

ISSN 0386-0132
KDNNKH 35 (2013)

鹿児島大学農学部

農場研究報告

第35号

*Bulletin of the Experimental Farm
Faculty of Agriculture, Kagoshima University
No. 35*

鹿児島大学農学部附属農場

平成25年3月

*Experimental Farm, Faculty of Agriculture
Kagoshima University, March 2013*

鹿児島大学農学部農場研究報告

編集委員長

山 本 雅 史

編集委員

下田代 智 英

岩 井 久

大久津 昌 治

遠 城 道 雄

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、
著作権者である本誌編集委員会の許諾を
受けて下さい。

目 次

原著論文

- 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・遠城道雄・朴 炳宰 1
- 解砕繊維状竹粉の黒毛和種育成雌牛への敷料利用
.....大島一郎・松元里志・木山孝茂・廣瀬 潤・石井大介・片平清美・
山口 浩・主税裕樹・高山耕二・中西良孝 7

付 録

- 農場研究報告投稿規程および原稿作成要領..... 13

Contents

Original Articles

Comparison of Three Cassava (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) Strains with the Growth, Plant Type and Yield in Kagoshima Prefecture, Japan	Sayuri Minota, Michio Onjo and Park Byoung-Jae	1
---	--	---

Utilization of Rubbed Bamboo as Bedding for Japanese Black Heifers	Ichiro Oshima, Satoshi Matsumoto, Takashige Kiyama, Jun Hirose, Daisuke Ishii, Kiyomi Katahira, Hiroshi Yamaguchi, Yuki Chikara, Koji Takayama and Yoshitaka Nakanishi	7
--	--	---

Appendixes

Preparation of Manuscripts		13
----------------------------------	--	----

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¹・遠城道雄^{2*}・朴 炳宰²

¹鹿児島大学大学院農学研究科 〒890-0065 鹿児島市郡元

²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 Minota¹, Michio Onjo^{2*} and Park Byoung-Jae²

¹ Graduate School of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

² 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; Purseglove, 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の黑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、銀色の線が入った黑色ビニルマルチ(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

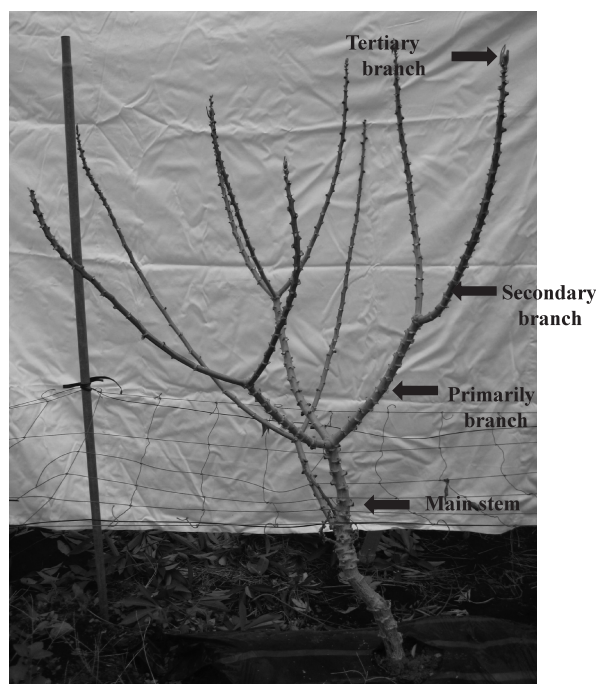


Fig. 2 Branch pattern of cassava (T-Brazil strain) at harvesting time.

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 α -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、 ΔA 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 μg (D-glucose 標準液の量) を D-glucose 標準液100 μg 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。

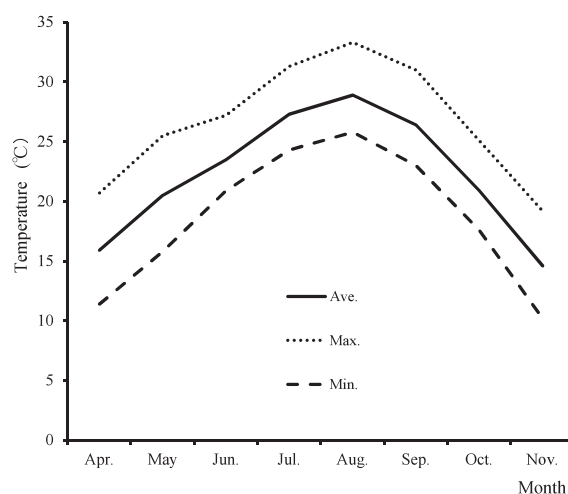


Fig. 3 Changing with temperature at Ibusuki in 2010. (Data from Automated Meteorological Data Acquisition System, Japan Meteorological Agency).

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。累積総葉数の推移を 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

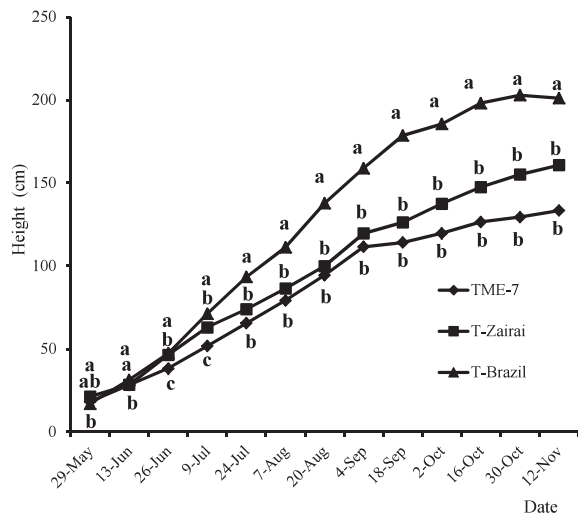


Fig. 4 Changing with plant height. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.

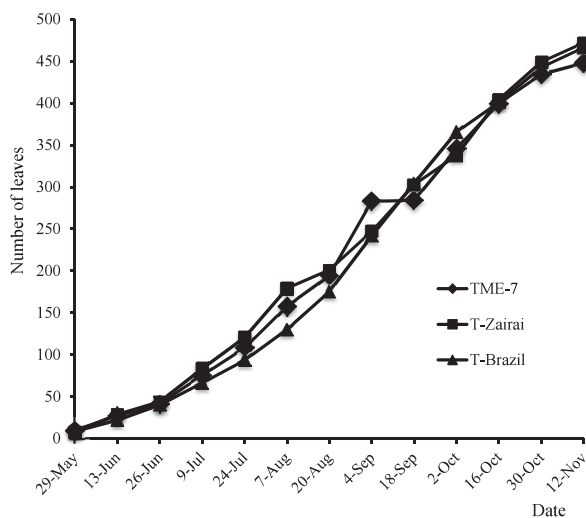


Fig. 5 Changing with total number of leaves. Note: No significant differences were recognized between three strains.

