

## 鹿児島県におけるキャッサバ3系統の生育および草型並びに収量の比較

箕田佐友里<sup>1</sup>・遠城道雄<sup>2\*</sup>・朴 炳宰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>鹿児島大学大学院農学研究科 〒890-0065 鹿児島市郡元

<sup>2</sup>鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

### Comparison of Three Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Strains with the Growth, Plant Type and Yield in Kagoshima Prefecture, Japan

Sayuri Minota<sup>1</sup>, Michio Onjo<sup>2\*</sup> and Park Byoung-Jae<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

<sup>2</sup> Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

#### Summary

To clarify the possibility of the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in Kagoshima Prefecture, Japan, it was examined the growth pattern, plant type and yield of three cassava strains which are “Tokunoshima-Zairai” and “Tokunoshima-Brazil” cultivated in Tokunoshima Island, and “TME-7” introduced from International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Three strains of the plant type were almost a similar by surveying the growth pattern of their branches. Dry weight of top parts of “Tokunoshima-Brazil” showed the maximum and it became the order of “Tokunoshima-Zairai” from “TME-7”, because the growth amount of branches was different. However, no difference was observed about root yields between the strains. As for the yield per unit area in three strains, the enormous discrepancy was not confirmed to compare with cassava yield in tropical Africa and in Thailand.

Moreover, it is likely that cassava maintained the high production ability even in temperate zone, because the harvest index was high. From these results, the cassava cultivation was possible in Kagoshima Prefecture, but improvement of the cultivation method seemed to be necessary, since the cultivation period is limited due to the low temperature.

**Key Words:** Cassava, growth, plant type, yield

キーワード：草型, *Manihot esculenta* Crantz, 生育, 収量

#### 緒言

キャッサバ (*Manihot esculenta* Crantz) は、トウダイグサ科 (Euphorbiaceae) イモノキ属 (*Manihot*) に属する多年生の熱帯性塊根作物である。環境適応性に優れ、肥沃度の低い土地や降水量の不安定な地域でも生育する。最適な降雨条件は年間1500 mm以上とされるが、近年では600 mm程度の半乾燥地帯や雨量頻度が不安定な地域にも分布が拡大している。また栽培適温は25℃から30℃とされるが、標高1800 m以上の地域でも栽培されており、18℃以下の環境でも生育は可能と推測される。土壌酸性度も4から9で栽培可能とされ、排水性の良い土壌でよく生育する。(Lebot, 2009; Pursel, 1977; 志和地, 2006)。

原産地は、ボリビア東部、アルゼンチン北西部、ブラジル西部を囲む地域であるとされ、栽培化は2000年以上前と考えられている (Lebot, 2009)。このため、現在は

世界中の熱帯地域で広く栽培されるキャッサバであるが、スペイン人やポルトガル人による新大陸発見以降に広まっていた。アフリカには、1550年前後にポルトガル人が加工したものを持ち込み、1600年前後から栽培が始まり、1800年代の終わりには、重要な作物となっていた。

世界のイモ生産量は、第1位がジャガイモの3億2442万トンであり、キャッサバは第2位の2億3027万トンとなっている (FAO, 2012)。とくにアフリカでの生産量が総生産の半分以上を占めており、アフリカを飢餓から救った作物とも称されている (Nweke ら, 2002)。国別生産量では西アフリカのナイジェリアが一番多く、以下、ブラジル、インドネシア、タイの順となっている (FAO, 2012) が、日本国内では、沖縄本島 (農林水産省特産農作物生産実績調査, 2007) や徳之島 (未発表, 著者による現地調査) でわずかに栽培されているにすぎない。

キャッサバは、食用のみならずデンプン原料や飼料、そしてバイオ燃料を目的としても栽培されている。キャッサバのデンプンは粘度が高く、日本では主に輸入品を用いて、紡績製紙業やテープなどのノリ原料として利用されている (矢次, 1977)。しかし工業的利用だけでなく、

2012年11月30日 受付日

2012年12月26日 受理日

\* Corresponding author. E-mail: michionj@agri.kagoshima-u.ac.jp

キャッサバデンプンは、透明性が高く無臭、老化しにくいなどの特徴から、食用としての利用にも適している(稲泉, 2006)。最近、よく見られるタピオカドリンクのタピオカとはキャッサバから取られたデンプンのことである。

