

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580022

研究課題名(和文)わが国西南暖地における食用カンナのバイオマス・デンプン生産性の解明と利用開発

研究課題名(英文) Biomass and starch productivities and utilization of edible canna in the warm south-western district in Japan

研究代表者

山本 由徳 (YAMAMOTO, YOSHINORI)

高知大学・教育研究部・自然科学系・教授

研究者番号：00093956

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：我が国西南暖地の沿岸平坦地(標高：約8.5m)と中山間地(同約520m)において、食用カンナ4系統のバイオマスとデンプン収量および作期(植付け時期)によるこれらの形質への影響について検討した。バイオマス量(地上部+根茎)は、生重で100～185t/ha、乾物重で12～26t/ha、デンプン収量は2～4t/haを示した。早植によりバイオマス、デンプン生産性の向上がみられ、中山間地では地上部に対する根茎のバイオマス生産が促進された。系統間差異は、根茎のバイオマス生産やデンプン収量に認められた。食用カンナの利用面では、地上部のサイレージ化およびデンプンのパスタ麺への利用の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Four edible canna lines were cultivated in the paddy field (upland condition) at the coastal flat plain (altitude: 8.5m) and the hilly and mountainous area (altitude: 520m) with different cropping seasons (planting dates) in the warm south-western district in Japan and measured the biomass and starch production. Biomass (shoot + rhizome) production ranged from 100-185t/ha and 12-26t/ha in fresh and dry weight, respectively, and the starch yield was 2-4t/ha. Early planting promoted both of the biomass and starch productions. The edible canna grown in the hilly and mountainous area showed higher rhizome/shoot weight percentage. Varietal differences were observed in the biomass and starch productions. The possibilities of utilizations of shoot part as silage and starch for pasta noodle making were suggested.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：食用カンナ バイオマス デンプン 作期 中山間地 利用開発 ベトナム

## 1. 研究開始当初の背景

食用カンナ (*Canna* spp.) は、中南米原産の大型多年草で、根茎、茎葉のバイオマス生産に優れ、熱帯・亜熱帯地域ではデンプンを蓄積する根茎が食用として利用されるのみならず、飼料、薬用、食品加工原料など、多用途に利用されている。栽培が容易であることから、高温多湿なわが国西南暖地の中山間地や平坦地の休耕水田への導入作物として期待されるが、栽培事例がほとんどなく、利用開発に関してもほとんど手が付けられていない。本研究では、食用カンナを西南暖地の有望な多用途利用作物として位置づけ、そのバイオマス・デンプン生産性および利用開発について検討し、西南暖地の新規特産作物としての可能性を探る。

## 2. 研究の目的

食用カンナは、ショウガ目カンナ科の植物のうち、その肥大する根茎を食用に利用している種類の総称である。中南米を原産地とする大型の多年草で、古くはインカ文明の頃よりアンデス地域でデンプン食として利用されてきた歴史がある。現在では温帯から熱帯地方の世界中に分布している。

わが国では 1980~90 年代に、いくつかの栽培事例がみられる。しかし、西南暖地での栽培事例はなく、食用カンナのバイオマスやデンプン生産性についての検討は行われていない。このような背景から、研究代表者は研究分担者の田中（高知県立牧野植物園）が東南アジアを中心に収集した食用カンナ 4 系統について、わが国西南暖地の休耕水田への導入を目標として、予備的に栽培試験を開始した。

本研究では、以上の予備的試験を背景に、わが国西南暖地での食用カンナの新規導入作物としてのバイオマス生産性や根茎のデンプン収量性を評価する。これに加えて、新規導入作物としての利用開発のために、既に予備的に実施してきた試験結果を基に、地上部は家畜飼料としてのサイレージ化について、また、根茎のデンプン利用に関しては、新食感の Pasta 製造の可能性について検討