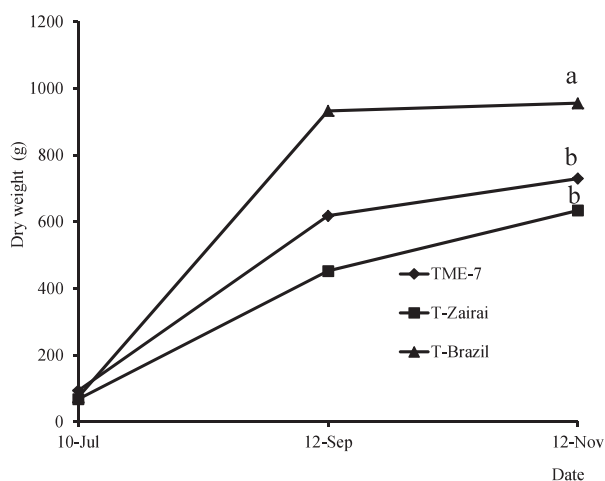
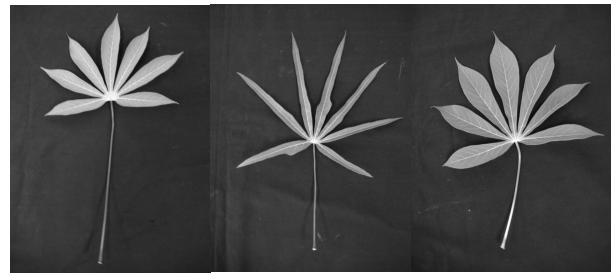


Fig. 6 Changing with dry weight of top parts. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.



TEM-7 T-Zairai T-Brazil

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日までにいずれの系統とも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。

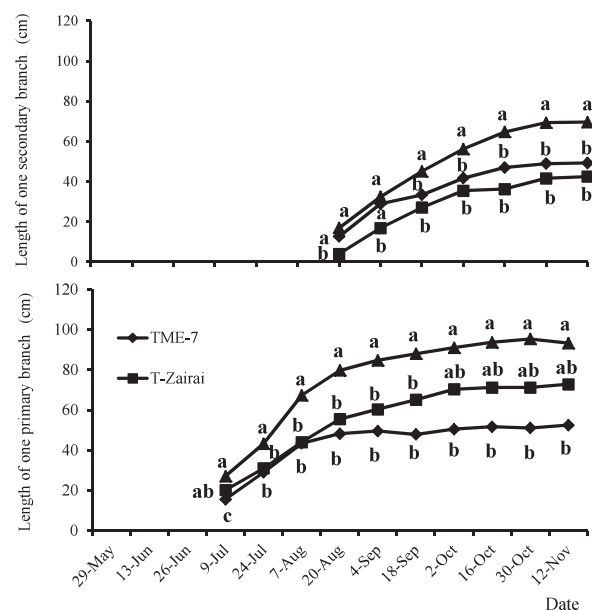


Fig. 8 Changing with length of one branches per plant. Different alphabet shows significant differences at 5% level by Tukey's test.

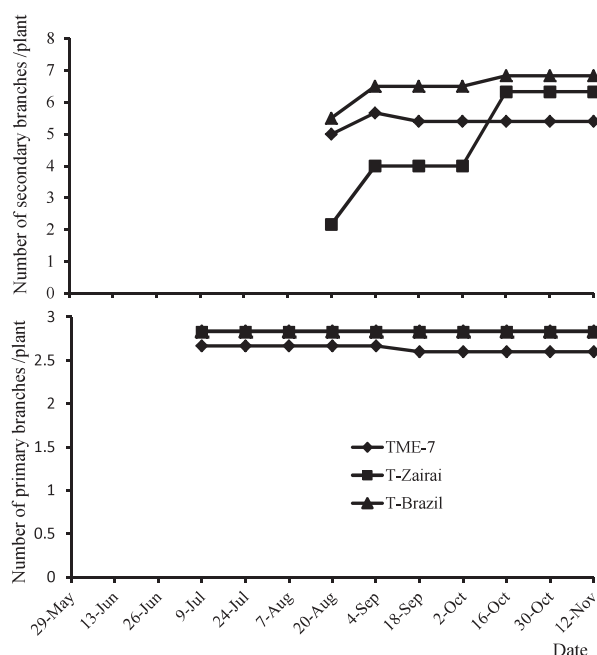


Fig. 9 Changing with number of branches per plant.
Note: No significant differences were recognized between three strains.

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1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 C₁ 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月にかけて

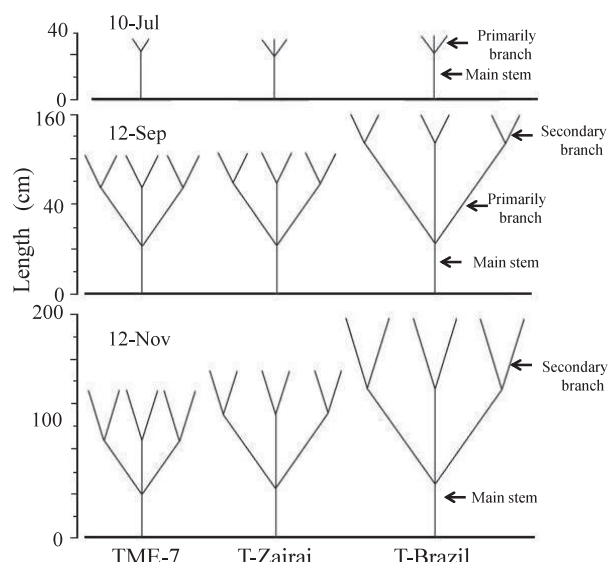


Fig. 10 Changing with plant type of three cassava strains.

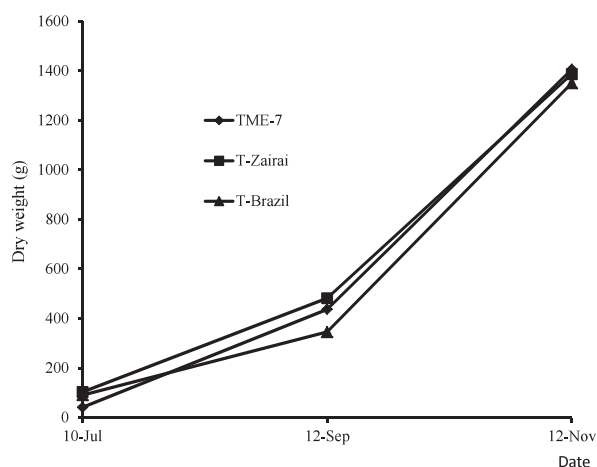


Fig. 11 Changing with dry weight of roots.
Note: No significant differences were recognized between three strains.