キャッサバの大きな特徴として、葉、茎、塊根に青酸配糖体が含まれていることが、挙げられる。青酸配糖体そのものには毒性はないが、特異酵素が働くことにより、青酸が発生するため、毒抜きは不可欠である。具体的な毒抜き法は、水にさらすことや微生物による発酵など様々であり、安溪(2003)はアフリカにおける毒抜き法をわかりやすくまとめている。

南ら(2008)は鹿児島県南部におけるキャッサバ栽培が可能であることを報告した。この地域での栽培法が確立できれば、土地をあまり選ばないキャッサバの特性を活かし、耕作放棄地の利用なども十分に考えられる。また、近年、全国的に、地域の農産物等の食材、人材、技術、その他の資源を有効的に結びつけ、新たな製品、販路、地域ブランド等を創出することを目的とした加工品開発への取り組みが多々見られる。このような地域おこしの点からも、暖地においてキャッサバは大変興味深い作物であると考えられる。

青酸配糖体に関しても、キャッサバの性質から生のイモとして市場に出荷することはむずかしく、加工を前提にすれば、その過程で十分取り除くことができ、また、青酸配糖体の少ない品種(稲泉, 2006)の導入も検討できるため、大きな問題とはなりにくいであろう。デンプンの加工方法はカンショやパレイショとそれほど変わらないため(矢次, 1977)、新たな機械の開発の必要性もほとんど無いと思われる。

しかし、これまで、日本の暖地におけるキャッサバの栽培研究は、前述した南ら(2008)以外、ほとんど行われていない。そこで、本研究は、キャッサバ3系統を供試し、生育と収量などについて調査を行い、暖地に位置する鹿児島県本土での栽培の可能性を検討するとともに基礎的な生理生態的特性の知見を得ることを目的として行った。

## 材料および方法

材料は、ナイジェリアの国際熱帯農業研究所(IITA)から導入した「TME-7」、徳之島で栽培されている「徳之島在来」(以下「在来」、Fig.ではT-Zairaiと表記)および「徳之島ブラジル」(以下「ブラジル」、Fig.ではT-Brazilと表記)の3系統を用いた。なお、聞き取りにより「徳之島在来」は古くから徳之島で栽培されているものであり、「徳之島ブラジル」はブラジルから徳之島に導入したものであるとのことであったが、いずれも詳しい導入の経緯、時期などは不明であり、ここでは仮称として両系統名を使用した。3系統とも2008年に鹿児島大学農学部附属農場指宿植物試験場(鹿児島県指宿市)に穂木で導入し、圃場ならびに温室にて栽培を継続して

いた。なお、本研究はすべて同試験場の砂壤土の圃場で行った。

2009年11月17日に、圃場で栽培していた各系統の茎を50 cm程度に切断し、パーミキュライトを充填した播種箱に伏せ植えし、温室内に置いた。灌水は適宜行った。2010年3月20日に新葉が展開した節を先端部として、約25 cmに切断し、砂壤土を充填した直径3.5 cmの黒色ビニルポットに下部を挿し木し、温室内に置いた。キャッサバの繁殖は、茎を直接圃場に挿し木する方法が一般的であるが、予備試験において、指宿で直挿し法を用いた場合、初期生育が良好でないことから、このポット育苗法で行った。

肥料は、化成肥料を成分量で10 aあたり、窒素5 kg、リン5 kg、カリウム7 kgとし(南, 2009)、全面に施用した。次に畝間1 m、畝幅0.7 m、畝高0.3 mで、長さ25 mの畝を3畝形成し、銀色の線が入った黒色ビニルマルチ(商品名ムシコンマルチ:株式会社ニチノー緑化社製)で被覆した。5月1日に生育の中庸な苗を選び、3畝に各系統1区10個体ずつ、株間0.8 mでランダム配置により3反復、計90個体の苗を定植した。定植後、倒伏を防ぐため、箱山(未発表)が考案した方法を参考に、切り花栽培で使用される1マスが20 cm×20 cm角の倒伏防止用のフラワーネットを1段張った(Fig. 1)。



Fig. 1 View of the cassava field in this study with using flower net.

