

豚ふん尿由来液肥，牛ふん堆肥，汚泥発酵肥料の施用が 春植え－株出し体系サトウキビおよび国頭マージ土壤に及ぼす影響

山口典子・境垣内岳雄¹⁾・氏原邦博²⁾・田中章浩³⁾

(2016年9月13日 受理)

要 旨

山口典子・境垣内岳雄・氏原邦博・田中章浩：豚ふん尿由来液肥，牛ふん堆肥，汚泥発酵肥料の施用が春植え－株出し体系サトウキビおよび国頭マージ土壤に及ぼす影響。

農研機構研究報告 九州沖縄農研 66：121 - 133

沖縄本島北部地域の酸性で石灰，苦土に乏しい国頭マージ土壤において，地域の有機質資源である豚ふん尿由来液肥，牛ふん堆肥，汚泥発酵肥料の施用が春植え－株出し体系サトウキビの生育，収量および品質と国頭マージ土壤の化学性に及ぼす影響について検討した。その結果，豚ふん尿由来液肥（アンモニア態窒素の投入量が「慣行区」の基肥の窒素投入量とほぼ同等となる量）を施用後，さらに基肥および追肥として施肥基準量の窒素，リン酸，カリ肥料を施用する，金武町で一般的な栽培方法の「慣行区」に対して，「慣行区」の追肥の窒素肥料に相当するアンモニア態窒素を含む豚ふん尿由来液肥で追肥を代替する減化学肥料栽培の「追肥有機区」では，春植え，株出し栽培ともに「慣行区」並の原料茎重，甘蔗糖度が得られた。さらに牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料で基肥も代替する無化学肥料栽培の「完全有機区」では，春植え栽培の原料茎重，甘蔗糖度は「慣行区」より劣ったものの，株出し栽培の原料茎重，甘蔗糖度は「慣行区」並だった。また，栽培前の分析値と比べて株出し栽培後の「慣行区」の土壤 pH は低下し，「慣行区」と「追肥有機区」の交換性カリ，石灰，苦土含量は減少していたが，「完全有機区」の土壤 pH，可給態リン酸，交換性石灰，苦土含量は増加傾向で，サトウキビが多く吸収する交換性カリも栽培前の値を維持していた。以上より，豚ふん尿由来液肥，牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料を施用することでサトウキビの減・無化学肥料栽培が可能であり，土壤に残存する肥料成分により，国頭マージ土壤の化学性が改善されることが示された。

キーワード：沖縄，サトウキビ，国頭マージ，豚ふん尿，汚泥発酵肥料

I. 緒 言

沖縄県において，サトウキビは農家数の約8割，農作物作付面積の約5割，農業産出額の約2割を占める基幹作物である（沖縄県農林水産部，2014a）。沖縄県におけるサトウキビの作型には，蔗苗を1月から3月に植え付け翌年の1月から3月に収穫する「春植え栽培」，蔗苗を8月から9月に植え付け翌々年の1月から3月に収穫する「夏植え栽培」，およびサトウキビ収穫後に地下株から萌芽する芽を肥培管理し，翌年の1月から3月に再度収穫する「株出し栽培」がある。沖縄本島においては，春植えおよび株出し栽培が約9割を占めている（沖縄県農

林水産部，2013）。

一方，農業産出額の1位はその約4割を占める畜産業であり，サトウキビ栽培と並ぶ農業の基幹産業である（沖縄県農林水産部，2014a）。畜産業で発生する家畜ふん尿については，処理施設の利用状況（沖縄県農林水産部畜産課，2010）によると，一部は浄化処理されるが，多くは堆肥化または液肥化され地域の有機質資源として農業利用されている。

家畜ふん尿の農業利用に関連する研究成果として，比屋根ら（2008，2009）は，沖縄本島南部地域のアルカリ性土壤であるジャーガルにおいて，最終追肥に豚ふん尿曝気処理水を施用して化学肥料の使用量を2割または4

割削減するサトウキビ栽培試験を行い、春植えおよび株出しサトウキビの減肥栽培が可能であることを示した。また久場ら (1998) は、沖縄本島北部の金武町において、化学肥料はリン酸のみを施用し、窒素とカリは全量を発酵豚ふん尿で置き換えてサトウキビの春植え栽培が可能であることを示した。

金武町は沖縄県の中でも耕蓄連携に積極的な自治体であり、町内の養豚で発生するふん尿を回収し、町内5箇所に計6基ある貯留槽で45～60日程度保管・熟成後、その上澄みを豚ふん尿由来液肥として町内の農地に散布している。豚ふん尿の回収は年間を通して行われているが、サトウキビ畑への豚ふん尿由来液肥の投入は、農地が裸地状態になる収穫から次作の植え付け、または株出し管理作業までの2月から3月に行うことが多く、投入時期に偏りが生じており、更なる有効活用が必要である。また、金武町においては新たな集落排水処理施設を計画中であり、汚泥の有効活用の検討も必要とされている (金武町産業振興課, 2008)。

そこで本研究では、金武町において、春植え-株出し体系のサトウキビに対して地域の有機質資源である豚ふん尿由来液肥を基肥および追肥として施用する試験を2カ年間行い、豚ふん尿由来液肥の利用によるサトウキビの減化学肥料栽培と豚ふん尿由来液肥と牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料の利用による無化学肥料栽培がサトウキビの生育、収量および品質に及ぼす影響について検討した。さらに、豚ふん尿由来液肥、牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料の施用が酸性で塩基に乏しい赤黄色土である国頭マージ (足立・與古田, 1981) における窒素、リン酸、カリの養分収支に及ぼす影響と土壤の化学性に及ぼす影響も検討した。それらの結果について報告する。

本研究は、農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「南西諸島における家畜糞尿を核とした地域バイオマス利活用モデル構築 (課題番号 24013)」の研究費補助を受けて実施した。知花勝氏、名嘉眞繁氏および金武町役場、沖縄県北部農林水産振興センター、沖縄県畜産研究センター、沖縄県農業協同組合金武支店、株式会社金武有機堆肥センター、ヤンマー沖縄株式会社、株式会社アースノートの関係各位にご協力いただいた。また、論文作成にあたり、東京農工大学豊田剛己教授、九州沖縄農業研究センター生産環境研究領域の古賀伸久博士に有益なご助言をいただいた。感謝の意を表する。

