975年が203万トンに達している。その仕向国はオランダが圧倒的に多い。

インドネシアでは約300万tonの生産量に対して約30万ton、約10%が輸出されているにすぎない。近年インドネシアでもキャッサバの輸出に意欲をもち始めタイとの協同歩調をとるために両国間に次の協議会を設けている。

Thailand-Indonesia Joint Coordinating Board of Maize and Tapioca Products

Marketing.（とうもろこし及びタピオカ生産物のマーケティングに関するタイ、インドネシア協同調整協議会）

そして1974年には次の事項についての協議が行なわれた。

第35表 タイのキャッサバ生産物の輸出数量(1973~1975)

仕 向 国	単位 Metric ton												
	1973			1974			1975						
	Meal	Pellets	Chips	Waste	Meal	Pellets	Chips	Waste	Meal	Pellets	Chips	Waste	Meal
Australia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Belgium	-	12,561	-	-	-	13,419	-	-	-	2,032	-	-	-
Canada	-	59	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
France	-	109,243	-	-	-	90,938	-	-	-	54,167	-	-	-
Italy	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-
Japan	-	4,178	3,405	995	-	36,272	2,966	-	-	41,526	110	-	-
Malaysia	-	259	-	64	-	2,251	-	276	-	-	296	80	-
Netherland	-	1,274,728	-	-	-	1,531,827	-	-	-	1,849,629	-	-	-
Penang	-	-	-	913	-	-	-	702	-	-	-	-	-
Portugal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,021	-	-	-
Singapore	-	6,534	1,246	407	-	855	5,327	31	-	405	3,315	-	-
Spain	-	5,376	-	-	-	4,444	-	-	-	-	-	-	-
S.Korea	-	1,020	-	-	-	15,192	66,648	-	-	3,733	55,511	-	-
Saudi Arabia	-	-	-	-	-	227	204	-	-	-	-	-	-
Taiwan	-	-	16,630	200	-	20,464	27,189	-	-	9,605	4,180	-	-
W.Germany	-	93,220	-	-	-	102,135	2,371	-	-	72,580	4,493	-	-
Others	-	1,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total :	-	1,508,199	21,281	2,479	-	1,818,024	104,705	1,009	-	2,035,748	67,907	80	-

出所 ; Board of Trade of Thailand Office of Commodity Standard.

① 品質の規準化, ② 取引契約の改善, ③ 船輸送に関する問題

ところで日本の飼料としてのキャッサバ製品の輸入量は約5万 tonにすぎなく、その大部分はタイから輸入されておりその他若干量をインドネシアから輸入している(第36表)。ヨーロッパで

第36表 日本のキャッサバ輸入量 (Metric ton)

期 間	タ イ	インドネシア	計
1974年(1~12月)	25,015.425	961.768	25,977.193
1975年(1~12月)	47,595.943	100.000	47,695.943
1976年(1~7月)	8,047.188	-	8,047.188

出所; 大蔵省, 通関実績より

は多量のキャッサバが飼料として使用されているが、日本がかように少量しか使用されていないことについて考えてみると色々の問題が横たわっていることがわかる。その主な点をあげてみると、

- ① 日本における澱粉産業(農家—企業), 例えばサツマイモ, ジャガイモなどの生産農家や輸入澱粉による製造業者と競合や調整の問題等
- ② 輸入の過程, 船積, 輸送, 荷下し, 大量貯蔵など
- ③ 防疫の問題
- ④ 飼料の形態
- ⑤ 品質, 栄養価, 配合方式, 青酸含量など
- ⑥ 供給量と安定性
- ⑦ その他未経験から発生する問題への危険問題

問題①については我々は全く不案内であるから、ここでは立入らないことにする。

問題②については、現地における港の施設, 積荷の能力, キャッサバの形態, 袋詰めかサイロ貯蔵など、いずれも価格に反映する。

問題③ではチップの形であれば病虫害が日本へ侵入する危険が多い。EC諸国でも輸入キャッサバの中に害虫を発見した例がある。ただし、それが定着蔓延する種類のものであるかどうか研究の必要がある。現地—船上—日本で簡単な消毒法があるかどうか問題であろう。これに対し、ペレットであれば、製造の途中で熱処理が加わるから消毒の効果があると思われるが、それだけで充分かどうか、今までチップの形で輸入していたヨーロッパ、特に西独はペレットの輸入に変わりつつあるといわれているが、消毒という点も考慮されているのかも知れない。勿論ペレット化により船腹が大きく節約できるというメリットがある。

船積みは現在袋詰めで行なわれているが現地にサイロができ、袋詰めが省略できれば経費はかなり軽減される。しかし現在の製品をみると粒は相当もろくて、こわれ易く、かなり粉状化するから、船からサイロへ荷おろしするとき粉がもれて空気中に舞上がれば港湾労働者の保健上問題になるおそれがあるといわれている。

一方日本では穀類の荷おろしは、船—サイロの機械化体系ができ上っており、ここに新たなチ

ップやペレットが加わった場合問題がないかどうか、特にチップの場合に検討を要するであろう。

問題③の防疫の問題はキャッサバがいわば新顔の輸入品であるから万全の対策をたてる必要があることはいうまでもないことで、侵入のおそれのある病虫害の調査が先ず必要である。また消毒を必要とするならば、キャッサバの形態、消毒の方法、薬剤の種類などの研究を必要としよう。

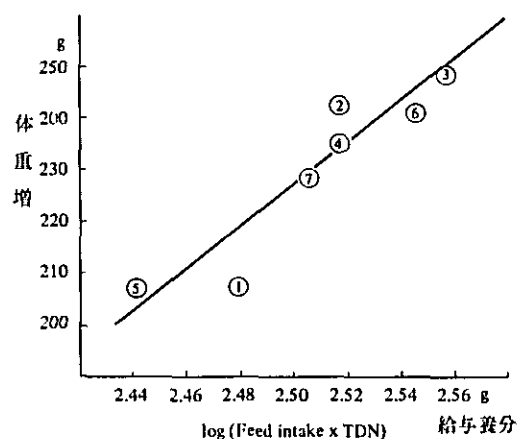
問題④はただ単に取り扱い上の問題に限らず、配合飼料商、農家などからみた希望もあるだろう。

問題⑤の品質の改良は進める必要がある。また品質ができるだけ均一で輸入時期などによって変わらないことが望ましいにちがいない。栄養という点からみればキャッサバは必しも良い飼料とは云えない。大部分が澱粉であって飼料として重要な蛋白質などが少ない、将来改良の余地がないわけではないが、差し当っては蛋白飼料との配合を必要とする。それは家畜の種類によっても異なるだろうが、西独では主として豚の飼料として使っているようである。

キャッサバといえば青酸といわれるほどその有毒性が心配されており、特に日本では食品公害にむすびつけて神経質になっている。青酸は勿論ないに越したことはないが一体どの位有害なのか、極く素朴な疑問は、ヨーロッパの豚には心配なく、食用に供用されているのであれば、何故日本の場合に心配しなければならないのだろうか。もっと検討してみてもどうだろうか。ここに一つのデータに基き検討してみよう。