生育調査は2週間に1回の計13回行い、1回目の調査時に、いずれの系統とも平均的な生育を示している株を各反復区から2個体ずつ、計6個体を選び、これらを継続して調査した。調査項目は、草丈、累積葉数、分枝数、分枝長とした。調査は定植4週間後の2010年5月29日から11月12日まで行った。

草丈は茎のうち最も高い成長点までの地上高とした。主茎から発生する分枝を1次分枝、1次分枝から発生した分枝を2次分枝とした(Fig. 2)。

掘り取り調査は、7月10日、9月12日、11月12日の計3回行った。生育調査とは異なる株を各系統とも各反復当たり平均的な2個体、計6個体を毎回選び供試した。ただし、第3回目の最終調査では、生育調査を行ってきた個

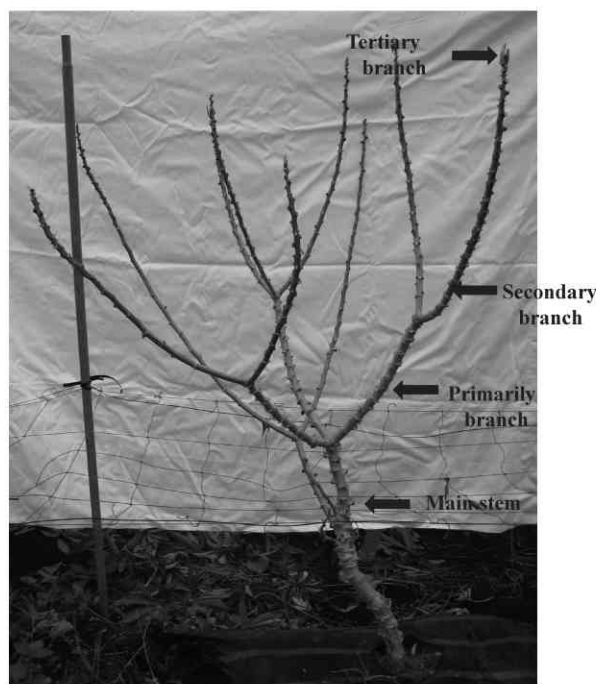


Fig. 2 Branch pattern of cassava (T-Brazil strain) at harvesting time.

体を供試した。調査項目は地上部および塊根の乾物重とした。地上部乾物重は、通風乾燥機にて80℃で72時間以上乾燥させ、計測した。塊根乾物重は均一に乾燥させるために、1 cm程度の厚さに切ってから、通風乾燥機にて80℃で120時間以上乾燥させた。

塊根のデンプン含有率は、上記の乾燥させた塊根を供試し、TOTAL STARCH (Megazyme 社) キットを用いて、以下の方法により、比色法で計測した。

まず、室温でデシケータ内に保存していた乾燥塊根をミキサーで粉末にした。この粉末100 mgに5.0 mlの80%エタノールを加え振動攪拌を行い、80–85℃の温湯中で5分間放置後、更に80%エタノールを5.0 ml加え振動攪拌を行った。その後20℃、3000 rpmで10分間遠心分離を行い、上澄み液は廃棄した。再度、80%エタノールを10.0 ml加え振動攪拌し、再び同条件で遠心分離機にかけ、上澄みを捨てた。さらに遠心分離後、沈殿物の酵素反応が均等になるように振動攪拌した。

これに酢酸ナトリウム緩衝液 (100 mM, pH 5.0, 5 mM塩化カルシウム入り) 30.0 mlに $\alpha$ -amylase 1.0 mlを加えた溶液を3.0 ml加え、沸騰水中で6分間、酵素反応をさせた。反応中、2分おきに3回、沈殿物が軽く巻き上がる程度に振動攪拌した。そして、50℃温湯内で数分間置き、常温に戻してから、Amyloglucosidaseを0.1 ml加え、数回振動させてから、30分間放置し酵素反応をさせた。その後、蒸留水を用いて100.0 mlに定量した後、遠心分離を12000 rpmで10分間行った。

上澄みを0.1 ml取り出し、TOTAL STARCH (Megazyme 社) キット内の溶液を用いて作成したGOPOD 試薬を、3.0 ml加え、50℃の温湯中で20分間反応させた後、分光光度計を用いて510.0 nmで吸光度を測定した。

また、無水物比のデンプン含有率を出すため、粉末を

130℃で60分間乾燥させ、水分含有量を算出した。測定後、以下の式に当てはめてデンプン含有率 (%) を算出した。

$$\text{Starch}(\%) = \Delta A \times F \times \frac{F}{0.1} \times \frac{1}{1000} \times \frac{100}{W} \times \frac{162}{180}$$