II. 材料および方法

1. 試験圃場の概要と土壤中養分の分析方法

試験は沖縄県金武町の農家圃場 (北緯 26° 27' 05", 東経 127° 56' 10") で行った。土壤は国頭マージである。土壤試料は、2013年3月1日に春植え栽培前の表層土 (0～20 cm) と 2015年1月21日に株出し栽培後の株元の表層土 (0～20 cm) を3. 栽培概要で示す各処理区から採取し、風乾・粉碎後 2 mm の篩いを通して供試土壤とした。pH (H₂O), 電気伝導率 (EC), 無機態窒素含量, 可給態リン酸 (Truog) 含量, 交換性カリ, 石灰, 苦土含量は土壤環境分析法編集委員会 (1997) に準じて分析を行った。2 mol L⁻¹ の塩化カリウム溶液で抽出した無機態窒素のアンモニア態窒素と硝酸態窒素はオートアナライザー (AACS-2, ブランルーベ社製) で定量した。2013年3月1日に採取した栽培前土壤の測定項目の平均値は、国頭マージにおけるサトウキビ畑の土壤診断基準 (沖縄県, 1979) の値と比較すると、交換性カリ含量のみ基準値の範囲を超え、pH (H₂O), 可給態リン酸, 交換性石灰, 苦土含量は基準値の範囲を下回っていた。また、春植え栽培前に同一圃場の処理区外から採取した土壤の全炭素含量は 7.8 g kg⁻¹, 全窒素含量は 1.1 g kg⁻¹ であり、土壤診断基準 (沖縄県, 1979) の炭素含量 (腐植含量で 20～50 g kg⁻¹, 炭素換算で 12～29 g kg⁻¹) よりも低い値であった。

2. 豚ふん尿由来液肥, 牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料の成分特性

試験に用いた豚ふん尿由来液肥 (以後、液肥) は、前記の金武町内の貯留槽の上澄み部分を施用直前にバキュームカーで採取したものである。施用した液肥の成分値を第1表に示した。液肥の水分は乾物率から求め、pH はガラス電極で、EC は電気伝導率計で測定した。窒素全量はケルダール分解後、分解液中のアンモニア態窒素濃度を比色定量で、リン酸、カリ、石灰、苦土全量は硝酸-硫酸分解後、分解液中のリン酸含量は比色法で、カリ、石灰、苦土含量は原子吸光光度法で定量した。水溶性のアンモニア態窒素、リン酸、カリ含量は液肥を 1400 × g で 10 分間遠心分離し、その上澄みを 625 倍希釈した後、さらに 0.22 μ m のフィルターでろ過し、イオンクロマトグラフィーで定量した。牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料については沖縄県内で生産された市販品を使用

し、水分含量、pH、EC、リン酸、カリ、石灰、苦土の全量の分析は堆肥等有機物分析法（（財）日本土壌協会、2010）に準じて行った（第1表）。全窒素および全炭素含

量は70℃で乾燥後微粉碎した試料について全自動元素分析装置（エレメンタル社、vario EL cube）で定量し、C/N比を算出した。

第1表 供試液肥、牛ふん堆肥、汚泥発酵肥料の成分特性

	施用日	水分量 %	pH	EC dS m ⁻¹	C/N	全量					三要素水溶性成分		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O
豚ふん尿由来液肥	2013年												
	3月1日	98.0	7.5	19.5	—	0.23	0.19	0.18	0.10	0.08	0.18	<0.01	0.13
	5月9日	97.8	7.7	18.6	—	—	—	—	—	—	0.15	<0.01	0.12
	7月5日	99.4	8.0	14.4	—	0.21	0.01	0.17	0.01	0.01	0.11	<0.01	0.10
	7月26日	99.3	7.9	14.2	—	0.21	0.02	0.17	0.02	0.01	0.11	<0.01	0.11
	2014年												
	3月4日	98.8	7.7	17.8	—	0.27	0.10	0.15	—	—	0.17	0.01	0.12
	5月25日	98.6	7.8	15.8	—	0.24	0.11	0.13	0.07	0.05	0.12	0.01	0.09
	7月17日	99.4	7.9	13.3	—	0.16	0.02	0.11	0.01	0.01	0.10	<0.01	0.07
	7月29日	99.5	8.1	12.7	—	0.17	0.01	0.12	0.01	<0.01	0.10	0.01	0.07
牛ふん堆肥	2013年												
	3月7日	48.7	8.0	5.4	12.2	1.4	2.8	2.1	7.1	1.3	—	—	—
汚泥発酵肥料	3月7日	42.9	6.8	3.8	10.0	1.6	3.1	0.7	9.9	1.0	—	—	—

- a) 豚ふん尿由来液肥において水溶性成分の硝酸態窒素（NO₃-N）は検出されなかった。
- b) —は未分析。2013年5月9日に施用した豚ふん尿由来液肥の窒素、リン酸、カリの全量は3月1日、7月5日、7月26日の分析値を平均した値を用いた。
- c) 2014年に施用した汚泥発酵肥料については未分析のため、2013年の分析値を用いた。