資料によると (Yoshida, M. 1970, JARQ, Vol. 5, No. 4, 44-47), 鶏にキャッサバを与えた場合、青酸含量  $7.2 \text{ mg/Kg}$  の場合には有害で鶏の成長量が少なくなるといっている。しかし、原著のまとめ方に筆者らには理解しにくい点があるので、筆者ら流に解析すると次のようになる。

鶏 (他の動物も同じ) の成長量は成長日数が同じならば供給した TDN の総量の対数に比例する (未発表 — 野島)。そこで、その量をデーターから計算し、3週間後の成長量との相関をとって示すと第12図に示す如くなる。



第12図 ニワトリにおける給与養分と  
体重成長との関係

試験区の概略

1. SO-0	Soybean oil	0%
2. SO-5	" "	5%
3. SO-10	" "	10%
4. C-10 (青酸 3.6 ppm)	Cassava meal	10%
5. C-20 (青酸 7.2 ppm)	" "	20%
6. C-32 (Water soaked)	" "	32%
7. C-32 (Autoclaved)	" "	32%

注) 基準炭水化物は Yellow Corn, %は Yellow Corn と代替した割合を示す。

出所; Yoshida (1970)

観測値は多少乱れているが、仮定によって直線となるはずである。そうしてみると、C-20区（青酸7.2mg/Kg）はなるほど成長は少ないが、その理由は何らかの理由によって(1)飼料の摂取量が少しくなく、(2)平均的TDNが特に他の区より低かったために、(3)摂取量×TDNが小さくなったものである。このことだけからは、C-20区が青酸の害を受けたとは云えないと判断される。問題にするならば、むしろS0-0区であって、これは標準飼料の一つであり、摂取量×TDNがC-20区よりも多いにもかかわらず、成長量はC-20区と差がないという結果の方が問題だろう。筆者らは、これは実験誤差によって低くあらわれたのであって実際は、上の直線上にのるべきものと推察している。

以上の実験はただ一つの例にすぎない。まだ他にもあるかも知れない。要はキャッサバが青酸を含んでいるからといって徒らに神経質になる前に、青酸の有毒の程度、その限界、無毒化などについてももう少し確かなデータを集積しておく必要があるように感じられる。

問題(6)、すなわち日本の飼料の問題は各種の飼料の中で総合的に判断すべきであって、単にキャッサバだけを取上げて論ずるのは当を得ていないし、それはこの小冊子の取扱う範囲外の大問題である。だが今キャッサバを日本に輸入するとすれば、その供給の時期、量が安定しているかどうか問題となるであろう。

供給量は世界市場の中で動くので簡単には予測、推定しにくいものであるが、東南アジアに限って、かつキャッサバだけを見るならば、目下のところタイとインドネシアだけである。

タイは食糧（米）が自給以上であるからキャッサバの生産量の大部分を輸出することができる。インドネシアは生産量が多いが輸出量は余り多くはない。それは同国ではキャッサバは第3の主食で米、とうもろこしとともに栄養カロリーのかなりの部分を占めていることによる。従って、インドネシアからキャッサバを輸出するとすれば、同国人の食糧と競合することになるが、しかしこの国では食用（甘味種）と輸出用（苦味種）とははっきりと別かれており、全く競合がないとは云い切れないが余程の非常の場合でない限り問題にならないと判断される（1972年の旱魃年には輸出禁止になったが消費されず後になって農家売値は暴落した）。

一方インドネシアではキャッサバ栽培に適する土地は極めて広がっており生産のポテンシャルは極めて高い。輸出ということを考えるならば、栽培地は近くに輸出港をひかえていることが重要な点であるが、そうした地域に限っても相当なポテンシャルがあると推定される。ランボン州もその一つであって現在放置されている荒地40万haの4分の1が輸出用キャッサバ用に再開発されたとすればそれだけでも約30万ton（チップ）の輸出量が期待できる。尚近くに1万ton級の外航船が出入りできる港があるのも一つの強味である。では安定供給の点はどうであろうか。

ランボン州でみる限りキャッサバは畑作物の中では最も旱魃に強く作柄が安定している。次に決定的なダメージを与える病虫害がないことで、これも安定作の一つの重要因子である。収穫期は現在のパターンでは9月から12月頃までの約4カ月位であるが、他方タイでは11月頃から乾期に入るのので、両者をつなげればかなり連続して日本へ輸出することが可能と思われる。発展のしようによっては両国で数百万tonの対日輸出も不可能ではないかも知れない（現在約5万ton）。



次にキャッサバを日本が購入すれば、いわゆる片貿易の是正にも或程度役立つであろう。更に重要なことは農民に一層の仕事の機会を増すという効果が大きい。

一般に途上国は一次産品を先進国へ輸出しているわけであるが、現地に付加価値を与えるために少くとも半加工品にしてから輸出するようにすべきである、という主張があるが現実には仲々農村工業が発達しない現状において、或はキャッシュ・クロップとしてキャッサバの輸出は、現地農家のニーズも或程度みたす役割を果たすことができる。その理由として、

- ① 現在のところキャッサバはエステート向きではなく、労働集約的な小農に適している。
- ② 乾季作物としてすぐれており、これを収穫、切断（スライシング）、乾燥など仕事量が増加 — 労働収入の増加となる。
- ③ 多数の小農が作るチップ — これからペレットを作る — は品質がまちまちであるおそれがあるが、品質向上のための簡単な方法については一応目度立っているので将来品質の改良について期待できる。

なお多量に生産・輸出ということになれば収荷・輸送・マーケティングなど改良しなければならぬ問題も少なくない。

ただ1976年度は世界的にトウモロコシ、ソルガムなどの豊作が伝えられており、そのような状況下で、これら飼料原料が安定し、しかも若干ながら値下りしているのに反してキャッサバチップ、ペレットが余りその傾向が見られず、他の飼料原料との比較の上でどのような評価をキャッサバが受けるかが、今後の問題となろう。

### 13. 国際研究機関

キャッサバに関する研究はナイジェリアの Ibadan にある International Institute of Tropical Agriculture (IITA) とコロンビアの Cali にある Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) で行なわれており、これらはフォード、ロックフェラ、ケログなどの財団や先進諸国の財政援助を受けている。特にカナダ政府は International Development Research Centre (IDRC) を通して援助しており、IDRC は CIAT との関連においてキャッサバに関する文献のキーワード化した要約を作る作業を進めており、約 2000 の論文についてはすでに出来上っており、残りの約 1500 の論文の要約が進められている。

この点について更に情報を得たい人は CIAT の Dr. Fernando Monge に連絡すれば可能である。なお、IDRC は最近下記の印刷物を出版している。

IDRC-017f Durabilite naturelle et preservation de cent bois tropicaux africains, Yves Fortin et Jean Poliquin, 143 p., 1974.

IDRC-018f Education sexuelle en Afrique tropicale, 124 p., 1973.

IDRC-019s Administracion Universitaria: Aspectos Fundamentales sobre la Administracion Academica Universitaria, Henrique Tono T., 25 p., 1973.

IDRC-020e Cassava utilization and potential markets, Truman P. Phillips, 183 p., 1974.