した。

## 3. 研究の方法

### (1) 栽培試験

2011 年~13 年にかけての 3 ケ年に亘り、第 1 表に示したように、高知県沿岸平坦地（南国市篠原：標高約 8.5m）と中山間地（長岡郡大豊町怒田：標高約 520m）の農家休耕水田において、作期（植付時期）と供試系統（台湾赤：2 倍体、台湾緑：3 倍体、ベトナム赤：3 倍体、パプア：2 倍体）を組み合わせて栽培試験を行った。施肥（a 当たり）は、パー

第 1 表 各試験年度の植付け日と供試系統

| 年度   | 場所 <sup>1)</sup> | 植付け日  |        | 収穫日    | 供試系統                 |
|------|------------------|-------|--------|--------|----------------------|
|      |                  | (月・日) | (月・日)  |        |                      |
| 2011 | 南国               | 4月15日 | 11月21日 | 11月21日 | 台湾赤, 台湾緑             |
|      | 南国               | 5月16日 | 11月21日 |        | 台湾赤, 台湾緑             |
| 2012 | 南国               | 5月17日 | 11月21日 | 11月21日 | 台湾赤, 台湾緑, ベトナム赤, パプア |
|      | 大豊               | 5月24日 | 11月14日 |        | 台湾赤, 台湾緑, ベトナム赤, パプア |
| 2013 | 南国               | 4月16日 | 11月21日 | 11月21日 | 台湾赤                  |
|      | 南国               | 5月15日 | 11月21日 |        | 台湾赤, 台湾緑, ベトナム赤, パプア |
|      | 大豊               | 5月15日 | 11月12日 |        | 台湾赤                  |
|      | 南国               | 6月15日 | 11月21日 |        | 台湾赤                  |
|      | 大豊               | 6月15日 | 11月21日 |        | 台湾赤                  |

1) 南国: 南国市篠原 (標高約8.5m)・大豊: 大豊町怒田 (標高約520m)。

ク堆肥 400kg、苦土石灰 15kg を全層に施用し、N 1.5kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.3kg、K<sub>2</sub>O 1.3kg を畦表面から約 20cm の深さに条施した。畦幅は約 90cm、畦高約 20cm、株間は約 50cm として、台湾赤では約 100g、その他の系統では約 200g に調整した種イモを約 8cm の深さに植付けた。各年度とも各処理区は 2 反復とした。植付け後、定期的に生育調査し、7 月から 11 月の間に約 1~2 ヶ月毎に計 3~4 回サンプリングして、地上部と根茎の生重および乾物重を測定し、根茎乾物材料のデンプン含有量を分析し、根茎の乾物重とデンプン含有率よりデンプン収量を算出した。

### (2) 地上部のサイレージ化試験と肉用肥育牛への給餌効果に関する試験

収穫期に刈り取った食用カンナ地上部を細切してサイレージに調整し、一般成分および発酵品質を分析した。そして、高知大学農学部附属 FSC の高知系褐色和種計 9 頭を供試し、食用カンナ給餌区（去勢牛 3 頭および雌牛 2 頭）および無給餌区（去勢牛 3 頭および雌牛 1 頭）に分け、それぞれを群飼育した。試験期間は、6 から 26 ヶ月齢までの 21 ヶ月

間であった。さらに、6 から 10 ヶ月齢までは育成期とし、11 から 26 ヶ月齢までは肥育期とした。育成期には粗飼料および濃厚飼料を給餌し、食用カンナ給餌区にはサイレージ加工した食用カンナを添加した。肥育期では、食用カンナ給餌区のカンナ給餌を止め、無給餌区と同様に粗飼料および濃厚飼料を与えた。1 ヶ月ごとに体重を測定し、増体量を算出した。飼料摂取量、飲水量および排出物量は毎日計測し、飼料および排出物の一部はリンの含量を測定した。肥育終了後、高知県広域食肉センターに出荷し、食肉処理を行った。そして、骨格筋内脂肪の融点を測定し、脂肪酸組成をガスクロマトグラフ法によって分析した。さらに、試験牛の毛根から DNA を抽出し、RFLP-PCR 法によりステアロイル CoA デサチュラーゼ (以下、SCD) 遺伝子型を調査した。