なお、 $\Delta A$  はサンプルの吸光度から蒸留水の吸光度を差し引いた値、 $F$  は100  $\mu\text{g}$  (D-glucose 標準液の量) を D-glucose 標準液100  $\mu\text{g}$ あたりの吸光度で割った値、 $W$  は分析に用いたサンプル量 (mg) とした。

## 結果および考察

Fig. 3 に栽培期間中の気温の推移を示した。本研究を行った指宿植物試験場内には、気象庁のアメダスが設置されており、データはそれを使用した。定植した5月の平均気温は20.5℃で平均最高気温は25.5℃、同最低は15.5℃であった。その後、気温は上昇を続け、10月の平均気温、最高、最低気温は5月のそれらとほぼ同じであった。収穫期の11月は平均14.6℃、最高19.2℃および最低10.2℃であった。前述のようにキャッサバの栽培最低気温は約18℃とされることから、指宿市での栽培は、5月から10月に限定され、収穫期は10月下旬から11月初旬にならざるを得ないと考えられた。

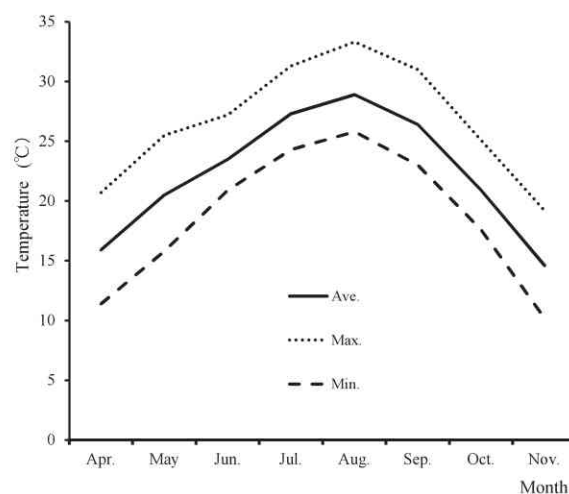


Fig. 3 Changing with temperature at Ibusuki in 2010. (Data from Automated Meteorological Data Acquisition System, Japan Meteorological Agency).

草丈の推移を Fig. 4 に示した。草丈は6月26日以降、「ブラジル」が他系統に比べて、有意に高くなり、収穫期には約200 cmとなった。「在来」は150 cm、「TME-7」は125 cmと、それぞれ、「ブラジル」に比べて、50から75 cmほど低くなった。累積葉数の推移を Fig. 5 に示した。累積葉数は、いずれの系統とも増加を継続しており、11月まで地上部が生育し続けていることを示していた。また、系統間での葉数はほとんど同じであり、差は認められなかった。一方で、地上部乾物重は、いずれの系統とも9月中旬まで増加し、その後も、増加傾向は認められるものの、その増加量は低下した (Fig. 6)。地上部乾物重は「ブラジル」、「TME-7」、「在来」の順で大となり、収穫期で「ブラジル」と他2系統間で有意差が

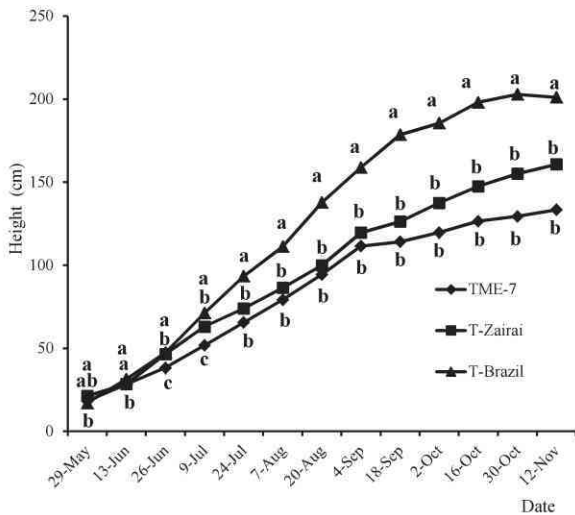


Fig. 4 Changing with plant height. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.