IDRC-021e Nutritive value of triticale protein, Joseph H. Hulse and Evangeline M. Laing, 183 p., 1974.

IDRC-022e Consumer preference study in grain utilization, Maiduguri, Nigeria, Jean Steckle and Linda Ewanyk, 47 p., 1974.

IDRC-023e Directory of food science and technology in Southeast Asia, E.V. Araullo, compiler, 194 p., 1974.

IDRC-024e Triticale: proceedings of an international symposium, El Batan, Mexico, 1-3 October 1973, Reginald MacIntyre/Marilyn Campbell, ed., 250 p., 1974.

IDRC-025e,f,s AGRIS and the developing countries: recommendations of the FAO/IDRC meeting held in Rome, 26-28 September 1973; AGRIS et les pays en voie de developpement: recommandations de la reunion FAO/CRDI qui s'est tenue a Rome du 26 au 28 septembre 1973; AGRIS y los paises en desarrollo: recomendaciones de la reunion del FAO/CIID celebrada en Roma del 26 al 28 de Setiembre de 1973, 35 p., 1974.

IDRC-026e Food crop research for the semi-arid tropics: report of a workshop on the physiology and biochemistry of drought resistance and its application to breeding productive plant varieties, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, 22-24 March 1973, Michael Brandreth, 16 p., 1974.

IDRC-027e Technology policy study centres in Agrica: report on the IDRC/ECA meeting on the creation of centres for technology policy studies in Africa, Ile-Ife, Nigeria, 5-10 December 1973, 35 p., 1974.

IDRC-028e Rural water supply and sanitation in less-developed countries: a selected annotated bibliography, Anne U. White and Chris Seviour, 84 p., 1974.

IDRC-029e International Development Research Centre programs in agriculture, fisheries, forestry and food science: reviewed at a symposium, Ottawa, 12 September 1973, 55 p., 1974.

IDRC-030e,f Publications of the International Development Research Centre 1970-73/Publications du Centre de Recherches pour le Developpement International 1970-73, 24 p., 1974.

IDRC-031e Cassava processing and storage: processings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 17-19 April 1974, E.V. Araullo, Barry Nestel, and Marilyn Campbell, ed., 125 p., 1974.

IDRC-032e The first 200 projects, Claire Veinotte, ed., 38 p., 1974.

IDRC-032f Les premiers 200 projects, Claire Veinotte, ed., 39 p., 1974.

IDRC-034e Tsetse control: the role of pathogens, parasites, and predators: report of a scientific advisory group convened at the Memorial University of Newfoundland, St. John's, Canada, 25-29 March 1974, 22 p., 1974.

# 文 献 集

本書に引用したものの外，知り得た限りの多数の文献の所在を示して参考に供する。



1. Adriaens, M.L. 1942. *Bull. Agric. Congs Belge* 33 (2-3): 332-351.
2. Adrian, J., and F. Peyrot. 1971. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2 : 16.
3. Adriano, F.T., and L. Ynalvez. 1932. *Philipp. J. Agric.* 3 (2) : 105-109.
4. Affran, D.K. 1968. *Ghana Fmr.* 12 (4) : 172-178.
5. Akinrele, I.A., A.S. Cook, and R.A. Holgate. 1962. *Proc. 1st Int. Congress Fd. Technol. Lond.* p. 633-644.
6. Akinrele, I.A. 1965. *Fedl Inst. Ind. Res. Nigeria, Res. Rep. No. 33.*
7. Akinrele, I.A. 1964. *J. Sci. Fd. Agric.* 15 (10): 589-594.
8. Akinrele, I.A. 1967. *W.J. Biol. Appl. Chem.* 10 : 19.
9. Akinrele, I.A., M.I.O. Ero, and F.O. Olatunji. 1971. *Fed. Inst. Res. Tech. Mem. 26, Min. Industry, Lagos, Nigeria.*
10. Alberto, J. 1957. *Gazeta agric. Angola* 2 (1). 504-506.
11. Alberto, J. 1958. *Gazeta agric. Angola* 3 (3). 128-131.
12. Amaro, J.P., and Soares de Gouveia, J. 1957. *Lisbon; Minist. Ultramar, Junta de Investigacbes de Ultramar.* 169 pp. + 92 fig.
13. Andersen, P.P., and R.O. Diaz. 1973. *CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
14. Anon. 1943. *Dep. Agric. Ceylon Leaf. No. 202, Pd Prod. Leaf. No. 22.*
15. Anon. 1944. *Revue agric. Ile Maurica* 23 (3). 105-106.
16. Anon. 1950. *Bull. des Engrais*, 473.
17. Anon. 1952. *Tapioca Enquiry Committee. Govt. Travancore-Cochin India, Final Rep. Trivandrum,* 23 pp.
18. Anon. 1952. *Record of investigations, No. 3. 1st April 1950-31st March 1952. Dep. Agric. Uganda,* 92-93.
19. Anon. 1962. *Wealth of India. Raw Materials* 6, L-M, 293-297. *Coun. Sci. ind. Res., New Delhi.*
20. Anon. 1965. *Internal report, Trop. Prod. Inst.,* 4 pp.
21. Anon. 1966. *1966 Buyers Guide, Thailand; Board of Export Promotion.*
22. Anon. 1968. *The Federal Republic of Germany. The Netherlands and Belgium. Int. Trade Centre. UNCTAD-GATT, Geneva* viii + 94 pp.
23. Anon. 1968. *Ghana Academy of Sciences. Crops Research Institute, Annual Rep. 1963-64, p. 20., 1965, p. 109.*
24. Anon. 1970. *Min. Agric. Fish. Fd. Pest Infest. Control Lab., Entom. Dep. Circular No. 1970/25.*
25. Anon. 1970. *Agric. Statistics of Thailand for 1967, Min. of Agric., Bangkok.*
26. Anon. 1971. *Annual Rep. of Agric. Exp. for 1970, Dep. of Agric., Bangkok.*
27. Anon. 1971. *The Precious Root: Thailand's Tapioca Industry; Investor,* 3, 12.
28. Anonymous. 1971. *Annual Report, Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum, India.*
29. Anonymous. 1972. *Proyecto Mandioca, Relatório Semestral de Andamento e Avaliação de Pesquisas. Fed. Univ. Bahia, Salvadore, Brazil.*
30. Anonymous. 1972. *Rep. 3rd Meeting on Fortification of Mandioca Products, Rio de Janeiro, 13-16 March 1972. Min. Agric., Rio de Janeiro, Brazil.*
31. Anonymous. 1972. *Bol. Tec. do Centro de Tec. Agric. e Alimen. No. 1. Min. Agric., Rio de Janeiro, Brazil.*
32. Anonymous. 1973. *Production, Marketing and processing of tapioca in Thailand in the year 2514 (1971). Agric. Econ. Div., Min. Agric., Bangkok, Thailand.*
33. Armstrong, H.E., and E. Horton. 1910. *Studies on enzyme action. Part 13. Enzymes of the emulsion type. Proc. Roy. Soc.* 82B: 349-367.
34. Averre, C.W. 1967. *Proc. 2nd Int. Symp. Trop. Root Crops, Univ. West Indies, Trinidad.* p. 31.
35. Averre, C.W. 1970. *Reunión Lat-Amer. Fitotecnia, Bogotá, Colombia. (Mimeo.)*
36. Averre, C.W. 1971. *Noticiero Tuberosas, Bogota, (1),* 14.
37. Ayres, J.C. 1972. *Chap. VIII in Hendershott, C.H., et al. (1972) Literature review and research recommendations on cassava. AID Contract csd/2497. Univ. Georgia, Athens, Ga.*
38. Bailey, K.V. 1961. *Trop. Geogr. Med.* 13 : 234.
39. Bains, G.S., Bhatia, D.S., Subba Rao, G.N. and Subrahmanyam, V. 1954. *Bull. Cent. Fd Technol. Res. Inst. Mysore* 3 (7), 183-186.
40. Banks, W., R. Geddes, C.T. Greenwood, and I.G. Jones. 1972. *Staerke* 24 : 245
41. Baybay, D.S. 1922. *Phipp. Agric.* 10 (9), 423-440.
42. Berbee, F.M., J.G. Berbee, and A.C. Hildebrandt. 1973. *In Vitro* 8 : 421.
43. Bissett, F.H., R.C. Clapp, R.A. Coburn, M.G. Ettliger, and L. Long. 1969. *Phytochem.* 8: 2235-2247.
44. Bolhuis, G.G. 1954. *Netherl. J. Agric. Sci. No. 2 (3);* 176-185.
45. Boorsma, W.G. 1905. *Vergiftige cassava. Teysmannia* 17: 483-489.