### (3) カンナデンプンの理化学的特性とパスタ麵への利用に関する試験

食用カンナデンプンのもつ高い粘度特性を活かした新食感パスタを提供することを目的として、主原料の小麦粉に一定程度の割合の食用カンナデンプンを混ぜ合わせた食用カンナデンプンパスタの試験製造を行い、その品質評価を行った。

台湾赤系統の根茎から得た食用カンナデンプンを、小麦粉 100g に対して 15、30、45g の割合で混合させた生地より、フェットチーネパスタを試作し、その色調、咀嚼程度を示すヤング率、食味官能評価を行った。

### (4) ベトナムにおける食用カンナの栽培と利用に関する現地調査

2011 年 8 月にはベトナム、ハノイ市北西部とホーチミン市の東に位置するドン・ナイ省において、また 2012 年 12 月にはベトナム北西部のフンエン省コアイチャウ県、ホアビン省ダバック県およびソンラ省モクチャウ県で食用カンナの栽培現場の視察と農家へのインタビューを行った。また、ハノイ市北西部のホアイ・ドゥック地区とフンエン省コアイチャウ県において、デンプン工場および製麵工場を見学し、食用カンナデンプンの利用

に関する情報を収集した。

## 4. 研究成果

### (1) 栽培試験

#### 2011 年の結果

同じ作期を設けた 2013 年度と比較すると、4 月植区と 6 月植区の生育期間中の平均気温は、それぞれ 22.1、23.0 で等しかったが、降水量は、2011 年度が 2013 年度に比べて 650mm 前後多かった。平均出芽日は 4 月植(早植)区で 20~26 日目、5 月植(普通植)区で 15~20 日目で、最終的な出芽率は普通植区の台湾緑で 81.1%、その他の処理区で 96.2~98.5%となった。最終草丈は 2.60~2.77m で作期、品種による有意差はみられなかった。分枝数は台湾赤で 4.9~6.3 本/株、台湾緑で 17.0~17.4 本/株となり、品種間に有意差が認められたが、作期による有意差はみられなかった。収穫期における ha 当たり試算収量 [生重(乾物重)] は早植区の台湾赤 [地上部 72t (9.9t); 根茎 67t (11.8t)], 台湾緑 [94t (13.0t); 48t (9.1t)], 普通植区の台湾赤 [94t (12.3t); 68t (10.4t)], 台湾緑 [87t (11.8t); 54t (9.1t)] となり、根茎の生重は台湾赤で台湾緑に有意に優った。デンプン含有率は早植区 27.0~32.5%、普通植区 24.0~25.3%、デンプン収量(乾燥)は早植区 3.0~3.2t/ha、普通植区 2.2~2.6t/ha となり、両品種とも普通植区より早植区でそれぞれ高い傾向が見られたが、作期および品種間に有意差は見られなかった。

以上より、早植えにより食用カンナの根茎のデンプン含有率が高くなり、デンプン収量はやや増加するが、地上部および根茎のバイオマス収量への影響は小さいことが明らかになった。

#### 2012 年の結果

沿岸平坦地の南国市篠原(以下、南国)と中山間地の大豊町怒田(以下、大豊)の生育期間の平均気温と降水量は、それぞれ 22.2、1934mm と 18.3、1843mm であり、平均気温は大豊で約 4 低かった。各系統の平均出芽日は、南国で植付け後 11~16 日目、