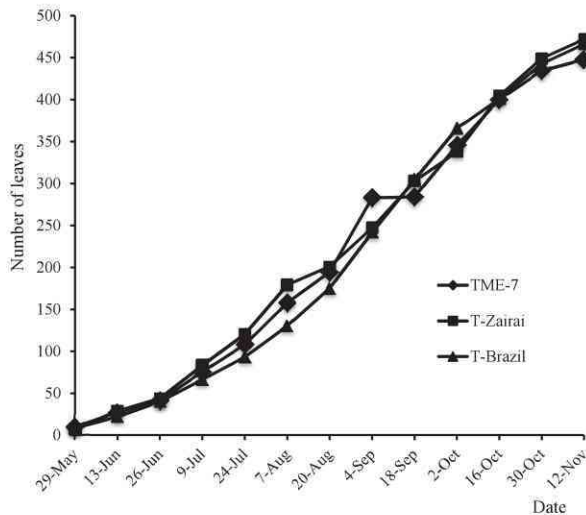


Fig. 5 Changing with total number of leaves. Note: No significant differences were recognized between three strains.

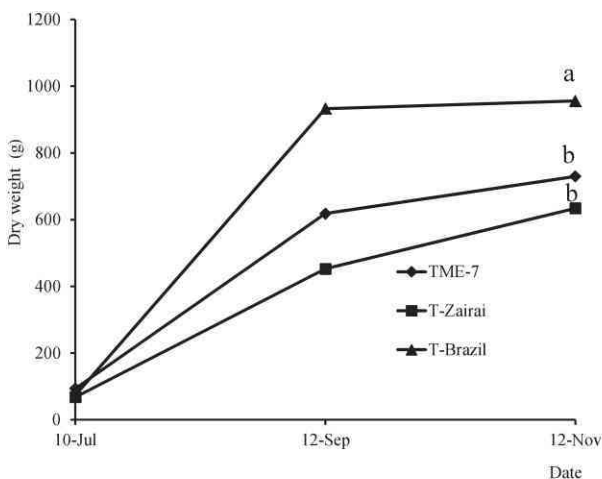


Fig. 6 Changing with dry weight of top parts. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.

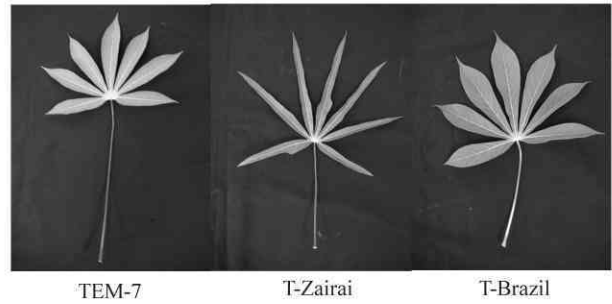


Fig. 7 Leaf shape of three cassava strains.

認められ、系統により地上部成長量に違いがみられた。

葉の形態的比較を行ったところ、3系統のうち、「在来」が他2系統と比べ分裂葉部分が細いという特徴が明らかとなった (Fig. 7). そこで、葉乾物重を葉数で除し、葉1枚当たりの重量を算出したところ、「在来」は他2系統に比べて、1葉あたり0.2 gから0.3 g程度、小さい値であることが判明した。この結果から、地上部乾物重の差をもたらす要因のひとつは、葉型の違いに起因する葉重によるものと推定された。

次に、各分枝の発生本数と分枝1本あたりの茎長を Fig. 8 および9に示した。ここでは、主茎から発生した茎を1次分枝、1次分枝から発生した茎を2次分枝とした。分枝が確認されたのは、1次分枝では、3系統とも7月9日であり、いずれも主茎から2.7本程度発生していた。2次分枝の発生確認は8月20日で、「TME-7」および「ブラジル」が各個体で約5本発生していたが、「在来」では、2本と少なかった。その後、「TME-7」および「ブラジル」では、1から2本程度増加したが、「在来」は4本まで増加した後、1ヶ月間発生が見られなかった。しかし、11月12日までいずれの系統とも5から6.3本となった。以上のように、1次分枝の発生時期および本数は、3系統ともほぼ同時であったが、2次分枝の発生時期は同じであるものの、発生初期の本数は系統により異なっていた。

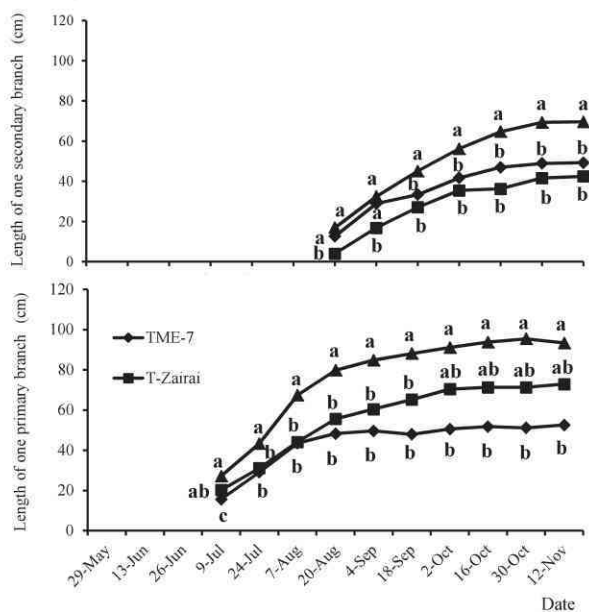


Fig. 8 Changing with length of one branches per plant. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.