第2表 各処理区における化学肥料、液肥、牛ふん堆肥、汚泥発酵肥料の施用日および施用量

	慣行区	追肥有機区	完全有機区
植え付け前	3月1日に液肥37 t ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々83, 69, 66 kg ha ⁻¹ 、アンモニア態窒素で68 kg ha ⁻¹ ）		
2013年春植え	基肥 3月8日にBB666号（16-6-6）を380 kg ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々60, 23, 23 kg ha ⁻¹ ） 追肥 5月5日にBB666号380 kg ha ⁻¹ 、7月4日にBB666号500 kg ha ⁻¹ （追肥合計として窒素、リン酸、カリ各々140, 53, 53 kg ha ⁻¹ ）	（慣行区と同じ） 5月9日に液肥30 t ha ⁻¹ 、7月5日に液肥45 t ha ⁻¹ 、7月26日に液肥45 t ha ⁻¹ とし、合計120 t ha ⁻¹ （追肥合計として窒素、リン酸、カリ各々255, 32, 210 kg ha ⁻¹ 、アンモニア態窒素で150 kg ha ⁻¹ ）	3月7日に牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料を各々5.5 t ha ⁻¹ 、合計11 t ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々149, 321, 152 kg ha ⁻¹ ） （追肥有機区と同じ）
株出し管理時	3月4日に液肥50 t ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々135, 49, 77 kg ha ⁻¹ 、アンモニア態窒素で87 kg ha ⁻¹ ）		
2014年株出し	基肥 3月3日にBB666号430 kg ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々69, 26, 26 kg ha ⁻¹ ） 追肥 5月25日にBB666号430 kg ha ⁻¹ 、7月16日にBB666号580 kg ha ⁻¹ （追肥合計として窒素、リン酸、カリ各々161, 60, 60 kg ha ⁻¹ ）	（慣行区と同じ） 5月25日に液肥40 t ha ⁻¹ 、7月17日に液肥55 t ha ⁻¹ 、7月29日に液肥50 t ha ⁻¹ とし、合計145 t ha ⁻¹ （追肥合計として窒素、リン酸、カリ各々272, 58, 171 kg ha ⁻¹ 、アンモニア態窒素で158 kg ha ⁻¹ ）	3月3日に汚泥発酵肥料10 t ha ⁻¹ （窒素、リン酸、カリ各々125, 312, 83 kg ha ⁻¹ ） （追肥有機区と同じ）

- a) 慣行区の化学肥料の施用量は沖縄県のさとうきび栽培指針（沖縄県農林水産部、2006）に準じた。
- b) 窒素、リン酸、カリは各資材の含量と施用量から算出した。
- c) 2013年の春植え栽培において5月9日に施用した豚ふん尿由来液肥の窒素、リン酸、カリの全量は未分析であったため、3月1日、7月5日、7月26日の分析値を平均した値を用いた。
- d) 2014年の株出し栽培に施用した汚泥発酵肥料の窒素、リン酸、カリの含量は2013年の春植え栽培で使用した汚泥発酵肥料の分析値を用いた。

3. 栽培概要

栽培試験は春植え、株出し栽培の2作を同一圃場で行った。1作目の春植え栽培は2013年3月8日にサトウキビ品種 NiF8 を植え付け、収穫調査は同年12月25日に行った。2作目の株出し栽培は春植え収穫後の2014年3月10日に中耕を行い、株出し栽培を開始し、収穫調査は2015年1月21日に行った。処理区は春植え、株出し栽培ともに「慣行区」、「追肥有機区」および「完全有機区」の3処理とし、各処理区における化学肥料、液肥、牛ふん堆肥、汚泥発酵肥料の施用日および施肥量は第2表に示した。なお金武町では、春植えおよび夏植え栽培の蔗苗植え付け前、また株出し栽培では株揃え、根切り・中耕など(宮里, 1986)の株出し管理作業前後に基肥としての効果を期待して液肥を土壌表面に施用することが一般に行われている。このため、春植え栽培の植え付け前と株出し管理作業時に慣行区を含む全ての処理区の土壌表面に春植え栽培で37 t ha⁻¹、株出し栽培で50 t ha⁻¹の液肥を施用した(第2表)。液肥の施用量は液肥中のアンモニア態窒素の投入量が基肥の窒素投入量(春植え栽培で60 kg ha⁻¹、株出し栽培で69 kg ha⁻¹)とほぼ同等となる量とした。液肥の表面散布は春植え栽培では2013年3月1日に行い、2013年3月7日に土壌と混和した。株出し栽培では2014年3月4日に液肥をサトウキビ株元の土壌表面に散布した後、2014年3月10日に株元に畦間の土壌を覆土した。

上記のように春植え、株出し栽培ともに全処理区共通の液肥施用を行った上で、「慣行区」では沖縄県のさとうきび栽培指針(沖縄県農林水産部, 2006)に準じ慣行の化学肥料の施肥を行った。春植え栽培では2013年3月8日に畦間140 cmで作畦後、基肥の化学肥料を植え溝に条施し、薄く覆土した上にサトウキビの二芽苗を並べ、苗を覆土して植え付けを行った。追肥は、5月5日および7月4日の培土時に化学肥料を株元に条施し、肥料が覆土されるようにした。株出し栽培では2013年春植え収穫後の刈り株の株元に、2014年3月3日に基肥として化学肥料を施用し、その後3月10日に覆土を行った。追肥は春植え栽培同様、5月25日および7月16日の培土時に化学肥料を株元に条施した。

「追肥有機区」では、基肥は「慣行区」と同様に行い、追肥は「慣行区」とは異なり直前に貯留槽から採取した第1表の液肥を用いた。液肥は液肥中のアンモニア態窒素の投入量が慣行区の追肥の窒素投入量(春植え栽培で

140 kg ha⁻¹、株出し栽培で161 kg ha⁻¹)とほぼ同等となる量を施用した(第2表)。また、メタン発酵消化液の畑地における液肥施用のマニュアル(農村工学研究所, 2012)には、液肥を均一に施用するには50から60 t ha⁻¹が1回の施用量の限界との記述があることから、本試験における液肥の施用も60 t ha⁻¹を超えないようにした。液肥は、春植え栽培では2013年5月9日と7月5日の培土後に各々30 t ha⁻¹と45 t ha⁻¹、7月26日に45 t ha⁻¹の計120 t ha⁻¹を施用した。また、株出し栽培では2014年5月25日と7月17日の培土後に各々40 t ha⁻¹と55 t ha⁻¹、7月29日に50 t ha⁻¹の計145 t ha⁻¹を施用した。液肥は培土時に碎土された土壌の表面に施用したため、速やかに浸透した。

「完全有機区」では、基肥として牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料を用いた。春植え栽培では作溝前日の2013年3月7日に牛ふん堆肥5.5 t ha⁻¹と汚泥発酵肥料5.5 t ha⁻¹を処理区の土壌表面に均一に施用後、トラクタによるロータリ耕うんで土壌と混和した。植え付けは2013年3月8日に畦間140 cmで作畦後、植え溝にサトウキビの二芽苗を並べ、苗を覆土した。株出し栽培では2014年3月3日に汚泥発酵肥料10 t ha⁻¹を株元の土壌表面に施用し、3月10日に管理機で畦間を溝切りしながら田間の土壌で株元を覆土した。追肥は「追肥有機区」と同じ処理とした。