46. Booth, R.H. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
47. Boshell, J. 1968. Annual Report (Appendix), Belem Virus Laboratory, Belem, Brazil.
48. Brannen, S.J. 1972. Chap. X in Handershott, C.H., et al. 1972. Literature review and research recommendations on cassava. AID Contract csd/2497. Univ. Georgia, Athens, Ga.
49. Brathwaite, C.W.D. 1972. Plant Dis. Rep. 56.
50. Broadbent, J.A. 1971. Paper, Seminar on grain storage in the humid Tropics, held by Ford Foundation, IRAT and IITA, Ibadan, Nigeria, 1971.
51. Bruijn, G.H. DE. 1971. Veeman and Zonen, Wageningen.
52. Burton, C.L. 1970. Trop. Agric., Trin. 47 (4). 303-313.
53. Butler, G.W. 1965. Phytochem. 4. 127-131.
54. Butler, G.W., P.F. Reay, and B.A. Tapper. 1973. In Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 65.
55. Buyckx, E.J. and Decelle, J. 1957. Pap., Meeting of specialists in stored food products, Salisbury, 1957. pp. 165-172. Sci. Coun. Africa S. of Sahara.
56. Carmody, A. 1900. Prussic acid in sweet cassava. The Lancet ii: 736-737.
57. Cedillo, V.G. 1952. Philipp. Agric. 35 (8). 434-440.
58. Cerighelli, R. 1955. Cultures tropicales. 1-Plantes vivrieres. Bailliere et Fils, Paris.
59. Chandha, T.R. 1958. J. Indian Soc. Soil Sci. 6. 55-63.
60. Chadha, Y.R. 1961. Trop. Sci. 3 (3), 101-113.
61. Chan Seak Khen. 1969. Tapioca Investigation at the Federal Exp. Sta. Serdan. West Malaysia.
62. Chant, S.R., J.G. Bateman, and D.C. Bates. 1971. Trop. Agric. 48, 263.
63. Charavanapavan, C. 1944. Trop. Agriculturalist 100, 164-168.
64. Chew, M.Y. 1970. Malay. Agric. J. 47, 483.
65. Chicco, C.F., A.A. Carnevali, T.A. Shultz, E. Shultz, and C.B. Ammerman. 1971. Association Latino-americana de Producción Animal Memoria. 6, 7.
66. Chicco, C.F., S.T. Garbati, B. Müller-Haye, and H. Vecchionacce. 1972. Agron. Trop. (Maracay) 22. 599.
67. Chye, K.O., and W.Y. Loh. 1971. Agric. Econ. Bull. 1. 1. Fed. Agric. Marketing Authority, Kuala Lumpur, Malaysia.
68. Clark, A. 1936. J. Trop. Med. Hyg. 39. 369-376; 285-295.
69. Clarke, C., and M.R. Haswell. 1964. The economics of subsistence agriculture. MacMillan, London.
70. Clerk, C.C. and Caurie, M. 1968. Trop. Sci. 10 (3). 149-154.
71. Cock, J.M. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
72. Collard, P., and S.S. Levi. 1959. Nature (Lond.) 183. 620-621.
73. Collard, P. 1963. J. Appl. Bact. 26 (2). 115-116.
74. Collens, A.E. 1915. Bull. Agric. Trin. Tob. 14 (2). 54-57.
75. Conn, E.E. 1973. In Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 55.
76. Cornes, M.A. 1965. Ann. Rep. Fedl. Min. Tr. Niger. Stored Prod. Res. Inst. 1964. 1965. pp. 96-119. Tech. Rep. No. 19.
77. Cotterel, G.S. 1952. Bull. ent. Res. 43 (1). 145-152.
78. Council of Scientific and Industrial Research, India. 1967. Wealth of India; raw materials. New Delhi: CSIR, 6. 293-297.
79. Cours, G. 1952. 1953. Rech. Agron. Madagascar 1. 52 and 2. 78-88.
80. Cours, G. and Fritz, J. 1961. Le Manioc, Bull. Madagascar. 11. 178.
81. Coursey, D.G. and Haynes, P.H. 1970. Wld crops 22 (4). 261-265.
82. Coursey, D.G. 1971. Biodeterioration of materials, 2. part II. pp. 464-471. Eds: Walters, A.H. and Rueck-Vanderplas, E.H./London: Appl. Sci. Publ. Ltd.
83. Coursey, D.G. 1973. In Nestel, B.L., R. MacIntyre [ed.] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 27.
84. Coursey, D.G., and P.H. Haynes. 1970. World Crops July/Aug.: 261.
85. Cuervo Gomez, P.L. 1973. Univ. Valle, Cali, Colombia (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
86. Czyhrinciw, N., and W. Jaffe. 1951. Arch. Venez. Nutr. 2 : 49.
87. Czyhrinciw, N.W. 1969. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 5 : 108.
88. DA Silva, J.R., and E.S. Freire. 1968. Bragantia 27 : 291.
89. Davies, J.C. 1962. Storage of agricultural prod. Dep. Agric. Uganda, 31 pp.
90. David J. Rogers and S.G. Appan. 1971. Wld. Farming, 13, 7, p. 14, 16, 22.
91. Dean, L.A. 1937. Rep. of Hawaii Agric. Exp. Sta., p. 49.
92. De Bruijn, G.H. 1975. In Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 43.