では、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、C₁ 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

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)。この率はパ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る。

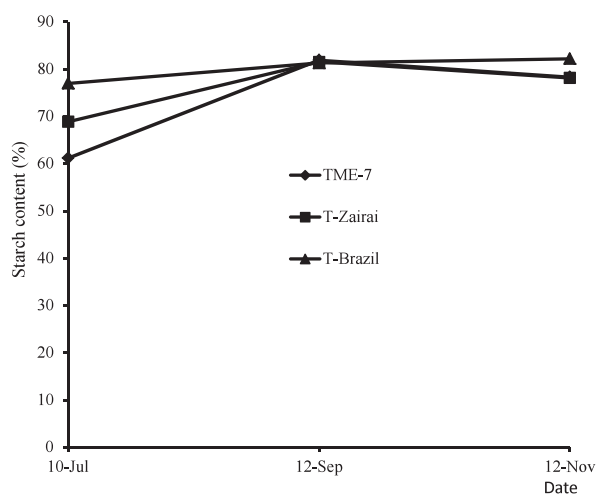


Fig. 12 Changing with starch content per dry matter of roots.
Note: No significant differences were recognized between three strains.

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る。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る。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くだ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ー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. アフリカのイモ類ーキャッサバ・ヤムイモー(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. アフリカのイモ類ーキャッサバ・ヤムイモー(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.

解砕繊維状竹粉の黒毛和種育成雌牛への敷料利用

大島一郎^{1*}・松元里志²・木山孝茂²・廣瀬 潤²・石井大介²・片平清美²・
山口 浩²・主税裕樹³・高山耕二⁴・中西良孝⁴

¹鹿児島大学農学部附属農場 〒890-0065 鹿児島市郡元

²鹿児島大学農学部附属農場入来牧場 〒895-1402 薩摩川内市

³鹿児島大学大学院連合農学研究科 〒890-0065 鹿児島市郡元

⁴鹿児島大学農学部家畜管理学研究室 〒890-0065 鹿児島市郡元

Utilization of Rubbed Bamboo as Bedding for Japanese Black Heifers

Ichiro Oshima^{1*}, Satoshi Matsumoto², Takashige Kiyama², Jun Hirose², Daisuke Ishii²,
Kiyomi Katahira², Hiroshi Yamaguchi², Yuki Chikara³, Koji Takayama⁴ and Yoshitaka Nakanishi⁴

¹ Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

² Iriki Livestock Farm, Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,
Satsumasendai, Kagoshima, 895-1402

³ The United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University,
Korimoto, Kagoshima 890-0065

⁴ Laboratory of Animal Behaviour and Management, Faculty of Agriculture, Kagoshima University,
Korimoto, Kagoshima 890-0065

Summary

In order to evaluate the utilization of rubbed bamboo as bedding for Japanese Black heifers, an experiment was conducted. Six heifers (17.5 months old) were divided into two groups (3 animals each). One group was reared on sawdust bedding (sawdust group) and the other on rubbed bamboo bedding (bamboo group) for 3 months. Both groups were fed equal amounts of concentrates and Italian ryegrass silage. All animals had free access to water and salt block. Changes in bedding temperature and in NH₃ concentration from bedding in bamboo group over time were similar to those in sawdust group, and no significant differences were found between the two groups. By the end of the experiment, the bamboo bedding was trodden down harder, and divided into two layers. In the upper layer, the bedding was mixed with excreta, but no infiltration of urine was observed in the lower layer. The outflow of urine from bedding was not observed in either group. Since daily weight gain of cattle in bamboo group was rather higher than that observed in sawdust group, it was speculated that bamboo bedding gave no negative effect to cattle growth. From these results, it is suggested that rubbed bamboo is as useful a resource for Japanese Black heifers bedding as sawdust.

Key Words: bedding, Japanese Black heifers, rubbed bamboo

キーワード：解砕処理竹粉，黒毛和種育成雌牛，敷料

緒 言

鹿児島県は広大なモウソウチク林面積を有し，全国的にも最大のモウソウチク生産地の1つである。旧来，モウソウチクはタケノコ生産，工芸資材，農林水産資材および建築資材などに利用されてきたものの，近年では安価な輸入竹材，プラスチックならびに金属の利用が進むことで，モウソウチクの産業への利用は減少し，鹿児島県内では放置モウソウチク林の増加が問題となっている

(内村，2009)。放置されたモウソウチクが地下茎により造成林地，宅地および耕作地に侵入した場合，その除去に多大な費用と労力を要するため，適度に間伐することでモウソウチク林として維持する必要がある。モウソウチクは繁殖力旺盛であり，未利用資源と位置付けた場合，間伐材を安定的かつ持続的に活用することが可能であると考えられるため，これまでに様々な処理による家畜飼料化の試み（大谷ら，2005；岩澤ら，2007；秋友ら，2009；中村ら，2009）が行われてきた。畜産分野において，資源としてのモウソウチクの需要をさらに拡大するためには，飼料以外の利用法も模索検討する必要があると考えられる。

2012年11月30日 受付日

2013年1月21日 受理日

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

畜舎内で家畜を飼養する場合、建物床での転倒防止や排泄物の水分吸収、悪臭低減などを目的としてオガ屑、籾殻、樹皮およびワラなどが敷料として用いられる。敷料資材は、家畜の居住性を高めるのみならず、その後の堆肥化において水分調整材としても位置付けられ、畜産業と耕種農業を有機的に結び付ける重要な役割を担っている。大規模集約化が進む近年の畜産業においては、大量の敷料資材を恒常的に確保する必要があるものの、林業衰退による製材工場数の減少や敷料資材が得られる季節が限定されることなどから、その確保が危惧されてきた（山下ら, 1984）。未利用資源であり、繁殖力旺盛なモウソウチクを敷料資材として活用することができれば、新たな敷料資材開発および放置竹林対策という観点から有効であると考えられるが、竹材を敷料化する試みはわずかに散見されるのみ（太田, 2008）で、十分な知見は蓄積されていない。そこで本研究では、未利用資源である間伐したモウソウチクに解砕処理を施し、牛敷料としての利用性を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