各処理区の1区面積は28 m²(畦幅1.4 m×畦長20 m)とし、3反復で配置した。処理区の間には番外を2畦設け、処理区間で影響が生じないようにした。また試験圃場から約16 km北に位置する名護地点のアメダスデータによると、春植え栽培期間(2013年3月~12月)の降雨量は2008年から2012年の5年間の平均1910 mmよりも21%少ない1509 mmで、特に6月~9月の降雨量は352 mmと、2008年から2012年の5年間の平均942 mmを大きく下回った。このため、作物の生育状況を見ながら、全処理区に灌水チューブで灌水を行った。株出し栽培期間には作物が健全に育つための十分量の降雨があったため、灌水は行わなかった。

4. サトウキビの調査および分析方法

サトウキビ地上部については生育期間中、茎数、仮茎長を定期的に調査した。春植え栽培では各区内で畦長3 mを2カ所抽出し、6月6日と7月4日に全茎数を、7月25日以降は有効茎数を調査し、そのうち各地点の健全な20本について仮茎長を調査した。株出し栽培では連続

した萌芽が得られた畦長 2 m を 2 カ所抽出し、5 月 25 日と 7 月 16 日に全茎数を、8 月 19 日以降は有効茎数を調査し、そのうち各地点の健全な 10 本について仮茎長を調査した。収量調査は、春植え栽培では 2013 年 12 月 25 日に、株出し栽培では 2015 年 1 月 21 日に茎数、仮茎長の調査を行った 2 カ所の原料茎を全て収穫し、原料茎数、原料茎重、原料茎長、鞘頭部重、葉重を測るとともに、健全な 5 本の蔗茎を搾汁し、蔗汁とバガスに分けた。蔗汁は現地で搾汁後速やかに冷凍して持ち帰り、POL は自動糖度計 (Anton Paar 社, MCP200 Sucromat)、ブリックスはデジタル屈折計 (ATAGO 社, RX-5000) で測定した。蔗汁糖度はホーン法により POL から導き、繊維分は碎裂したバガス 200 g 当りの乾物重を定量して導いた。それらの値を以下の式にあてはめて甘蔗糖度を算出した。

甘蔗糖度 = 蔗汁糖度 × (1.049 - (0.01883 × 繊維分))

可製糖量は、以下の式により純糖率、可製糖率から算出した (農林水産省九州農業試験場ほか, 1982)。

$$\text{純糖率} = \frac{\text{蔗汁糖度}}{\text{ブリックス}} \times 100$$

$$\text{可製糖量} = \text{甘蔗糖度} \times 0.96 \times \left(1.4 \frac{40}{\text{純糖率} \times 0.97} \right) \times 1.03$$

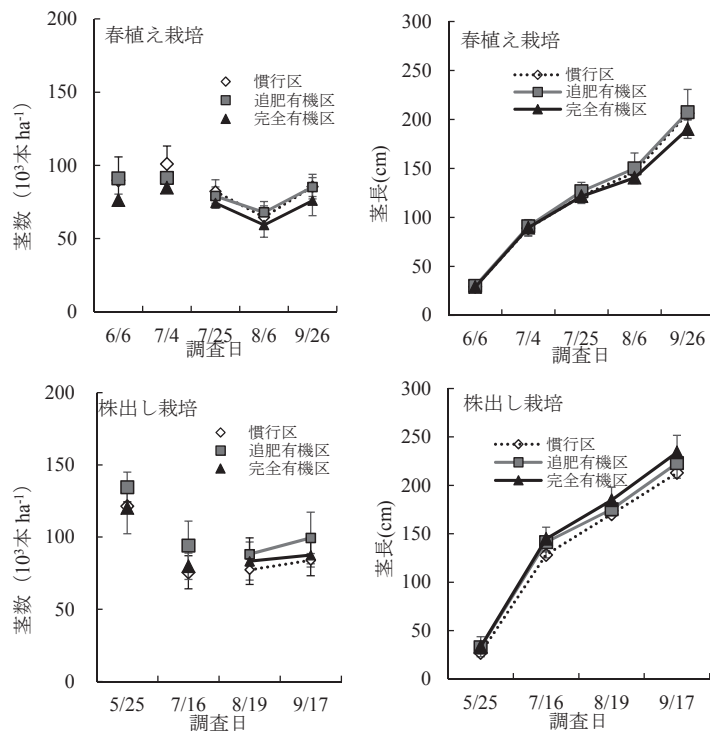
$$\text{可製糖量} = \frac{\text{原料茎重} \times \text{可製糖率}}{100} \times 100$$

また、春植え栽培、株出し栽培ともに、地上部を蔗茎 (バガスと蔗汁) とその他 (鞘頭部・葉) に分け、それぞれの窒素、リン酸、カリの含量から地上部の窒素、リン酸、カリの吸収量を求めた。試料は前述の甘蔗糖度算出に用いたサトウキビ 5 本を用い、蔗汁は原液のまま、バガスは破裂した試料の一部を 70℃ で乾燥後、ウィレー粉砕機で粉砕した試料について、鞘頭部・葉は鞘頭部と葉を混合して 1cm 程度に破碎後、一部を 70℃ で乾燥後、ウィレー粉砕機で粉砕した試料について、硫酸-過酸化水素分解を行い、分解液中の窒素とリン酸は比色法で、カリは原子吸光度法 (株出し栽培の作物体試料は ICP 発光法) で定量し、1 ha 当たりの収量と乗じて窒素、リン酸、カリの吸収量を求めた。