93. De Gens, J.G. 1967. Fertilizer Guide for Trop. and Subtrop. Farming, Centre d'Etude de l'A Qute, Zurich.
94. Dempsey, A.H. 1971. Chap. II. in Hendershott, C.H., et al 1972. AID Contract csd/2497. Univ. Georgia, Athens, Ga.
95. Dendy, D.A.V., P.A. Clark, and A.W. James. 1970. Trop. Sci. 12 : 131.
96. Dendy, D.A.V., A.W. James, and P.A. Clarke. 1972. Rep. G71, Trop. Prod. Inst., London.
97. Dent, F.J. 1969. Min. of Nat. Develop. Bangkok. Rep. No. SSR-76. 1969.
98. Diaz, R.O. 1973. Descripción agroeconómica del process de cultivas yuca en Colombia. CIAT, Cali, Colombia. (Mimeo.)
99. Dina, J.A., and I.A. Akinrele. 1970. Fed. Inst. Indust. Res., Lagos, Nigeria.
100. Doku, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Ghana Univ. Press, 44 pp.
101. Dole, Gertrude E. 1956. *In* A.F.C. Wallace [ed.] Men and Cultures. Univ. of Pennsylvania Press, Philadelphia.
102. Doll, J., and W. Piedrahita. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
103. Doop, den J.E.A. 1937. De Bergecultures, 11 (9), 264-278.
104. Dovlo, F.E. 1972. Cassava and cassava products conference, 24/25 March 1972. Univ. Ghana, Legon, Ghana.
105. Dulong, R. 1971. L'Agron. Trop. 8 : 791.
106. Echandi, M.O. 1952. Turrialba 12 : 166.
107. Eggum, B.O. 1970. Brit. J. Nutr. 24 : 761.
108. Ekandem, M.J. 1965. Cassava in Nigeria. Part 2: Northern Nigeria. Memo. No. 87, Fedl. Dept. Agric. Res., Ibadan, Nigeria.
109. Ekandem, M.J. 1961. Memo. 29, Fed. Dept. Agric. Res., Nigeria.
110. Ekpechi, O.L. 1973. *In* Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 139.
111. Enriquez, F.Q., and E. Ross. 1972. Poult. Sci. 51 : 228.
112. Enyi, B.A.C. 1970. Beitr. Trop. Subtrop. Landwirt. Landwirt. Tropenvet-Med. 8 : 71.
113. Enyi, B.A.C. 1972. East Afr. Agric. For. J. 38 : 23.
114. Enyi, B.A.C. 1972. East Afr. Agric. For. J. 38 : 27.
115. Enyi, B.A.C. 1972. J. Hort. Sci. 47 : 457.
116. Enyi, B.A.C. 1973. J. Agric. Sci. 81 : 15.
117. Enyi, B.A.C. 1973. Fac. Agric. Univ. Pap and New Guinea. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
118. Ermans, A.M., M. van der Velden, J. Kinthaert, and F. Delange. 1973. *In* Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 153.
119. Esquivel, T.F., and N. Maravalhas. 1973. J. Agr. Food Chem. 21 : 321.
120. Etorma, S.B. 1936. Philipp. J. Agric. 7 (4). 409-412.
121. Evans, R.B., and O.B. Wurzburg. 1967. *In* Whistler, R.L. et al. [ed.] Starch chemistry and technology. Vol. 2. Academic Press, New York, p. 253.
122. Ewell, E.E., and H.W. Wiley. 1893. J. Amer. Chem. Soc. 15 : 78-82.
123. FAO, Food Composition Tables for International use, Nutr. Stud. No. 11, Rome 1954.
124. Farnden, K.J.F., M.A. Rosen, and D.R. Liljegren. 1973. Phytochemistry 12 : 2673.
125. Flaws, L.J., and E.R. Palmer. 1968. Rep. G34, Trop. Prod. Inst., London.
126. Francis, E. 1878. The Analyst 2: 4-7.
127. Foo, L.C., and M.Y. Chew. 1972. Malay. Agric. J. 48 : 347.
128. Forno, A.A., C.J. Asher, D.G. Edwards, and J.P. Evenson. 1973. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
129. Forsyth, J. 1966. Agricultural insects of Ghana. Ghana Univ. Press, 163 pp.
130. Ganguly, B., S.P. Raychandhuri, and B.C. Sharma. 1970. Curr. Sci. 39 : 191.
131. Garcia, B.J., and A. Montaldo. 1971. Agron. Trop. (Maracay) 21 : 25.
132. Golato, C. 1971. Riv. Agric. Subtrop. Trop. 65 : 281.
133. Godfrey-Sam. Aggrey, W. 1973. Fac. Agric., Njala, Sierra Leone. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
134. Grace, M. 1971. Agric. Serv. Bull. 8. FAO, Rome.
135. Gray, W.D., and M.O. Abou-El-Seoud. 1966. Econ. Bot. 20 : 251.
136. Greenstreet, V.R. and Lambourne, J. 1933. Tapioca in Malaya. Dep. Agric. Str. Settle. Fed. Malaya States. Gen. Ser., No. 13, pp. 76.
137. Guimaraes, M.L., and M.S. Cresta de Barros. 1972. Bol. Tec. Div. Tecnol. Agr. Aliment. (Brazil) 4 : 4.
138. Gurnah, A.M. 1973. Univ. Nairobi, Kenya. (Third Int. Sym. Trop. Root Crops paper.)
139. Hall, D.W. 1955. Report on food storage in East Africa. Colon. Off. Rep. ii + 47 pp.