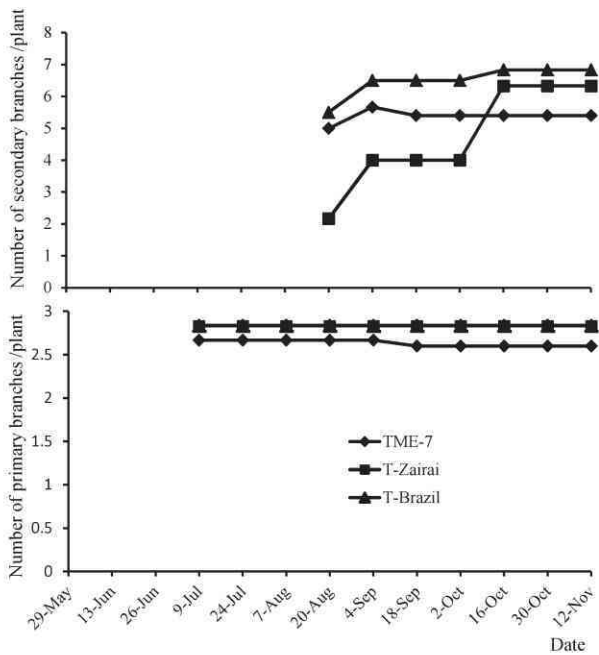


Fig. 9 Changing with number of branches per plant. Note: No significant differences were recognized between three strains.

すなわち、系統で若干の差異はあるが、主茎から発生する1分枝数は約3本であり、1次分枝1本あたりから発生する2次分枝は約2本であった。1次分枝の茎長は、一番長い「ブラジル」では90 cm、「在来」では、70 cm、「TME-7」は、50 cmの順となり、長さは異なっていた。また、「ブラジル」と「在来」は生育後期まで伸長が継続していた。2次分枝は、いずれの系統とも8月20日の発生確認後、11月12日まで、伸長を継続していた。その長さは、1次分枝と同様に「ブラジル」が65 cmと有意に一番長くなったが、以下「TME-7」、「在来」の順となり、1次分枝長の短かった「TME-7」が2次分枝では、逆に「在来」よりも長くなる傾向が認められた。なお、3次分枝の発生は「TME-7」が10月16日、他2系統は10月30日にそれぞれ確認されたが、数cmと短かったため、後述する草型も含めて、結果からは省略した。

この分枝長の結果から、供試系統の地上部成長量の大小に影響を及ぼしている要因は、分枝の発生数ではなく、葉型とともに分枝の長短によるものと推察された。

岡ら (1987) は、キャッサバの草型が系統で異なることを示し、その草型を7つに分類するのみならず、草型が収量と関係していることを指摘している。そこで、系統の比較を行うための指標のひとつとして、調査結果から算出した本数と分枝長の発生パターンを基に、供試3系統における草型の模式図 (Fig. 10) を作成したところ、分枝の長さに違いはあるものの、いずれもほぼ同じ草型であることが明らかとなった。この草型は、岡ら (1987) の分類による C<sub>1</sub> 型に非常に類似していた。

次に、塊根乾物重の推移を Fig. 11 に示した。定植約2か月後の塊根は肥大を開始してはいるものの、いまだ小さいものであった。その後、9月にかけては、1株当たり200 gから300 g程度増加したが、9月から11月にかけ