Ⅲ. 結 果

1. サトウキビの茎数および仮茎長の推移

茎数と仮茎長の推移を第 1 図に示した。生育期間中の推移は、茎数、仮茎長ともに春植え栽培および株出し栽培通して一元配置の分散分析で処理区間に有意な差は無かったが、処理区により異なる傾向が見られた。春植え栽培では生育初期の 6 月 6 日の 1 ha 当たりの全茎数は「慣行区」で 89.8×10^3 本、「追肥有機区」で 91.2×10^3 本、「完全有機区」で 76.2×10^3 本であり、「完全有機区」で低い傾向となっていた。その後も「完全有機区」で低い傾向は変わらず、9 月 26 日の有効茎数は「慣行区」で 85.4×10^3 本、「追肥有機区」で 85.2×10^3 本、「完全有機区」で 76.0×10^3 本であった。一方、仮茎長は 6 月 6 日には「慣行区」で 29 cm、「追肥有機区」で 30 cm、「完全有機区」で 29 cm と「慣行区」と「完全有機区」で同じであったが、8 月 6 日は「慣行区」で 146 cm、「追肥有機区」で 150 cm、「完全有機区」で 141 cm、9 月 26 日は「慣行区」で 206 cm、「追肥有機区」で 208 cm、「完全有機区」で 190 cm と茎数同様「完全有機区」で低い傾向となった。株出し栽培では、5 月 25 日の 1 ha 当たりの全茎数が「慣行区」で 121.4×10^3 本、「追肥有機区」で 134.5×10^3 本、「完全有機区」で 120.2×10^3 本と「追肥有機区」のみ「慣行区」を上回っていたが、7 月 16 日は「慣行区」で 75.6×10^3 本、「追肥有機区」で 94.1×10^3 本、「完全有機区」で 79.8×10^3 本と 5 月 25 日に比べて各処理区で本数は減少し、春植え栽培とは異なり、株出し栽培では「追肥有機区」と「完全有機区」の全茎数が「慣行区」を上回る傾向となった。株出し栽培では茎の地下部から多くの芽が一斉に発芽伸長するため春植え栽培にくらべて生育初期の全茎数は多かったものの、7 月 16 日にはその 3 割程度が枯死したと考えられた。9 月 17 日の有効茎数も「慣行区」で 83.9×10^3 本、「追肥有機区」で 99.4×10^3 本、「完全有機区」で 87.5×10^3 本と「追肥有機区」と「完全有機区」の有効茎数が「慣行区」を上回る傾向となった。仮茎長は 5 月 25 日に「慣行区」で 27cm、「追肥有機区」で 33 cm、「完全有機区」で 33 cm、9 月 17 日には「慣行区」で 213cm、「追肥有機区」で 223cm、「完全有機区」で 234 cm と春植え栽培とは異なり「追肥有機区」と「完全有機区」の仮茎長も生育初期から「慣行区」を上回る傾向であった。



第1図 春植えおよび株出し栽培における茎数（全茎数と有効茎数）と仮茎長の推移

- a) 全茎数はデータを示す点のみとした。有効茎数はデータを示す点を線でつないだ。
- b) 春植え栽培においては6月6日、7月4日、7月25日、8月6日、9月26日に調査を行った。茎数については、6月6日と7月4日には全茎数を計数し、7月25日以降は有効茎数のみ計数した。
- c) 株出し栽培においては5月25日、7月16日、8月19日、9月17日に調査を行った。茎数については、5月25日と7月16日には全茎数を計数し、8月19日以降は有効茎数のみ計数した。
- d) 値は3反復の平均値，エラーバーは標準偏差。一元配置の分散分析で処理区間には有意差なし。

第3表 春植えおよび株出し栽培における収穫時のサトウキビの原料茎数，原料茎重，甘蔗糖度，可製糖量

処理区	春植え栽培				株出し栽培			
	原料茎数 (10 ³ 本 ha ⁻¹)	原料茎重 (t ha ⁻¹)	甘蔗糖度 (%)	可製糖量 (t ha ⁻¹)	原料茎数 (10 ³ 本 ha ⁻¹)	原料茎重 (t ha ⁻¹)	甘蔗糖度 (%)	可製糖量 (t ha ⁻¹)
慣行区	90.1±3.4 (100)	85.5± 6.8 (100)	12.8±0.3 (100)	9.8±0.7 (100)	62.5±7.1 (100)	45.8± 5.4 (100)	14.7±0.4 (100)	6.1±0.8 (100)
追肥有機区	87.7±6.9 (97)	84.0±15.5 (98)	12.7±0.5 (99)	9.5±1.5 (96)	62.5±5.4 (100)	50.0±12.2 (109)	14.5±0.3 (98)	6.6±1.5 (108)
完全有機区	78.6±7.2 (87)	79.0± 6.4 (92)	12.3±0.4 (96)	8.6±0.7 (88)	64.9±8.8 (104)	56.7±13.5 (124)	14.0±0.5 (95)	7.2±1.6 (118)

- a) 春植え栽培は2013年12月25日に、株出し栽培は2015年1月21日に調査した。
- b) 値は3反復の平均値±標準偏差。括弧内は慣行区に対する比率(%)を表す。
- c) すべての調査項目で、一元配置の分散分析で処理区間に有意差なし。

2. サトウキビの収量および品質

原料茎数, 原料茎重, 甘蔗糖度および可製糖量を第3表に示した。春植え栽培, 株出し栽培ともに, 原料茎数, 原料茎重, 甘蔗糖度および可製糖量は一元配置の分散分析で処理区間に有意な差は無かったが, 生育期間中の茎数, 仮茎長の推移の傾向と同様の傾向が見られた。春植え栽培の原料茎数は1ha当たり「慣行区」で 90.1×10^3 本, 「追肥有機区」で 87.7×10^3 本, 「完全有機区」で 78.6×10^3 本, 原料茎重は「慣行区」で 85.5 t ha^{-1} , 「追肥有機区」で 84.0 t ha^{-1} , 「完全有機区」で 79.0 t ha^{-1} であり, 「完全有機区」で最も低い傾向がみられた。甘蔗糖度は通常よりもやや早い12月の収穫であったため全体的に低く, 「慣行区」で12.8%, 「追肥有機区」で12.7%, 「完全有機区」で12.3%であり, 原料茎重同様, 「完全有機区」で最も低い傾向がみられた。可製糖量は「慣行区」で 9.8 t ha^{-1} , 「追肥有機区」で 9.5 t ha^{-1} , 「完全有機区」で 8.6 t ha^{-1} となり, 原料茎数, 原料茎重と甘蔗糖度同様, 「完全有機区」で最も低い傾向がみられた。