140. Halliday, D., Quershi, A.H. and Broadbent, J.A. 1967. Ann. Rep. Nigerian stored prod. Res. Inst. 1967. pp. 131–141. Tech. Rep. No. 16.
141. Hamid, K., and S. Jalaludin. 1972. Malay. Agric. Res. 1: 48.
142. Harper, R.S. 1973. Wild crops, 25: 94–97.
143. Hechero, L. 1957. Philipp. J. Agric. 22 (1–4). 81–88.
144. Henain, A.E., and H.M. Cenoz. 1969. Bibliography on Cassava. Fac. Agron. and Vet., Univ. Nac. Nordeste, Corrientes, Argentina.
145. Hendershott, C.H., et al. 1972. Literature review and research recommendations on cassava. AID Contract csd/2497. Univ. Georgia Athens, Ga.
146. Herry, O., and A.F. Boutron–Charland. 1836. Mem. Acad. Med., Paris 5: 212–220.
147. Hermann, L.S. 1968. Bibliografia da Mandioca. Bol. 182. Inst. Agronom., Campinas, S. Paulo, Brazil.
148. Hew, V.F., and R.I. Hutagalung. 1972. Malay. Agric. Res. 1: 124.
149. Hiranandani, G.J. and Advani, K.H. 1955. Directorate of Marketing and Inspection. Min. Fd. Agric., India Mktg. Series No. 88, 72 pp.
150. Hoffman, A.S. 1973. Centro Reg. de Invest. Agropec., Peru. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
151. Holleman L.W.J. and A. Aten. 1956. Agric. Dev. Pap. No. 54, FAO, p. 115.
152. Hosency, R.C., K.F. Finney, Y. Pomeranz, and M.D. Shogren. 1971. Cer. Chem. 48 : 191.
153. Hrishy, N., and J.S. Jos. 1973. CTCRI, Kerala, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
154. Imam, M.M. 1972. Ghana J. Sci. 12 : 19.
155. Indian Standards Institution. 1959. Specification for tapioca flour for animal feed, IS: 1510–1959; specification for tapioca chips for animal feed, IS: 1509–1959. Indian Standards Institution, New Delhi.
156. Indira, P., and T. Kurian. 1973. CTCRI, Kerala, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
157. Indira, P., and S.K. Sinha. 1970. Ind. J. Plant Physiol. 13 : 24.
158. Ingram, J.S. 1969. Rep. G51, Trop. Prod. Inst., London.
159. Ingram, J.S. 1972. Rep. G72, Trop. Prod. Inst., London.
160. Ingram, J.S., and J.R.O. Humphries. 1972. Trop. Sci. 14 : 131–148.
161. International Institute for Trop. Agric. (IITA). 1972. Proc. IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, Dec. 1972, IITA, Ibadan.
162. International Trade Center. 1968. The markets for manioc as a raw material for compound animal feed. UNCTAD/GATT, Geneva.
163. Jacob, A. and H. von Uexkull. 1958. Nutrition and Manuring of Tropical Crop "Fertilizer Use" Verlags-gesellschaft für Ackerbau mbH. Hannover.
164. Jalaludin, S., and S.Y. Oh. 1972. Malay. Agric. Res. 1: 77.
165. Joachim, A.W.R., and D.G. Pandittesekere. 1944. Trop. Agriculturalist 100 : 150–163.
166. Johnston, B.F. 1958. The staple food economics of western tropical africa, pp. 25. 251. California, Stanford Univ. Press.
167. Jones, W.O. 1959. Manioc in Africa, pp. 106, 108, 113. California Stanford Univ. Press.
168. Juarez, G. 1955. Bull. 58. Est. Exp. Agric., La Molina, Lima, Peru.
169. Kartha, K.K., O.L. Gamburg, F. Constabel, and J.P. Skyluk. 1974. Plant Sci. Letters 2 : 107.
170. 川上幸次郎, 小野由紀。1971. 熱帯農業 13 (3)
171. Kerr, A.J. 1941. E. Afr. Agric. J. 7 (2). 75–76.
172. Ketiku, A.O., and V.A. Oyenuga. 1970. Niger. J. Sci. 4 (1). 25–30.
173. Ketiku, A.O., and V.A. Oyenuga. 1972. J. Food Agric. 23 : 1451.
174. Kim, J.C. and D. de Ruiter. 1968. Food Technol. 22 : 867.
175. Koah, L. 1933. Cassaveselectie. Veenman and Zonen, Wageningen.
176. Krochmal, A., and G. Samuels. 1970. Ceiba 16 : 35.
177. Kitajima, E.W., and A.S. Costa. 1973. Inst. Agron., Campinas, Brazil. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
178. Krochmal, A. 1973. North Carolina State. Univ., USA (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
179. Kuppuswamy, S. 1961. Fd. Sci. 11 (2). 99–100.
180. Lagendijk, J., and J. Pennings. 1970. Cer. Sci. Today 15 : 354.
181. Lathrap, D.W. 1973. Univ. Illinois, USA. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
182. Leatherdale, D. 1973. Cassava Thesaurus. CIAT, Cali, Colombia.
183. Lee, T.K.C., and R.I. Hutagalung. 1972. Malay. Agric. Res. 1 : 38.
184. Leslie, S. Copley. 1956. An Introduction to the Botany of Trop. Crops Longman Ltd.
185. Lozano, J.C., and R.H. Booth. 1974. Pans 20 (1). 30.
186. Magoon, M.L. 1967. Proc. 1st Int. Symp. Trop. Root Crops 1 : 100. Univ. West Indies. 1970. Proc. 2nd Int. Symp. Trop. Root Crops 1 : 58. Univ. Hawaii.



187. Magoon, M.L., J.S. Jos, K.N. Vasudevan, and S.G. Nair. 1969. *Genetica Iberica* 21 : 27.
188. Magoon, M.L., and R. Krishnan. 1973. *Ind. Grass and Fodder Res. Inst. Jhansi, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
189. Mahendranathan, T. 1971. *Malay. Agric. J.* 48 : 77.
190. Majumder, S.K. 1955. *Bull. Cent. Fd. Technol. Res. Inst. Mysore* 4 (6). 164.
191. Majumder, S.K., S.Y. Pingale, M. Swaminathan, and V. Subrahmanyam. 1956. *Bull. Cent. Fd. Technol. Res. Inst. Mysore* 5 (5). 108-109.
192. Malavolta, E., E.A. Graner and T. Coury. 1955. *Plant Physiol.* 30. 80-82.
193. Maner, J.H. 1972. Seminar on swine production in Latin America. Sept. 1972, CIAT, Cali, Colombia.
194. Maner, J.H. 1972. Feeding swine with rations based on cassava. Document prepared by Centro Int. de Agri. Trop. (CIAT).
195. Maner, J.H. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
196. Maner, J.H., and G. Gomez. 1973. *In Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e, p. 113.*
197. Martin, F.M. 1970. *Proc. 2nd Int. Symp. Trop. Root Crops* 1 : 53. Univ. Hawaii.
198. Mathot, P.J. 1972. Production and export control in Thailand and marketing in Europe of tapioca pellets. Thai Tapioca Trad Association, Bangkok, Thailand.
199. Maust, L.E., W.G. Pond, and M.L. Scott. 1972. *J. Anim. Sci.* 35 : 953.
200. Mayne, W.W. 1943. *Pls' Chron.* 38 (13). 350-355.
201. Miche, C. 1971. Root and Tuber Crops in West Africa Seminar. 22-26. Feb. 1971, IITA, Ibadan, Nigeria.
202. 三浦肆次楼 1968. 改訂熱帯作物, アヅミ書房.
203. Mogilner, I., A.J.D. Portuñez, A.D. Gotuzzo, and J.A. Acosta. 1967. *Bonplandia* 2 : 137.
204. Monge, F. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
205. Montaldo, A. 1967. *Bibliografía de Raíces y Tubérculos Trop.*, Univ. Cent. de Venezuela, Maracay.
206. Montaldo, A. 1973. *Trop. Sci.* 15 : 39.
207. Montgomery, R.D. 1969. *In I.E. Liener [ed.] Toxic Constituents of plant foodstuffs.* Academic Press, New York.
208. Mors, W.B. 1972. *Bol. Tec. Cent. Technol. Agric. Aliment. Rio de Janeiro* 1 : 12.
209. Mosha, A. 1972. *Mandioca Fort. Conf.* 13-15. March 1972, Rio de Janeiro.
210. Mota, T.P. 1970. *Agron. Mocamb.* 4 : 21.
211. Müller, Z., K.C. Chou, and B.S. Choo. 1971. *Rep. Nut (Pou) R871*, FAO, Singapore.
212. Müller, Z., K.C. Chou, K.C. Nah, and T.K. Tan. 1972. *Rep. Nut (Pigs) R672*, FAO, Singapore.
213. Nagarajan, V., R.V. Bhat, and P.G. Tupule. 1973. *Environ. Phys. Biochem.* 3 : 13.
214. 長戸公 1970. *熱帯農業* 14 (1). 27-40.
215. 中尾佐助 1966. *栽培植物と農耕の起源*, 岩波新書.
216. Narasimhan, V., and G. Arjunan. 1973. *Tapioca Res. Sta., Salem, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
217. Nartey, F. 1968. *Phytochem.* 7 : 1307-1312.
218. Nartey, F. 1973. *In Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e, p. 73.*
219. Natarajan, R., and P. Rengasamy. 1973. *Tapioca Res. Sta., Salem, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
220. Natarajan, R., and G. Vijayakumar. 1973. *Tapioca Res. Sta., Salem, India. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
221. Nemoto, Y. 1940. *Rev. Aliment. Chim. Indust.* 4 (33). 5-7.
222. Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. *Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e, 162 p.*
223. 熱帯作物耕種便覧 1976. 熱帯農研集報 No. 28.
224. Nicol, B.M. 1952. *Brit. J. Nutr.* 6 : 1.
225. 日本熱帯農業会 1958. *熱帯農業*, 東京.
226. Nijholt, J.A. 1932. *Landbouw. Buitenz* 7. 871-895.
227. Normanha, E.S., and A.S. Pereira. 1963. *O Agronomics, Sao Paulo Brazil* 15 (9). 9-35.
228. Normanha, E.S. and A.S. Pereira. 1964. *Cultura da mandioca. Boletim Instituts Agronomica, Campinas, No. 124, p. 29.*
229. Normanha, E.S. 1965. *Ciencia a Cultura* 17 (2). 197.
230. Normanha, E.S. 1969. *Coopercotica* 26 (234). 24-25.
231. Normanha, E.S. 1970. *Proc. 2nd Int. Symp. Trop. Root Crops* 1 : 61. Univ. Hawaii.
232. Nyiira, Z.N. 1973. *Rep. on studiés on M. Tanajoa. Min. Agric. Kampala, Uganda.*
233. Obigbesan, G.O., and A.A. Agboola. 1973. *Univ. Ibadan, Nigeria. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
234. 岡啓 1974. *農業技術* 29 (12). 18-21.