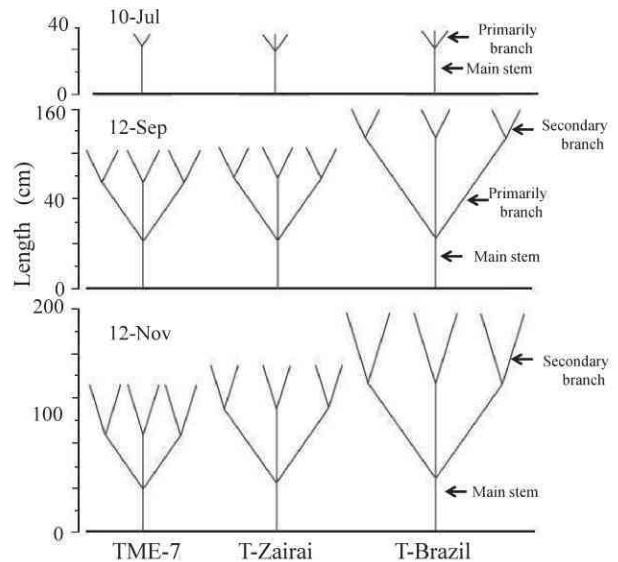


Fig. 10 Changing with plant type of three cassava strains.

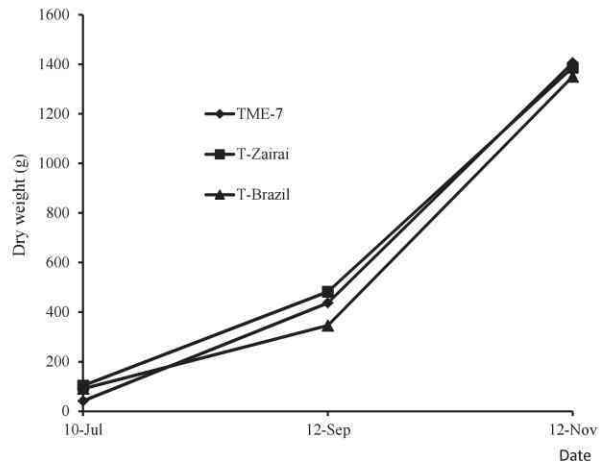


Fig. 11 Changing with dry weight of roots. Note: No significant differences were recognized between three strains.

ては、同1000 g程度の著しい増加を示し、収穫期では同1300 gとなった。いずれの時期でも塊根乾物重は系統間に明確な差異は認められなかった。ほとんどのキャッサバ研究で、収量は単位面積当たりで示されているため、本研究においても、栽植密度から10 a当たり744株植えつけた場合の収量を推定したところ、生重で約3000 kg/10 a、乾物重で約970/kgとなった。Nwekeら (2002) は、1991年から1992年に実施されたコンゴ、コートジボアール、ガーナ、ナイジェリア、タンザニアおよびウガンダの合計2500の圃場における栽植密度や収量の調査から、平均栽植密度は777株/10 aで平均収量 (生重) は1200 kg/10 aであったと報告している。また、岡ら (1987) は、タイにおいて、本研究と同じ栽植密度で20品種の栽培試験を行い、その平均収量は、乾物重で960 kg/10 aと報告している。本研究は、1年のみであり、また、Nwekeら (2002) や岡ら (1987) とは、場所、時期、品種、栽培条件なども異なるため、単純な比較は困難であるが、鹿児島県においても収量性は高いものと推察される。

前述の岡ら (1987) は、C<sub>1</sub> 型は高い収穫指数を通じて多収性を示すタイプで、理想の草型に近いものである

うと報告している。本研究で供試した3系統の収穫指数は「TME-7」が0.65, 「在来」が0.69および「ブラジル」は0.59となっており, 岡らの報告による収穫指数の平均0.48よりもかなり高い値を示した。この結果は, 乾物生産性の観点からみると, 温帯においてもキャッサバの生産能力は高く維持されている可能性を示唆しており, 大変興味深い。

デンプン含有率(無水)は, いずれの系統も7月ですでに60%を超えており, その後, やや増加し, 9月で80%前後に達し, 以降はほとんど変化無く, 各系統とも同じ傾向を示した (Fig. 12)。この率はバレイショやサツマイモと比較しても, 遜色ないものであったことから, デンプン原料としての利用も十分可能であると思われた。

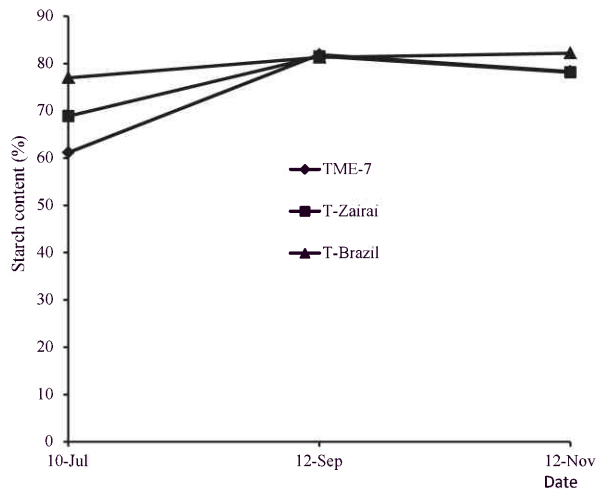


Fig. 12 Changing with starch content per dry matter of roots. Note: No significant differences were recognized between three strains.