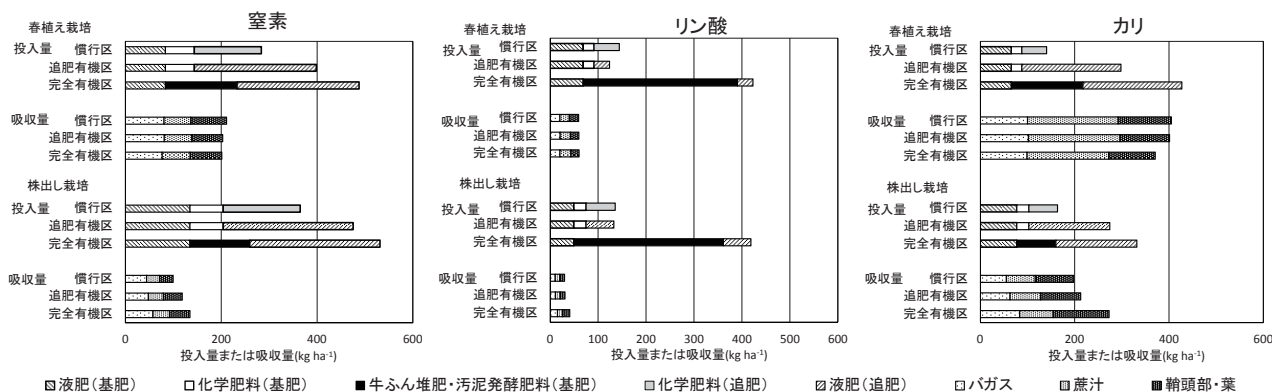
株出し栽培の原料茎数は1ha当たり「慣行区」で 62.5×10^3 本, 「追肥有機区」で 62.5×10^3 本, 「完全有機区」で 64.9×10^3 本であり, 「完全有機区」で高い傾向がみられた。原料茎重は「慣行区」で 45.8 t ha^{-1} , 「追肥有機区」で 50.0 t ha^{-1} , 「完全有機区」で 56.7 t ha^{-1} であり, 「慣行区」とくらべて「追肥有機区」と「完全有機区」で高い傾向となった。一方, 甘蔗糖度は「慣行区」で14.7%, 「追肥有機区」で14.5%, 「完全有機区」で14.0%であり, 「完全有機区」で最も低い傾向であった。可製糖量は, 「慣行区」で 6.1 t ha^{-1} , 「追肥有機区」で 6.6 t ha^{-1} , 「完全有機区」で 7.2 t ha^{-1} であり, 原料茎重同様, 「慣行区」とくらべて「追肥有機区」と「完全有機区」で高い傾向となった。

3. 窒素, リン酸, カリの投入量とサトウキビ地上部による吸収量

窒素, リン酸, カリの化学肥料, 液肥, 牛ふん堆肥, 汚泥発酵肥料による投入量と蔗茎(バガスおよび蔗汁)とその他(鞘頭部・葉)による地上部吸収量を第2図に示した。春植え栽培における窒素の投入量は「慣行区」の 283 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」で 398 kg ha^{-1} , 「完全有機区」で 487 kg ha^{-1} と化学肥料を液肥, 牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料で代替することで増加

した。リン酸の投入量は, 「慣行区」の 144 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」では 124 kg ha^{-1} と減少したが, 「完全有機区」では牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料の施用により 423 kg ha^{-1} と増加した。カリの投入量は, 「慣行区」の 141 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」で 298 kg ha^{-1} , 「完全有機区」で 427 kg ha^{-1} と, 化学肥料を液肥, 牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料で代替することで窒素同様増加した。株出し栽培においては, 窒素の投入量は「慣行区」の 365 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」で 475 kg ha^{-1} , 「完全有機区」で 531 kg ha^{-1} と春植え栽培同様増加した。リン酸の投入量は, 「慣行区」の 135 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」では 133 kg ha^{-1} と減少し, 「完全有機区」では 418 kg ha^{-1} と増加した。カリの投入量は, 「慣行区」の 164 kg ha^{-1} に対し, 「追肥有機区」で 274 kg ha^{-1} , 「完全有機区」で 332 kg ha^{-1} と窒素同様増加したが, カリを多く含む牛ふん堆肥を施用しなかったため, 春植え栽培よりも投入量は低かった。

各処理区の窒素, リン酸, カリの地上部吸収量は蔗茎(バガスと蔗汁)とその他(鞘頭部・葉)の窒素, リン酸, カリ含量に地上部のバイオマス量を乗じて求めた。蔗茎(バガスと蔗汁)とその他(鞘頭部・葉)の窒素, リン酸, カリの含量は, 春植え栽培の「完全有機区」における蔗汁中のリン酸含量が高かったことを除き, 処理区により窒素, リン酸, カリの投入量が異なったにも関わらず春植え, 株出し栽培において処理区間で有意差はみられなかった(データ非掲載)。そのため窒素, リン酸, カリの地上部吸収量は原料茎重と同様の傾向を示した。春植え栽培においては「完全有機区」の吸収量は「慣行区」と「追肥有機区」よりも若干少なかった。投入量と吸収量を比較すると, 窒素とリン酸の地上部吸収量は全ての処理区において投入量を下回ったが, カリは「慣行区」と「追肥有機区」の吸収量は投入量を上回り, カリの投入量が最も多い「完全有機区」のカリ吸収量のみ, わずかに投入量を下回った。株出し栽培においても地上部吸収量は原料茎重と同様の傾向を示し, 窒素, リン酸, カリともに「追肥有機区」, 「完全有機区」で「慣行区」よりも多い傾向が見られた。投入量と吸収量を比較すると, 春植え栽培同様, 窒素とリン酸の地上部吸収量は全ての処理区において投入量を下回った。カリの吸収量は春植え栽培とは異なり, 「慣行区」のみ投入量を上回り, 「追肥有機区」と「完全有機区」は投入量を下回った。