大豊で 11~17 日目で、台湾緑が他の系統より 3~6 日遅かったが、南国と大豊間に差異は認められなかった。出芽率は、いずれの系統もほぼ 100%を示した。最終草丈と分枝数は、南国と大豊でそれぞれ 2.66~2.80m, 5.5~7.0 本, 2.21~2.58m, 4.0~6.8 本で、両圃場とも品種間に有意差は認められなかった。収穫期における ha 当たりの地上部と根茎の生重(乾物重)は、南国と大豊でそれぞれ 87~115t (11.5~14.4t), 42~80t (7.7~12.7t) と 71~76t (9.4~9.9t), 30~65t (5.0~9.5t) で、両圃場で台湾赤が他の 3 系統よりも根茎重が有意に高かったが、地上部重には系統間に有意差はなかった。また、圃場間では地上部重と根茎乾物重は大豊に比べて南国で有意に高かったが、根茎生重には有意差は認められなかった。系統間では、パパアの根茎乾物重は大豊で南国に比べて有意に劣った。

以上より、食用カンナの生育は、西南暖地の中山間地では沿岸平坦地と比べて地上部のバイオマス量は劣るが、系統によっては根茎のバイオマスへの影響は比較的小さいことが明らかとなった。

#### 2013 年の結果

両圃場とも台湾赤では、植付け時期が遅くなるに従って生育期間の平均気温が高くなり、降水量は少なくなった。両圃場の 5 月植区と 6 月植区を比較すると、平均気温は大豊が 3.2~3.3 南国よりも低く、降水量は大豊が約 400mm 多かった。台湾赤の平均出芽日は、植付け時期が遅くなるに従って気温が高くなり、それに伴い早くなり、南国の 4 月植区と 6 月植区の間には約 10 日間の差がみられた。5 月植の系統間では、台湾赤が最も早く、ベトナム赤でもっとも遅くなった。台湾赤では植付け時期、圃場に関わりなく、出芽率は 95%以上と高かったが、台湾緑とベトナム赤では、それぞれ 82%, 76%と低かった。これは種イモの保存状態が悪く、一部に腐敗がみられたことによる。台湾赤では、両圃場において植付け時期が早い区ほど最終草丈(2.09~2.87m)、茎数(3.0~5.8 本)が多くなり、南

国の 4 月植区と 6 月植区の間には有意差がみられた。同じ作期の両圃場を比較すると、6 月植区の茎数が南国で大豊より有意に多くなった。台湾赤の地上部と根茎の生重(48.9~106.4 t/ha; 47.8~72.6t/ha)および乾物重(6.9~13.4/ha; 6.2~10.7t/ha)は、作期の早いほど優り、特に地上部重は、作期間に有意差がみられたが、根茎重には有意差はみられなかった。また、圃場間を比較すると、5 月植区の地上部重は南国で大豊に優ったが、6 月植区の地上部と 5 月、6 月植区の根茎重は、大豊で優った。その結果、根茎重/地上部重比率は、大豊で 20~30%高くなった。根茎のデンプン含有率(28.4~40.6%)も作期の早い区ほど高くなり、また、大豊で南国より有意に高くなった。その結果、デンプン収量(1.76~4.34t/ha)は、両圃場とも作期の早いほど、また南国に比べて大豊で高くなった。

5 月植した各系統の生育を見ると、最終の草丈(2.22~2.48m)、茎数(5.5~8.3 本)には、系統間に有意差はみられなかった。また、地上部と根茎の生重(80.9~101.8t/ha; 32.3~68.5t/ha)および乾物重(10.1~12.7t/ha; 6.4~9.6t/ha)には有意差はみられなかったが、地上部重はベトナム赤で、根茎重は台湾赤で高くなった。その結果、根茎/地上部重比率は、台湾赤で他の系統よりも高くなった。デンプン含有率は 30.0~38.3%で台湾緑とパパアが台湾赤とベトナム赤に比べて有意に高くなったが、デンプン収量(2.4~3.05t/ha)には有意差はみられなかった。