以上の結果から, 鹿児島県本土でもキャッサバ栽培は可能であり, 供試3系統のみの比較ではあるが, 強風害回避や管理の容易な点を考慮し, 地上部の小型な「在来」や「TME-7」が適していると思われた。しかし, 栽培適温の点から, 栽培期間が限定されるため, 今後, 早期育苗などの栽培方法の改良や, より早期の塊根肥大性を示す早生系統の導入などを検討することが必要であると考えられた。

## 要約

鹿児島県本土におけるキャッサバ生育の可能性を検討するため, 草型や収量について, 国際熱帯農業研究所 (IITA) から導入した「TME-7」, 鹿児島県徳之島で栽培されている「徳之島在来 (T-Zairai)」および「徳之島ブラジル (T-Brazil)」の3系統を供試して調査を行った。草型は, 分枝の発生パターンからいずれの系統とも, 高収量性を示す品種に類似した同じタイプであると判断した。地上部乾物重は, 「徳之島ブラジル」が最大で, 以下, 「TME-7」, 「徳之島在来」の順となり, 系統により異なっていた。この違いは, 発生する分枝の長さの差によるものと思われた。しかし, 塊根収量に系統間差は認められなかった。3系統の単位面積当たりの収量も, 熱

帯アフリカやタイでのキャッサバ収量と比較して, 大きな差異は認められなかった。また, 収穫指数が高いことから, 温帯で栽培した場合でもキャッサバの高い生産性は維持されていると推察された。これらの結果から, 鹿児島県でもキャッサバ栽培は可能であるが, 栽培適温から, 栽培期間が限定されるため, 栽培方法の改良などが必要であると考えられた。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり, IITA からの導入系統を分譲いただいた東京農業大学 志和地弘信教授, 並びに徳之島の系統を分譲して下さった鹿児島県大島郡伊仙町 吉玉誠一氏, 同氏をご紹介いただいた鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室教授 富永茂人博士に篤くお礼を申し上げます。

## 引用文献

- 安溪貴子. 2003. キャッサバの来た道 - 毒抜き法の比較によるアフリカ文化史の試み. p. 205-226. 吉田集而他編. イモと人. 平凡社. 東京.
- FAO. 2010. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>
- 稲泉博巳. 2006. キャッサバ. 1. 起源と伝播. 2. 作物学的特性. p. 13-30. アフリカのイモ類 - キャッサバ・ヤムイモ - (足達太郎他共著). 国際農林業協力・交流協会. 東京.
- Lebot, V. 2009. Tropical root and tuber crops - Cassava, sweet potato, yam and aroids-. p. 1-87. CABI. London.
- 南 さやか. 2009. 我が国暖地におけるキャッサバの栽培に関する研究. 鹿児島大学大学院農学研究科修士論文.
- 南 さやか・藪田 伸・今吉博行・箱山 晋. 2008. 鹿児島におけるキャッサバの生育特性および収量性について. 日作紀. 77(別1). 94-95.
- 農林水産省. 2007. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kensaku/hin3.html>
- Nweke, F. I., D. S. C. Spencer and J. K. Lynam. 2002. The cassava transformation. 272pp. Michigan State University Press. Michigan.
- 岡 三徳・J. Limsila・C. Tiraporn. 1987. キャッサバの草型と乾物生産および収量性との関係. 日作紀. 56(別2). 167-168.
- Purseglove, J.W. 1977. Tropical crops dicotyledons. p. 172-186. Longman. London.
- 志和地弘信. 2006. キャッサバ. 3. 栽培技術 p. 30-56. アフリカのイモ類 - キャッサバ・ヤムイモ - (足達太郎他共著). 国際農林業協力・交流協会. 東京.
- 矢次 正. 1977. タピオカ澱粉. p. 396-403. 二國次郎監修. 澱粉科学ハンドブック. 朝倉書店. 東京.