本研究は、2011年2月4日から5月12日にかけて鹿児島大学農学部附属農場入来牧場育成牛舎において行われた。供試竹材には、福岡県で伐採されたモウソウチクを剪定枝等揉摺式処理機（株式会社サンケン・エンジニアリング, RUB Master, SRM-15）にて解砕処理した繊維状竹粉（以下、竹粉）を用いた。処理区分として、オガ屑を牛房（8 m×8 m）に約30 cm厚に敷き詰めた対照区（以下、オガ屑区）および同様に竹粉を約30 cmの厚さに敷き詰めた試験区（以下、竹粉区）の2区を設けた。供試牛には、入来牧場で生産された黒毛和種育成雌牛6頭（平均月齢17.5ヵ月齢）を用い、各区3頭ずつ配置した。試験期間中、両区の飼養管理は同一とし、市販配合飼料（育成一番, 中部飼料株式会社）および当場内産イタリアンライグラスサイレージを給与した。水および鉱塩は自由に摂取できるものとした。

試験に先立ち、供試するオガ屑および竹粉を通風乾燥（60℃, 48時間）し、乾物率を測定した。試験期間中、基礎データとして1時間毎の牛舎内気温および湿度（温度記録計 TR-72Ui, 株式会社ティアンドディ）を計測した。また、各区の敷料中3ヵ所（地下25 cm）の敷料中温度を測定した（サーモクロン SL タイプ, 株式会社 KN ラボラトリーズ）。温度計の不具合により、竹粉区の1ヵ所でデータ回収不能となったため、オガ屑区3ヵ所および竹粉区2ヵ所での測定となった。臭気発生の指標として、敷料上のアンモニアガス濃度（検知管式測定器 GV-100S, 株式会社ガステック）を毎週各区3ヵ所ずつ計測した。臭気成分調査では、塩化ビニル製パイプ（直径15 cm, 長さ30 cm）を敷料上に垂直に立て、1分後に敷料から約15 cmの高さの空気中に含有されるアンモニアガス濃度を測定した。全供試牛の体重は試験開始後0.5, 1, 1.5, 2, 3および3.5ヵ月目に測定し、各期間における日増体

量を算出した。また、試験期間中3月11日8:30～12日8:30にかけて両区にデジタルビデオカメラを設置し、供試牛の行動を5分間隔の点観察法にて調査した。行動調査中、機器の不具合が生じたため、両区ともにデータを回収できた11.2時間に観察された行動を採食、佇立休息、横臥休息、佇立反芻、横臥反芻、飲水、移動ならびに社会行動に分類した。行動調査の結果から、佇立休息および佇立反芻の両行動を佇立行動、横臥休息ならびに横臥反芻を横臥行動とし、全行動型に対するそれぞれの頻度を算出した。

得られた乾物率、アンモニアガス濃度、増体量、佇立行動型割合および横臥行動型割合に関して、各区の平均値を算出し、t検定にて両区の差を検定した。

結果

供試したオガ屑および竹粉の乾物率を Table 1 に示す。乾物率はオガ屑で51.2%であったのに対し、竹粉では66.0%であり、竹粉の乾物率はオガ屑に比べて有意に高い値となった（ $P<0.01$ ）。

Table 1. Comparison of dry matter content between sawdust and rubbed bamboo bedding

	Sawdust (n=3)	Rubbed bamboo (n=6)
DM (%)	51.2±0.2 ^b	66.0±1.9 ^a

Means ± SD

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly ($P<0.01$)

試験期間中の牛舎内気温、相対湿度および両区の敷料中温度推移を Fig. 1 に示す。試験期間中の牛舎内平均気温は5℃以下から15℃以上まで大きく変動した。一方、牛舎内平均湿度は概ね60%以上であった。両区の敷料中温度は、試験期間を通してほぼ同様に推移し、試験期間中急激な気温低下がみられた3月2日および3月23日の週でも大きな温度低下はみられなかった。一方で、3月23日以降の牛舎内気温および湿度上昇に伴い、両区の敷料中温度も上昇した。

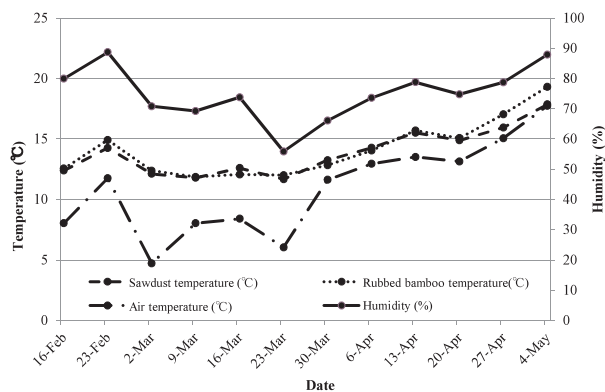


Fig. 1 Changes in the cowshed environment and the bedding temperature over the experimental period.

両区の敷料から発生するアンモニアガス濃度の推移を Fig. 2 に示す。両区のアンモニア濃度は1 ppm/100 mL

から8 ppm/100 mL の間で増減を繰り返して推移したが、いずれの調査日でも有意な区間差は認められなかった。

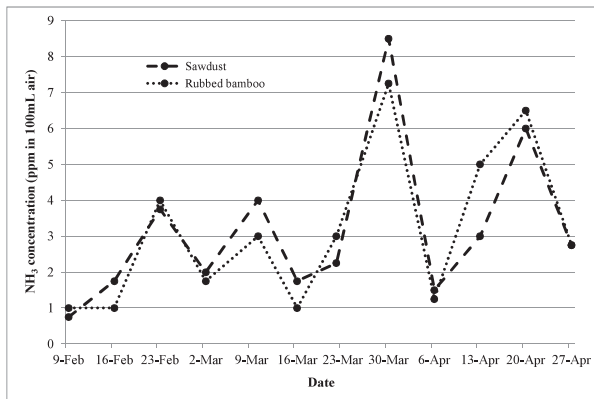


Fig. 2 Changes in NH_3 concentration on sawdust and rubbed bamboo bedding over the experimental period.