第2図 各処理区における窒素，リン酸，カリの投入量とバガス，蔗汁，鞘頭部・葉による吸収量

- a) 投入量は化学肥料，液肥，牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料による窒素，リン酸，カリ全量の施用量とし，地上部吸収量は蔗汁液，バガス，鞘頭部・葉の窒素，リン酸，カリの含量と1 ha当たりの収穫茎における各部位のバイオマス量を乗じた値とした。
- b) 2013年の春植え栽培において5月9日に施用した豚ふん尿由来液肥の窒素，リン酸，カリの全量は未分析であったため，3月1日，7月5日，7月26日の分析値を平均した値を用いた。
- c) 2014年の株出し栽培において施用した汚泥発酵肥料の窒素，リン酸，カリの含量は未分析であったため，2013年の春植え栽培で施用した汚泥発酵肥料の分析値を用いた。

第4表 春植え栽培前と株出し栽培後の土壌のpH (H₂O)，EC，無機態窒素含量，可給態リン酸含量，交換性カリ，石灰，苦土含量の値

EC		無機態窒素		可給態リン酸		交換性カリ		交換性石灰		交換性苦土	
春植え栽培前	株出し栽培後	春植え栽培前	株出し栽培後	春植え栽培前	株出し栽培後	春植え栽培前	株出し栽培後	春植え栽培前	株出し栽培後	春植え栽培前	株出し栽培後
dS m ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
0.07	0.11 ns	21.4	13.2 *	61	64 ns	226	92 *	841	324 **	174	90 *
0.07	0.06 ns	19.0	15.2 ns	68	51 ns	317	190 *	896	570 *	211	150 **
0.07	0.07 ns	17.3	13.4 ns	66	214 ns	261	225 ns	881	1432 ns	189	233 ns
				100以上		94~188		1402~2804		302~605	

- a) 土壌診断基準値は国頭マージにおける栽培作物別土壌診断基準 (案) のサトウキビ畑における基準値 (沖縄県, 1979) を掲載した。
- b) 値は3反復の平均値，t検定で処理区毎に春植え栽培前と株出し栽培後の分析値を比較。**, *: それぞれ1%および5%有意水準での有意差あり，ns: 有意差なし。

4. 土壌の化学性的変化

春植え栽培前と株出し栽培後の土壌の分析値の変化について比較を行った。pH (H₂O) と無機態窒素含量については「慣行区」で，交換性カリ，石灰，苦土含量については「慣行区」と「追肥有機区」で有意に低下した (第4表)。ECはいずれの区においても有意な差は認められなかった。株出し栽培後の土壌の採取位置は地上部による養分吸収が盛んな株元であったにも関わらず，「完全有機区」の全分析値は春植え栽培前と株出し栽培後で有意な差は無く，pH (H₂O)，可給態リン酸含量，交換性石灰，苦土含量は，春植え栽培

前にくらべて上昇傾向であった。株出し栽培後の「完全有機区」のpH (H₂O)，可給態リン酸含量と交換性石灰含量のみサトウキビ畑 (土壌: 国頭マージ) における土壌診断基準値 (沖縄県, 1979) を満たした。

IV. 考察

1. 液肥，牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料がサトウキビの茎数，仮茎長と原料茎重，可製糖量に及ぼす影響

「追肥有機区」における茎数，仮茎長の推移は春植え栽培では「慣行区」と同等であり，株出し栽培では「慣行区」をやや上回る傾向を示した。原料茎重と可

製糖量は、第3表に示したようにいずれも「慣行区」とほぼ同じ収量であった。このことから、液肥を追肥として利用する減化学肥料栽培が春植え、株出し栽培ともに可能であることを確認できた。「慣行区」では追肥の化学肥料は培土時に2回に分けて施用しているが、「追肥有機区」では追肥の液肥は培土時の2回と培土後の1回の計3回に分けて施用している。一般的に液体肥料は固形の化学肥料にくらべて速効性が高い分、持続性は劣る。本研究においては3回に分けて施用することで化学肥料と同等の生育、収量を確保できたと考えられた。

一方、「完全有機区」における茎数、仮茎長の推移は「追肥有機区」とは傾向が異なっていた。春植え栽培においては、「完全有機区」の茎数は生育初期の6月から収穫時の原料茎数まで「慣行区」を下回り、仮茎長は生育初期には「慣行区」と同等であったものの、8月以降「慣行区」を下回っていた。生育期間中の茎数や仮茎長と同様、収穫時の原料茎重と可製糖量も「慣行区」を下回った(第1図、第3表)。しかし、株出し栽培においては、茎数は生育初期の5月末から収穫時の原料茎数まで「慣行区」と同等であり、仮茎長は生育初期から「慣行区」を上回る傾向を示した。そして仮茎長同様、原料茎重、可製糖量も「慣行区」を上回る傾向を示した(第1図、第3表)。

単年の試験結果ではあるものの、株出し栽培においては基肥の化学肥料を堆肥 10 t ha⁻¹ に置き換えても化学肥料並の生育および収量が得られる可能性が示された。

また、春植え栽培の原料茎重は処理区により異なる傾向を示したものの、第3表に示したようにいずれの処理区も2013年度春植え栽培サトウキビの沖縄全県平均および金武町平均の原料茎重(沖縄全県平均 41.9 t ha⁻¹ と金武町平均 33.2 t ha⁻¹ (沖縄県農林水産部, 2014b)) を大きく上回る結果であった。沖縄県農林水産部糖業農産課(2014)は、2013年度の沖縄本島におけるサトウキビの生育概況として、梅雨明け以降の少雨により干ばつ状態になり、生育が停滞したと述べている。本試験の収量が沖縄全県平均および金武町平均を大きく上回った要因として、3. 栽培概要で記述したように少雨を補うために適切な灌水を行ったことにより生育が良好であったことが考えられた。一方、株出し栽培においては10月に沖縄本島に接近

した台風19号による圃場全体の折損、倒伏害のため春植え栽培にくらべて収量は全体的に劣り、原料茎重は春植え栽培の60%程度であった。いずれの処理区の原料茎重も2014年度株出し栽培サトウキビの沖縄全県平均および金武町平均の原料茎重(沖縄全県平均 44.5 t ha⁻¹ と金武町平均 33.7 t ha⁻¹ (沖縄県農林水産部, 2015)) をやや上回る結果となった。

2. 液肥、牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料が窒素、リン酸、カリ収支および甘蔗糖度に及ぼす影響