235. Oke, O.L. 1968. *Wld. Rev. Nutr. Diet* 9. 227–250.
236. Oke, O.L. 1969. *Wld. Rev. Nutr. Diet* 11. 170–198.
237. Oke, O.L. 1973. *In* Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. *Int. Develop. Res. Centre IDRC–010e*. p. 97.
238. Okigbo, B.N. 1973. IITA, Ibadan, Nigeria. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
239. Onochie, B.E., and G.A. Makajuola. 1973. Univ. Ife, Ile-Ife, Nigeria. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
240. Osuntokun, B.O., G.L. Monekosso, and J. Wilson, 1969. *Rep. of a field survey. Er. med. J.* 1 : 1st March, pp. 547–550.
241. Osuntokun, B.O. 1972. *Plant Foods Human Nutr.* 2 : 215–266.
242. Osuntokun, B.O. 1973. *In* Nestel, B.L., and R. MacIntyre [ed.] 1973. *Int. Develop. Res. Centre IDRC–010e*. p. 127.
243. Oyenuga, V.A., and L.K. Opeke. 1957. *W. Afr. J. Biol. Chem.* 1 : 3.
244. Pacheco, J.A. de C. 1952. *Bragantia*, 12 (7/8). 297.
245. Pacheco, J.A. de C. 1954. *Bragantia*, 13 (6). 15–16.
246. Park, Y.K., and D.C. Lima. 1973. *J. Food Sci.* 38 : 358.
247. Pattinson, I. 1968. Crop storage problems. *Rep. to the Government of Tanzania, UN Dev. Prog. Rep.*, FAO NO. T.A. 2454. 74 pp.
248. Paula, R.D. de G., and J. Rangel. 1939. *Rev. Alimentar. (Rio de Janeiro)* 3 (29). 215–217.
249. Pereira, A.S. and M.G. Pinto. 1962. *Bragantia* 21. 145–150.
250. Perten, H. 1970. Composite flour program. *Doc. Package No. 1, FAO Rome*.
251. Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. *Int. Develop. Res. Centre IDRC–020e*. 182 p.
252. Pingale, S.V., M. Muthu, and M.V. Sharangapani. 1956. *Bull. Cent. Fd. Technol. Res. Inst., Mysore* 5 (6). 134–136.
253. Pramnik, A. 1971. *The Planter*, 74 : 543.
254. Pringle, W., A. Williams, and J.H. Hulse. 1969. *Cer. Sci. Today* 14 : 114.
255. Production Development Bureau, Agricultural Extension Service, Lampung, Indonesia, 1973. The report of cassava survey in Kabupaten Central Lampung.
256. Pynaert, L. 1951. *Le manioc. Ministere des Colonies, Bruxelles*.
257. Rachmat Warganda, 1972. Standardization and Grading of rice, maize and Tapioca, The program of Palawija Workshop, Brawijaya Univ. Agro-Economic Survey Report.
258. Raeburn, J.R., R.K. Kerham, and J.W.Y. Higgs, 1950. Report on a survey on problems of mechanization of native agriculture in Tropical African Colonies. H.M.S.O., London.
259. Rankine, L.B., and M.H. Houng. 1971. *Dep. Agric. Econ., Oce. Series 6, Univ. West Indies, Trinidad*.
260. Rao, H.A.G. 1951. *Mysore Agric. J.* 27 (3). 57–69.
261. Rao, N.G. 1963. *Fd Sci.* 12 (1). 40–42.
262. Rasper, V. 1969. *J. Sci. Food Agric.* 20 : 165.
263. Rasper, V. 1969. *J. Sci. Food Agric.* 20 : 642.
264. Rasper, V. 1971. *J. Sci. Food Agric.* 22 : 572.
265. Rasper, V., H.M. Mak, and J.M. de Man. 1972. Production and Marketing of Composite Flours Meeting, 23–27 Oct. 1972. Bogota Colombia.
266. Rawnseley, J. 1969. Crop storage. *Tech. Rep., FAO, Fd Res. Dev. Unit, Acara, Ghana No. 1, 89 pp*.
267. Raymond, W.D., W. Jojo, and Z. Nicodemus. 1941. *E. Afr. Agric. J.* 6. 154–159.
268. Razafimahery, R. 1953. *Bull. Acad. Malgache (Ser. Nouvell)* 31–32 : 4–77.
269. Renvoize, B.S. 1972. *Econ. Bot.* 26 : 352.
270. Rogers, D.J. 1959. *Econ. Bot.* 13 : 261.
271. Rogers, D.J. 1963. *Bull. Torrey Bot. Club* 90. 43–54.
272. Rogers, D.J., and S.G. Appan. 1973. *Flora Neotropica Mono.* 13. Hafnes Press, New York.
273. Rogers, D.J. and H.S. Fleming. 1973. *Econ. Bot.* 27 : 1.
274. Rosenthal, F.R.T., C.M. Barbosa, A.P. Mello, and S.M.O. Silva. 1972. *An. Acad. Bras. Cienc.* 44 : 55.
275. Ross, E., and F.Q. Enriquez. 1969. *Poult. Sci.* 47 : 846.
276. Rosseto, C.J., A.F.S. Veiga Leas, A.S. Pereira, and A. Normanha. 1973. *Inst. Agronom., Campinas, Brazil. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)*
277. Sadik, S. 1973. IITA, Ibadan, Nigeria. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
278. 佐々木喬, 高見之元, 桜井次雄 1959. *熱帯農業* 2 (3). 124–126.
279. 佐々木喬 1970. *熱帯農業* 13 (3). 143–145.
280. Schery, R.W. 1947. *Econ. Bot.* 1 (1). 20–25.
281. Schmidt, N.C., and A.S. Pereira. 1968. *Bragantia* 27 : 249.