試験期間中の両区の供試牛の日増体量を Fig. 3 に示す。試験期間中、オガ屑区では2から3ヵ月目に、竹粉区では3ヵ月目に増体が停滞する傾向が認められたものの、その他の期間では順調に増体した。日増体量は2ヵ月目にオガ屑区と比べて竹粉区で有意に高い値を示した ($P<0.05$) 以外、区間差は認められなかった。

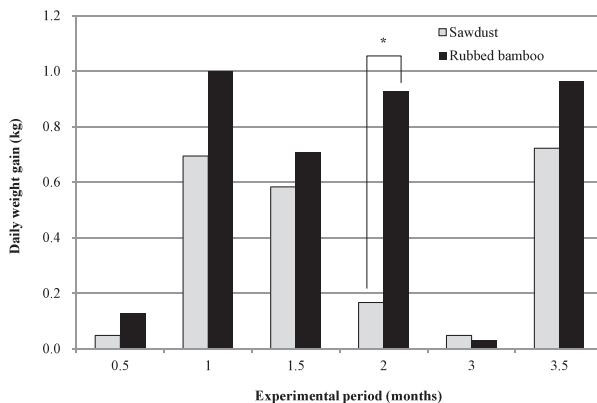


Fig. 3 Daily weight gain of each group cattle reared on sawdust and rubbed bamboo bedding.

*Bars with asterisk differ significantly ($P<0.05$).

全行動型割合に占める佇立および横臥行動型割合を Table 2 に示す。横臥行動型割合に両区で差は認められなかったものの、佇立行動型割合は竹粉区で有意に高い値を示した ($P<0.01$)。

Table 2. Comparison of standing and lying time (percent of observations) of Japanese Black heifers between sawdust and rubbed bamboo groups

	Sawdust	Rubbed bamboo
Standing ^z (%)	10.2 ± 1.5 ^b	19.0 ± 1.6 ^a
Lying ^y (%)	48.1 ± 9.8	36.4 ± 4.4

Means ± SD

^z Standing means rest and rumination while standing.

^y Lying means rest and rumination while lying.

^{a, b} Means with different superscripts differ significantly ($P<0.01$)

牛舎内における各敷料表面は試験進行に伴い、糞尿と混合され、試験終了時には色調が黒褐色に変化した。試験開始時および試験終了時のオガ屑および竹粉の形状を

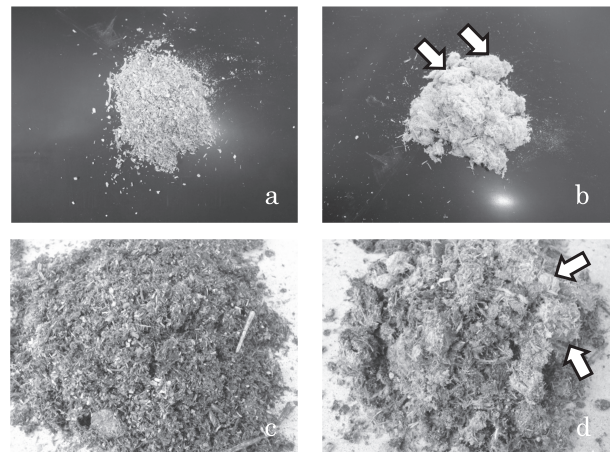


Fig. 4 Comparison of macroscopic states between sawdust (a, c) beddings and rubbed bamboo (b, d) beddings at the beginning (a, b) and the end (c, d) of experiment. Arrows show the agglomerative structure of bamboo powder.

Fig. 4 に示す。試験開始時において、オガ屑の粒度は竹粉のそれよりも大きく、サラサラとして団粒状になり難い特徴が認められた (a)。一方、竹粉では細かい繊維が多く認められ、団粒状になる特徴が認められた (b)。試験終了時においても試験開始時に認められた特徴は維持され、オガ屑では団粒がほとんど認められなかった (c) のに対し、竹粉には団粒が多く認められた (d)。試験終了時の竹粉区敷料の深層の断面構造を Fig. 5 に示す。竹粉区において、敷料は中間辺りの深さで二層に識別でき、上層と下層の間に明確な境界線が認められた。このうち、上層は糞尿と混合された状態であったのに対し、下層は踏圧により緊密化したままの状態、糞尿の浸透は認められなかった。

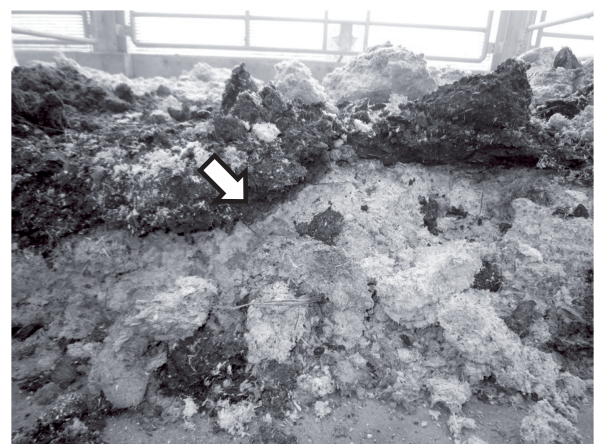


Fig. 5 Photographic appearances of layered rubbed bamboo bedding structure at the end of the experiment.

Arrow shows the border between the upper and the lower layers.

考 察

肉用牛の敷料には、旧来より稲ワラ、オガ屑、粕殻等が用いられてきたが、それらには共通して、吸水・乾燥し、衛生状態を保てること、粉塵を発生しないこと、悪

臭を吸着することなどが求められる。これまでも未利用資源として製材端材（太田，2004），果樹剪定枝（栗原ら，2006），パークおよびウッドチップ（大泉ら，2005）などの家畜敷料への利用性が検討されてきたが，竹の敷料利用に関してはわずかに散見されるのみであった（太田，2008；2009）。

試験期間中，供試牛は順調に発育し，概ね竹粉区で高い増体傾向を示した。また，2ヵ月目では竹粉区で有意に高い増体を示した。大元ら（2001）は，牛床において疾病発生や飼料効率低下が発生するアンモニア濃度を40 ppmと位置付けているが，本研究では両区のアンモニア濃度は最大で9 ppmに満たない濃度であり，両区の敷料から発生するアンモニアガスが供試牛に直接的な健康被害を与えることはないものと考えられた。大泉ら（2005）および栗原ら（2006）は，街路樹や果樹剪定枝を敷料として使用した場合の供試牛の横臥時間から敷料の快適性を評価している。本研究に用いた竹粉の一部には，粗大な竹の繊維が残存したため，佇立および横臥行動の割合から快適性に関する評価を試みた結果，佇立行動型割合は竹粉区で有意に高い値となったものの，横臥行動割合に両区間で差異は認められなかった。また，試験期間中，供試牛の異常行動も観察されなかった。本研究においては，終日24時間の行動調査データの採取は行えなかったものの，得られた日中11.2時間の横臥行動割合に両区で差異が認められなかったことから，竹粉を敷料として利用した場合でも，供試牛の快適性はオガ屑と遜色ないものと考えられる。今後，終日の各行動型割合や日間変動などについて追究する余地がある。