以上より、早植により地上部、根茎のバイオマス量が優り、また根茎デンプン含有率が高くなってデンプン収量も多くなる傾向にあり、早植の有利性が示された。また、中山間地での食用カンナの栽培は、沿岸平坦地に比べて根茎収量とデンプン含有率が優り、デンプン生産には有利であることが明らかとなった。5 月植の系統間にバイオマス、デンプン収量に有意差はみられなかったが、台湾緑とパパアのデンプン含有率が他の 2 系統に

比べて高いことが示された。

#### (2) 地上部のサイレージ化試験と高知系褐色和種牛への給餌効果に関する試験

サイレージ化食用カンナのカルシウムおよびリン含量は、一般的な粗飼料よりも高い傾向にあった。試験開始時のカンナ給餌区の平均体重は 158.9 kg、無給餌区は 146.1 kg、カンナ給餌終了時の平均体重は給餌区で 286.6 kg、無給餌区で 267.8 kg であった。育成期において、給餌区のほうが無給餌区よりも増体がよい傾向が認められた。肥育期における 1 頭当たりの飼料摂取量（乾燥重量）および排出物量（乾燥重量）の総量は、給餌区では 2865.1 kg および 789.5 kg、無給餌区では 2809.9 kg および 737.3 kg であった。また、リンの摂取量を 100 とした場合の排泄量の割合は給餌区で 103.8%、無給餌区で 130.8% となった。枝肉調査の結果、出荷時体重、枝肉総重量、胸最長筋面積、バラ厚および皮下脂肪厚には差は認められなかった。一方、脂肪融点は、給餌区では  $28.6 \pm 1.6$ 、無給餌区は  $35.0 \pm 0.7$  となり両区の間には有意な差が認められた。この脂肪融点の違いは遺伝的背景ではないことが示唆された。

以上より、高知系褐毛和種へのサイレージ化食用カンナの給餌は、育成期の増体を促し、骨格筋内脂肪の融点を低下させる効果があることがわかった。さらに、肉用牛飼養における肥育時の物質収支が明らかとなり、今後、循環管理システム構築のための基礎データとして利用する予定である。

#### (3) 食用カンナデンプンの理化学的特性とパスタ麺への利用に関する試験

カンナデンプンの吸水率は、約 70% で小麦粉の 85.4% に比較し吸水性が低い特性を有する。また、カンナデンプンを配合したパスタは、色差指標  $L^*$  値が基準パスタに比較して低い値を示し、いずれの試験配合でも暗い色調となった。ゆで上がりの硬さ指標となるヤング率は、45% 配合でゆで時間 1 分のカンナデンプン配合パスタは、基準パスタよりも柔らかい食感となった。食味官能評価では、15~45% 配合したパスタが、基準パスタに比較し

官能評価平均値で +0.65 の良い評価を得た。また味そのものについては、15~45% 配合のいずれの試験区においても官能評価平均値で +0.45~+0.9 と、いずれも基準パスタよりも好まれる結果となった。

色調は小麦のみの場合に比較し、くすんだ色を呈し、ヤング率よりやや硬い食感となるものの、官能評価では、つや、なめらかさ、および匂いの評価において、小麦のみで作成したパスタよりも良い評価を得た。

カンナデンプンを添加したパスタは、食感としては少し硬くはなるが、ソバのような噛みやすさがある。また、茹で上げ時の芯の硬さも、小麦を主材料とするパスタと変わらない（有意差なし）。カンナデンプンの構造的な改良を加えることで、熱変性後との硬度を改善すれば、噛みやすさの特徴を活かした新食感のパスタになり得るものと考えられる。