282. Schwerin, K.H. 1971. Pap. presented to 1971 Annual Meeting of the American Anthropological Association.
283. Serck-Hanssen, A. 1970. Arch. Environ. Health 20 : 729.
284. Serres, H. 1969. Rev. Elev. Vét. Pays Trop. 22 : 529.
285. Serres, H., and J.P. Tillon, 1972. Rev. Elev. Vét Pays Trop. 25 : 455.
286. Shank, R.C., G.N. Wogan, J.B. Gibson, and A. Nondasute, 1972. Food Cosmet. Toxicol. 10 : 61.
287. Shanker, A.M. 1970. Problems of insect infestation on tapioca exported from Malaysia Circ. Minist. of Agric. Fish. Fdi, Pest Infest. Control Lab., ent. Dep., No. 15. 1970, i + 26 pp.
288. Shultz, E., T.A. Shultz and C.F. Chicco. 1970. Agron. Trop. (Maracay) 20 : 421.
289. Shultz, T.A., C.F. Chicco, E. Shultz, and A.A. Carnevali. 1970. Agron. Trop. (Maracay) 20 : 185.
290. Shultz, T.A., E. Shultz, and C.F. Chicco. 1972. J. Anim. Sci. 35 : 865.
291. Singh, K.K., and P.B. Mathur. 1953. Bull. Cent. Food Technol. Res. Inst. Mysore, 2 : 181.
292. Sinha, S.K. and T.V.R. Nair. 1968. Indian J. Agric. Sci. 38. 958-963.
293. Sinha, S.K. and T.V.R. Nair. 1971. Indian J. Gen. Plant Breeding 31 : 16.
294. Smith, B.C.G. 1970. E. Afr. Agric. For. J. 35 : 319.
295. Sosrosoedirdjo R.S. 1970. Ketela Pohon, C.V. Yasaguna, Jakarta.
296. Srivasta, H.C., and M.M. Patel. 1973. Die Starke 25. 17.
297. Stanton, W.R., and A. Wallbridge. 1969. Process Biochem. 4 (4), 45.
298. Strasser, J., J.A. Abbott, and R.F. Battey. 1970. Food Eng. 42 (5), 112.
299. Sturtevant, W.C. 1969. In P.J. Ucko and G.W. Dimbleby [ed.] The Domestication and exploitation of plants and animals. Duckworth, London.
300. Subramanyam, H., and P.B. Mathur, 1956. Bull. Cent. Fd technol. Res. Inst. Mysore 5 (5). 110-111.
301. Teixeira, C.G. 1950. Bragantia 10 : 277.
302. Tejada De Hernandez, I., and S. Brambila. 1969. Técnica Pecuaria en México 12-13 : 5-11.
303. Teleni, E. 1972. Fiji Agric. J. 34 : 81.
304. Toury, J., and R. Giorgi, 1966. Ann. Nutr. Alimentation 20 : 111.
305. Tracy, S.M. 1903. Cassava, Fmrs' Bull., No. 167. US Dep. Agric.
306. Turnock, B.J.W. 1937. J. Trop. Med. Hyg. 40 (6). 65-66.
307. Valikaya, E.I., and Nguen Din Thyong. 1971. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved Pishch. Tekhnol. 3 : 57.
308. Vijaya, M.R., and R.S. Aiyer. 1969. Agric. Res. J. Kerala 7 : 84.
309. Vignoli, L., and B. Cristau. 1950. Le gari. Cah. Coloniaux (Ser. Nouvelle) 8. 303-310.
310. Vitti, P. 1968. Bolm. Cent. Trop. Resq. technol., Aliment., (6). 26-33.
311. Vogt, H. and Penner, W. 1963. Arch f. Geflugelkunde, 27. 431-460.
312. Vogt, H. and K. Stute. 1963. Arch f. Geflugelkunde, 27. 473-482.
313. Vogt, H. and K. Stute. 1964. Arch f. Geflugelkunde, 28. 342-358.
314. 輪田潔 1967. 熱帯農業 10 (3). 171-186.
315. Wahby, O., and S.G. Eriksen. 1969. Tapioca industry in West Malaysia. Food Technol. and Res. Centre, Serdang, Malaysia.
316. Wargion H.J. 1974. Ubikayu dan Cara Bercocek Tanamnya, LP<sub>3</sub>, Bogor.
317. Wholey, D.W., and J.H. Cock. 1973. CIAT, Cali, Colombia. (Third Int. Symp. Trop. Root Crops paper.)
318. Williams, C.N. 1971. Exp. Agric. 7 : 49.
319. Williams, C.N. 1972. Exp. Agric. 8 : 15.
320. Williams, C.N., J. Benny, and B.H. Webb. 1969. Trop. Agric. (Trin.) 46 : 47.
321. Williams, C.N., and S.M. Ghazali. 1969. Exp. Agric. 5 : 183.
322. Wills, J.B. 1962. Root Crops: Cassava. Agric. and land use in Ghana, pp. 374, 397. Oxford Uni. Press.
323. Winton, A.L., and K.B. Winton. 1935. The structure and composition of foods. Vol. II. Wiley & Sons, New York.
324. Wong, P.W. 1969. A selective pre-emergent herbicide for cash crops, paper presented to the Malaysian crop diversification conference. Kuala Lumpur.
325. Wood, T. 1965. W. Afr. Pharm. 7 (1), 2-4.
326. Wood, T. 1965. J. Sci. Fd. Agric. 16 (6). 300-305.
327. Wood, T. 1966. J. Sci. Fd. Agric. 17 (1). 85-90.
328. 山田登 1975. 熱帯農研集報 No. 26. 13-24.
329. 山口尚夫 1964. 熱帯農業 7 (3). 126-131.
330. 山口誠 1965. 熱帯農業 8 (2). 81-87.
331. Yoshida, M. 1970. JARQ, Vol. 5 (4). 44-47.
332. Yong, C.W. 1970. Malay. Agric. J. 47 : 483.
333. Young, N., T.S. DeBuckel, H. Castel Blanco, D. Rocha, and G. Velez. 1971. Conservación de yuca fresca. Rep. Inst. Invest. Tecnol., Bogota, Colombia.
334. Zitnak, A. 1973. In Nestel, B.L., and MacIntyre [ed.] Int. Develop. Res. Centre IDRC-010e. p. 89.

追 加

335. 佐藤孝 1976. キャッサバの栽培法；主としてインドネシアについて，キャッサバの開発マニュアル，海外農林開発協力センター。
336. 山田宗孝 1976. キャッサバの用途と加工，キャッサバの開発マニュアル，海外農林開発協力センター。