試験期間中，オガ屑区および竹粉区の敷料中温度は，ともに牛舎内気温以上の値を示した。特に気温が10℃以下に下降した場合でも，竹粉区ではオガ屑区と同様に10℃以上の温度を維持した。一方で，気温が10℃を上回った場合，敷料中温度も上昇し，両区とも気温より1～2℃高い温度で推移した。栗原ら（2006）は，果樹剪定枝を敷料として用いる際，オガ屑と混合し，定期的に攪拌することで，床温度が気温より20～30℃高い発酵床として利用できることを明らかにしている。本研究において床温度が気温より高く推移したことが，発酵によるものかどうかは言及できないものの，竹粉がオガ屑と同等の保温効果を示すことは明らかとなった。本研究に供した竹粉のほとんどが繊維状にまで処理されており，オガ屑および粗穀といった粒度の大きい他の敷料資材よりも好気性微生物の分解を受け易いものと考えられる（西尾，2007）が，発酵床としての利用性に関しては，今後，検討する必要がある。

解砕処理を施した竹粉は団粒を形成し易い特性を示し（Fig. 4），試験終了時では踏圧により緊密化し，下層への尿浸透は認められなかった（Fig. 5）。これら竹材の特性は，太田（2008）も報告しており，オガ屑に竹材を50%混合することでオガ屑のみに比べて敷料下層への水分の移行が阻害されることを報告している。本研究では，下層への尿浸透が全く認められなかったが，栗原ら

（2006）は層を形成した敷料では，水分の浸透性も層ごとに異なることを報告している。本研究の竹粉区で観察された層構造化は，牛に踏圧されることで密度が高まったことによるものと推察され，上層と下層での水分浸透性の違いが尿浸透の程度に影響を及ぼしたものと考えられる。敷料としての吸水力には素材の水分含量に加え，素材自体の持つ吸水性ならびに保水性が関与する。本研究に用いた敷料資材では，オガ屑よりも竹粉で有意に高い乾物率を示した。竹を粉碎し，敷料利用した場合，粉碎粒度によって保水性が異なることが明らかにされている（太田，2008）が，本研究の試験期間を通して敷料外に尿等の水分流出は観察されなかった。また，本研究で検出されたアンモニアガス濃度は，竹粉区およびオガ屑区で同様に増減を繰り返したことから，竹粉区において供試牛から排出された尿は，供試牛の移動により常時攪拌され，浸透性の高まった敷料上層で吸収・発散を繰り返していたものと推察される。

以上，述べてきたように解砕処理した竹粉を敷料として用いた場合，供試牛への悪影響は認められないとともに，吸水性および保温効果の観点からもオガ屑と遜色なく，牛用敷料資材として十分利用可能であることが示唆された。

要 約

解砕繊維状竹粉（以下，竹粉）の牛敷料としての利用性を検討するため，オガ屑を敷料とするオガ屑区および竹粉を敷料とする竹粉区の2区を設け，3ヵ月間の敷料化試験を行った。供試牛には，黒毛和種育成雌牛（平均17.5ヵ月齢）を各区3頭ずつ用いた。両区とも供試牛には市販配合飼料および鹿児島大学農学部附属農場入来牧場産イタリアンライグラスサイレージを給与し，水および鉱塩は自由摂取とした。試験期間における竹粉区の保温性および敷料から揮散するアンモニアガス濃度はオガ屑区と遜色なく，両区ともほぼ同様に推移した。試験終了時，竹粉区では敷料が踏圧により緊密化し，糞尿の浸透が認められる上層と認められない下層の二層構造となっていたが，敷料外への水分流出等は観察されなかった。両区の供試牛は順調に発育し，オガ屑区よりも竹粉区で日増体量が優れる傾向を示した。以上のことより，解砕処理した竹粉を敷料として用いた場合，供試牛への悪影響は認められず，黒毛和種育成雌牛の敷料として利用可能であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり，竹の解砕処理および輸送に関して株式会社サンケン・エンジニアリングの佐藤勝正氏ならびに岡澤忠治氏には多大なるご支援を賜った。ここに深謝の意を表する。

引用文献

- 秋友一郎・太田壮洋・岡村由香, 2009. 未利用資源の畜産的利用に関する研究—竹材の畜産分野への利用に関する研究（発酵飼料化）—. 山口県畜産試験場研究報告, 24: 79-84.
- 岩澤敏幸・松井繁幸・横越英彦・蔡 義民・大石誠一, 2007. モウソウチク由来の生理活性資材の開発とその応用に関する研究（第1報）. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 1: 37-43.
- 栗原三枝・小林 寛・阿部正彦, 2006. 果樹剪定枝の敷料利用技術. 福島県畜産試験場研究報告, 14: 28-32.
- 中村茂和・松井敏幸・杉山 典・黒田博通, 2009. 竹粉サイレージの給与が肉用鶏および採卵鶏の排せつ物臭気に及ぼす影響. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 2: 43-48.
- 西尾道德, 2007. 堆肥・有機質肥料の基礎知識, p. 19-34. 農山漁村文化協会, 東京.
- 大泉長治・土屋 均・岡崎好子, 2005. 未利用木質資材の牛舎敷料利用の検討（短報）. 千葉県畜産総合研究センター研究報告, 5: 79-80.
- 大元義彦・小山隆史・齋東 寛・中島伸樹, 2001. 牛の敷料に関する研究（第1報）—シュレッダー裁断古紙を利用した敷料の検討—. 山口県畜産試験場報告, 17: 85-91.
- 太田壮洋, 2004. 良質堆肥の生産と活用に関する研究（第1報）—製材端材チップの敷料及び堆肥化の利用適正—. 山口県畜産試験場報告, 19: 83-86.
- 太田壮洋, 2008. 竹材の敷料及びたい肥化副資材としての利用に関する研究. 山口県農林総合技術センター畜産技術部研究報告, 23: 1-7.
- 太田壮洋, 2009. 家畜敷料に竹材を利用したたい肥の幼植物試験による評価. 山口県農林総合技術センター畜産技術部研究報告, 24: 75-78.
- 大谷利之・杉山 典・関 哲夫・岩澤敏幸・池谷守司, 2005. 竹粉サイレージ給与が肉養鶏のふん便臭気に及ぼす影響. 静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告, 16: 55-58.
- 内村悦三, 2009. 現代に生かす竹資源, p. 99-105. 創森社, 東京.
- 山下滋貴・石山英光・田口清実・井上尊尋・大石登志雄・竹原 誠・上野 繁・野見山敬一, 1984. 肉用牛における敷料の再利用. 福岡県農業総合試験場研究報告, C-4: 71-76.