#### (4) ベトナムにおける食用カンナの栽培と利用に関する現地調査

ベトナムに食用カンナがもたらされたのは、19 世紀の初めである。その後、栽培が試みられたが、デンプンの抽出方法が不明で栽培が途絶えた。フランス-ベトナム戦争が終結した 1950 年代後半に、食糧（コメ）不足からこれを補うために、キャッサバなどと共に食用カンナの栽培が奨励された。その後、ハノイ市のホアイ・ドゥック地区では、食用カンナからのデンプン抽出とそれを利用した麺づくりが開始された。特に、1986 年以降、カンナ麺の需要増加に伴い、食用カンナ栽培が増加し、現在は北部の諸省（ホア・ビン、ハノイ、ソン・ラ、ライ・チャウなど）や南部の一部の省（ドン・ナイ、ギア・ライなど）で 30,000~40,000ha の栽培（平均根茎収量は 30-40t/ha）がみられる。

食用カンナの栽培が盛んなベトナム北西部では、1 月~3 月に植付け、10 月~1 月に収穫される。一方、南部では、3 月に植付け、9 月~12 月に収穫される。根茎収量はいずれも 30-40t/ha 程度と推定された。また、形態学的調査より、現在、北部、南部共に栽培される食用カンナは典型的な *Canna x*

*discolor* Lindl.のタイプとはやや異なった系統に置き換わっていることがわかった。訪問したデンプン抽出工場は、いずれも小規模工場で、1日の根茎処理量は1~18t程度で、デンプン収率は14~30%であった。カンナ麺の製造方法は、Steam-Sheeting法と呼ばれる方法で、1tの濡れデンプン(含水量38~41%)から約600kgの乾麺が製造されていた。カンナ麺は、主にフォー(Pho')として利用される。米粉のフォーに比べて弾力性に富み、のどごしが良く美味である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 6 件)

山本由徳・戸部美紀・宮崎彰・田中伸幸 西南暖地における食用カンナの生育および収量性に及ぼす早植の影響, 日本熱帯農業学会, 2014年3月27日, 東京大学

坂口仁規・筒井裕文・大下和徹・高岡昌輝・深田陽久・藤原拓・松川和嗣, 高知系褐毛和種肥育牛の飼養におけるマスバランスの評価, 日本畜産学会, 2013年9月9日, 新潟大学

山本由徳・西村美彦・Tang Thi Hanh・Dao Huu Binh・田中伸幸・宮崎彰, ベトナム北西部における食用カンナデンプンの製造と製麺加工, 日本熱帯農業学会, 2013年3月31日, 茨城大学

西村美彦・山本由徳・Tang Thi Hanh・Dao Huu Binh・田中伸幸・宮崎彰 ベトナム, 北西部における食用カンナの生産と栽培, 日本熱帯農業学会, 2013年3月31日, 茨城大学

山本由徳・田中伸幸・L.H. Nga・宮崎彰 ベトナムにおける食用カンナ (*Canna discolor* Lindl.) の栽培と利用の現状, 日本熱帯農業学会, 2012年10月7日, 名古屋大学

河野俊夫・山本由徳・疋田慶夫 食用カンナ澱粉を用いたパスタの品質評価に関する研究, 日本調理科学会, 2012年8月24

日, 秋田大学

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://home.cc.kochi-u.ac.jp/~miyazaki/sakumotuhp/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山本 由徳 (YAMAMOTO, YOSHINORI)  
高知大学・教育研究部・自然科学系・教授  
研究者番号: 00093956

##### (2) 研究分担者

宮崎 彰 (MIYAZAKI, AKIRA)  
高知大学・教育研究部・自然科学系・准教授

研究者番号: 00304668

河野 俊夫 (KAWANO, TOSHIO)

高知大学・教育研究部・自然科学系・教授  
研究者番号: 60224812

松川 和嗣 (MATSUKAWA, KAZUTSUGU)

高知大学・教育研究部・総合科学系・准教授

研究者番号: 00532160

田中 伸行 (TANAKA, NOBUYUKI)

(財)高知県牧野記念財団・その他部局  
等・研究員

研究者番号: 40393433

##### (3) 連携研究者

井ノ内 直良 (INOUCHI, NAOYOSHI)

福山大学・生命工学部・教授

研究者番号: 80193621