付 録

農場研究報告投稿規程および原稿作成要領 (平成23年5月改定)

(投稿規程)

1. 鹿児島大学農学部農場研究報告 (以下、本報告と呼ぶ) に掲載する論文は、農学部教員、技術職員、学生などが、原則として農場の施設、設備、生産物などを利用して行った学術的に価値があり、かつ農業現場において利用価値のある未発表の原著論文、総説および資料とする。
 - 1) 原著論文：科学的な手法に基づいた研究で、新規の事実と価値のある結論を有するもの。
 - 2) 総説：農業科学・技術に関する特定の研究課題について、関連分野の業績を引用し、研究動向及び研究の解決の方向に関して著者の課題意識に基づいて論説したもの。
 - 3) 資料：農学に関する学術情報、統計等を解説的に紹介したもの。
技術および検査方法等を教育的に解説したもの。
環境因子 (土壌、気象、生物など) の記録・分析結果、部局発展の歴史など。
2. 論文の投稿者は原則として農学部教員 (退職者または転任者を含む) であること。技術職員、学部学生、大学院生、研究生および留学生が筆頭著者のときは教員が共著者であること。学部外の共著者については、所属先の所在地を併記する。
3. 本報告に掲載された論文の著作権は、鹿児島大学農学部農場研究報告編集委員会 (以下、編集委員会と呼ぶ) に帰属する。また、本報告を他に利用しようとする場合、当該利用者は、あらかじめその利用につき編集委員会の許可を得なければならない。
4. 投稿予定者は9月30日までに、著者名、所属、表題、種類 (論文-和文・英文、総説、資料) および本文、図、表を含む原稿の刷り上がり頁数を記載した「投稿原稿申し込みカード」を編集委員会事務局 (農場事務担当係長) に提出する。
5. 論文は和文、英文のいずれも受け付けるが、下記に定める原稿作成要領に基づいて作成する。
6. 作成した原稿は、正1部、コピー2部を11月30日までに編集委員会事務局に提出する。その際は一括して大形封筒に入れ、編集委員会指定の「投稿原稿送付カード」を貼り付ける。「投稿原稿送付カード」に記載する事項は、投稿責任者とその連絡先および著者名、所属機関名、表題、別刷希望数、原稿 (本文、図、表、写真等) の枚数などである。なお、投稿が11月30日を超えた場合は投稿辞退とみなすものとする。
7. 投稿原稿は投稿された日を受付日とし、編集委員会によって採択された日をもって受理日とする。受付日と受理日は論文の第1頁目の脚注に記載する。
8. 受付原稿は編集委員会が選定した校閲者により、校閲を受ける。また、受付原稿について編集委員会はその内容、字句について、加除・訂正を行うことがある。
9. 印刷経費についてはその年度の実状に応じて、著者にその一部を請求する場合がある。カラー印刷の図版 (写真を含む) は実費の全額を著者負担とする。
10. 別刷は論文1篇につき100部まで無償とし、それを超える分の経費については著者負担とする。
11. 投稿者がカラー写真代等の著者負担金の支払いを怠っているときは、論文掲載を保留することがある。
12. 原稿が採択された場合は、最終稿1部と、それを納めた電子ファイルを編集委員会事務局に提出する (図、写真を含む)。
13. 原稿等は、印刷終了後に返却する。
14. 「投稿原稿申し込みカード」と「投稿原稿送付カード」は、別添カードをコピーして使用するものとする。
15. この規程に定めのない事項は、編集委員会が処理するものとする。

(原稿作成要領)

1. 投稿原稿は「Word」または「一太郎」を用いて執筆し、A4判用紙に印刷する。
書式設定は、和文は1頁を40字×25行、英文は1頁を60字×25行 (語間のスペース、ピリオド、ハイフン等を含む) とし、字の大きさは12ポイントで、行間を充分にあけて横書きにする。余白は上下左右とも25 mm程度あけ、用紙の下端部中央に頁数を明記する。
2. 和文論文の内容区分および配列は以下のとおりとする。
 - ①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①～③の英文訳、⑤Summary、⑥Key Words (英文)、⑦キーワード (和文)、⑧本文 (原則として緒言、材料および方法、結果、考察、⑨要約、⑩引用文献、⑪表、図、写真の順とする。ただし、結果と考察を一括して結果および考察としてもよい。また、謝辞を入れる場合は要約の最後に続けて記載する。

3. 表紙の書き方は次のとおりとする。

- 1) 表題，著者名，所属機関名，その所在地は英文訳を付けて原稿の1枚目に記す。さらに，内容を端的に表す略表題（ランニングヘッド）を記入する。和文では28字以内，英文では40字以内とする。
- 2) 著者が複数で同一機関に所属する場合は著者名を連記し，次欄に所属機関名とその所在地を記す。著者が異なる機関に所属する場合は，著者名を連記し，その右肩に肩付き数字^[1, 2, ...]を付け，次欄に数字ごとに所属機関名とその所在地を記す。投稿責任者氏名の右肩に*を付して，脚注に「*Corresponding author. E-mail: xxxx@yyy.zz.jp」と記す。なお，著者に所属機関の変更が生じた場合は著者名の右肩に^[a, b, ...]を付し，脚注にその旨を記す（投稿責任者を除き，所在地の記述はしない）。
- 3) 上記和文記載の英訳については，著者名は名，姓の順に書き，所属機関名とその所在地はイタリック表記とする。

4. Summary は原稿の2頁より始め，1行65字ダブルスペース25行を原則として記載する。字数は400字以内とする。Summary に続けて，5語以内の Key Words および日本語のキーワードを加え，いずれもアルファベット順（ABC順）に記載する。

5. 3頁以降は，諸言，材料および方法，結果，考察，要約（謝辞），引用文献の各項目に区分して記述する。

- 1) 句読点は「, .」とする。また，句読点，括弧，ハイフン等は全角とし，数字は半角とする。数字と単位の間には半角スペースを挿入する。ただし，℃，%の場合に限り，スペースは挿入しない。
- 2) 数字は原則として，アラビア数字を用いるが，熟語として使用されている数字は漢字とする（例：一部分，一度）。
- 3) 字体の指定は，ゴシック体~~~~，イタリック体_____，のように該当語の下に赤線で入れる。
- 4) 文献引用の記載については，単名の場合は（藤巻，2002；稲葉，2003；Mowlen, 1987），2名の場合は（中條・堀込，1998），3名以上の場合は（Bakke ら，1997；藤川ら，1971）のように記載する（番号，記入は廃止する）。
- 5) 文献の記載順序は，筆頭著者，2番目以降の著者を含め，ABC 順とする。著者名がすべて同一の場合は，年代順とし，同一著者かつ同一年の場合は発表年のあとにアルファベットを附記し区別する（例：大森，1999a, b）。
- 6) 用語，単位など

数字は，算用数字を用い，度量衡の単位および略語は CGS 単位または SI 単位を用いる。数字および英字は半角文字を用いる。

〔例〕度量衡の単位および略語

mol, mmol, N, %, m, cm, mm, μ m, nm, pm, cm^2 , kl, dl, l, ml, μ l, kg, g, mg, μ g, ng, pg, hr, min, sec, rpm, Hz, Bq, cpm, dpm, ppm, ppb, °C, J, pH, LD₅₀, IU, kDa

7) 外国語

外国名，外国機関名等は，原語のまま第1字を大文字で記述する。ただし，国名，地名等は原則としてカタカナで表示する。

8) 動植物名および学名

動植物名は，原則として漢字を使用する。ただし，一般的に使用されているものに限り，それ以外のものは，カタカナで表示する。学名は，初出の箇所では，必ず2名法による正式名を記す。それ以外の箇所では混乱の起こらない限り，属名はイニシャルのみとしてよい。種名について論ずる場合等はこの限りでない。学名はイタリック体とし，命名者名は普通字体とする（英文も同じ）。

9) 薬品名など

薬品・機器名：原則として，薬品名は一般名または局方名をカタカナで表示し，機器名等は一般に使われている名称を和文で表示する。

6. 表・図（写真）の作成は次のとおりとする。

- 1) 表，図（写真）は1枚ごとに作成する。表題および説明は和文，英文のいずれでも可とする。表，図（写真）はそれぞれ第1表（Table 1），第1図（Fig. 1）というように一連の番号を付ける。
- 2) 表はエクセルで作成する。表の表題は表の上側に置く。表中の縦罫線は使用しない。脚注を示すにはアルファベットの逆順に^(a, y, x, ...)肩付けする。統計的有意差を示すにはアルファベットの正順に^(a, b, c, d...)用い，その旨を脚注に示す。アスタリスク（*5%，**1%）の使用は可。
- 3) 写真は，図と記載して一連の番号をつける。カラー印刷を希望する場合は，その旨を明記する（費用は著者負担）。
- 4) 図（写真）の表題および説明文は，図の番号順にまとめて別紙に記載し，図の前に置く。
- 5) 表，図には，それぞれ右肩に筆頭著者名と番号を記入する。

7. 本文中での表，図，写真の挿入箇所は，原稿の右欄外に赤字で指定する。

8. 引用文献の記載は次のとおりとする。

- 1) 記載順序は、2番目以降の著者名を含め、全てアルファベット順とし、著者名が同一の場合は発表年順とする。
- 2) 文献記載は、著者名、年次、表題、誌名、巻、頁とする。
- 3) 引用文献リスト中の英数字の後に付すコンマ (,), ピリオド (.), セミコロン (;), コロン (:) は半角文字とし、その後に半角スペースを挿入する。誌名の短縮形は、それぞれの学会誌の指示に従うものとする。各巻を通じて頁を付してある場合は、巻のみとし、号数は省略する。
- 4) 私信や未発表のデータを引用する場合は、引用文献に記載せず、本文中の引用箇所それぞれ (私信), (未発表) と記す。ただし、投稿して受理されたものは、印刷中 (in press) を巻の後にカッコ付けで付し、引用文献に列記する。
- 5) 単行本の場合は、著者名、年次、書名、頁、発行者、発行地とする。
- 6) 訳本の場合は、著者名、年次、書名 (訳者名)、頁、発行者、発行地とする。
- 7) その他、引用文献記載は所属学会誌に準ずるものとする。なお、英文論文の文献リストにおいては、日本語論文の場合は (In Japanese) を末尾に、日本語論文で Summary ないしは Abstract がある文献には (In Japanese with English summary (or abstract)) を末尾に記入する。日本語で書かれた単行本の場合、英文の題名、著者名、出版社名などがあるときは、ヘボン式ローマ字で表記し、いずれも (In Japanese) を末尾に記入する。

[引用文献の例]

Bakke, H., T. Steine and A. Eggum. 1997. Flavour score and content of free fatty acids in goat milk. *Acta Agric. Scand.* 27: 245-249.

中條忠久・堀込 充. 1998. おおつぶ星. 品種登録. 6926.

藤川琢磨・浜島守男・安田耕作. 1971. 短鎖脂肪酸を含むグリセリドのガスクロマトグラフィーによる脂肪酸組成分析法. *油化学*. 20: 138-143.

藤巻 宏. 2002. 生物統計解析と実験計画. p.86-98. 養賢堂. 東京.

稲葉昭治. 2003. 野菜のポストハーベスト. p.152-190. 矢沢 進編著. 図説野菜新書. 朝倉書店. 東京.

Mowlen, A. 1987. 家畜. p.78-87. Broom, D. M. 編著. 動物大百科第10巻 (正田陽一監修. 澤崎徹他共訳). 平凡社. 東京.

9. 英文原稿の内容区分および配列

- 1) 表紙に Title, Author(s)' name(s), Affiliation(s) and Mailing address(es), 2頁に Summary, Key Words, 3頁以降に Text (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Acknowledgements, References), 和文要約 (表題, 著者名, 所属機関名および所在地を記入) を順番に作成し、最後に Tables and Figures を添付する。ただし、表紙にランニングヘッド (英文) を記入して置く。
- 2) 原稿は著者の責任において文法上の誤りのないようにし、提出前に熟達者の校閲を受けること。外国人英文校閲者の紹介は、編集委員会では行わない。

10. 資料および総説の内容区分と配列

- 1) 資料は、表紙に①表題、②著者名、③所属機関名および所在地、④以上の①～③の英文訳、2頁以降に⑤本文 (体裁は投稿者の裁量とする)、⑥要約、⑦キーワード、⑧引用文献を番号順に作成し、最後に⑨表、図、写真を添付する。
- 2) 総説は、資料の内容区分から⑥要約、⑦キーワードを除いた形で執筆・配列する。

11. 執筆に当たっては、本報告の最新号に掲載してある論文を参照すること。

鹿児島大学農学部農場研究報告
第35号

平成25年 3 月22日 印刷

平成25年 3 月25日 発行

編集兼発行 鹿児島大学農学部附属農場
〒890-0065 鹿児島市郡元一丁目21番24号
電話 (099) 285-8771 (代)

印刷 斯文堂株式会社