窒素、リン酸、カリの投入量と吸収量の差は処理区により大きく異なっていた(第2図)。液肥の投入量は、含まれるアンモニア態窒素の投入量が化学肥料の窒素投入量と同等となる量としたが、第1表に示すように液肥の全窒素含量はアンモニア態窒素の含量よりも多く、その分、液肥による窒素の全投入量は化学肥料を上回った。また、堆肥の窒素肥効は低いものの、投入された全窒素含量は化学肥料を上回っており、窒素の投入量は「完全有機区」において最も多かった。しかし窒素の吸収量は投入量に依存せず、窒素の投入量と吸収量の差も「完全有機区」で大きくなっていた。

株出し栽培において「完全有機区」の原料茎重および可製糖量が「慣行区」を上回る傾向を示したのは、窒素の投入量と吸収量の差が「慣行区」より大きいため、土壤に残存した窒素が株出し期間中に有効化したことが影響したと考えられた。

一方、リン酸については、「追肥有機区」における投入量は、「慣行区」に比べて 20 kg ha⁻¹ 少なかった。久場ら(1998)が指摘しているように、豚尿中のリン酸は低濃度であるため液肥を使用することによりリン酸不足が生じることが懸念されたが、地上部の吸収量とくらべ 59~60 kg ha⁻¹ 上回る量であり、原料茎重、可製糖量や甘蔗糖度に影響は無かった(第3表)。久場(2004)は、リン酸の投入量はサトウキビによる吸収で持ち出される量を補充する程度で十分とも推察しており、「追肥有機区」でのリン酸不足は生じないと判断された。「完全有機区」におけるリン酸の投入量は牛ふん堆肥および汚泥発酵肥料からの投入量が多いために「慣行区」、「追肥有機区」のリン酸投入量の3倍であった。しかし、リン酸の吸収量は投入量に依存せず、投入量と吸収量の差は窒素同様、「完全有機区」で大きくなっていた。

カリは、窒素同様、液肥、牛ふん堆肥、汚泥発酵肥料により多く投入された。栽培指針のカリ施用量（春植え栽培で 100 kg ha^{-1} 、株出し栽培の 110 kg ha^{-1} ）とくらべ、「慣行区」基肥前の液肥の施用により各々 1.4 倍と 1.5 倍、「追肥有機区」では 3 倍と 2.5 倍、「完全有機区」では 4.3 倍と 3 倍のカリを投入していた。一応、カリはサトウキビ体内ではケイ酸に次いで多量に含まれる無機成分であり、施肥量に対する吸収量の割合はカリが著しく高い（宮里, 1986）ことが報告されている。本試験においてもカリの吸収量は窒素やリン酸に比べて多く（第 2 図）、春植え栽培の「慣行区」と「追肥有機区」、株出し栽培の「慣行区」におけるカリ投入量はカリ吸収量を下回っていた。一方、カリ含量は各区で差は無く、原料茎重も県平均を大きく上回っていたことから、カリ不足は生じていないと判断できた。

また、蔗汁中のカリ含量が高まることにより甘蔗糖度が低下することが川満ら（2000）や Watanabe et al.（2016）により報告されている。川満ら（2000）はそのメカニズムとして、土壤中にカリが過剰に存在することによりマグネシウムの吸収が抑制され、光合成速度が低下する可能性を示している。一方、古江（2009）は黒糖焼酎廃液のサトウキビへの施用試験において多量施用により甘蔗糖度が低下することを認め、甘蔗糖度とサトウキビ鞘頭部の窒素含有率との関係から窒素過多を要因として挙げている。

本試験においては蔗汁中のカリ含量、鞘頭部・葉の窒素含量ともに処理区間で有意な差は無かった（データ非掲載）。しかし春植え栽培、株出し栽培ともに処理区間で有意な差は無いものの、「完全有機区」の甘蔗糖度は低い傾向が見られた。長期的な影響を評価する必要があるものの、「完全有機区」での堆肥や液肥の施用は甘蔗糖度の低下を招く可能性が考えられた。

3. 液肥、牛ふん堆肥や汚泥発酵肥料が土壤の化学性に及ぼす影響

春植え栽培前と株出し栽培後の土壤分析値の変化は処理区により異なっていた（第 4 表）。可給態リン酸含量については「完全有機区」では上昇傾向がみられ、株出し栽培後の値は土壤診断基準値の範囲を満たした（第 4 表）。比嘉ら（2011）は、沖縄県南部のジャーガルにおける堆肥 25 t ha^{-1} の 9 年間の連用により可給態リン酸含量が経年増加したことを報告している。本試

験においてもサトウキビによる吸収、持ち出しを上回る量の牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料由来のリン酸の投入を行った結果、可給態リン酸含量は上昇傾向であったと考えられた。

交換性カリ含量は春植え栽培前には全処理区で土壤診断基準値の $94 \sim 188 \text{ mg kg}^{-1}$ の範囲を超えていたが、株出し栽培後の「慣行区」と「追肥有機区」の値は減少し、「慣行区」の値は土壤診断基準値の範囲を下回っていた。「慣行区」と「追肥有機区」のサトウキビ地上部によるカリ吸収量は投入量以上となっており、投入を超える分は土壤中の交換性カリが吸収されたと考えられた。

境垣内ら（2014）は、黒ボク土の圃場においてカリ施肥量を減らした条件で飼料用サトウキビを栽培し、株出し回数が進むにつれて収量の低下が認められたことを示している。また、現行の施肥方法においても土壤の交換性カリ含量が減少傾向であることから、堆肥などでカリを還元することが収量維持に重要と述べている。一方、久場（1993）は交換性カリ含量が 28 mg kg^{-1} と非常に低い国頭マージにおいて無カリ栽培が 4 作可能であり、非交換性カリ（熱濃硫酸抽出）の交換性カリへの移行が示唆されたとしている。本試験で使用した圃場の土壌も国頭マージであるため、非交換性カリの交換性カリへの移行を期待できる可能性もあるが、長期的な収量維持の観点からはカリを多く含む堆肥や液肥を圃場に還元することにより、土壤の交換性カリ含量を土壤診断基準値の範囲に維持することが重要であると考えられた。

また、交換性石灰、苦土含量について「慣行区」と「追肥有機区」では減少していたが、「完全有機区」の交換性石灰、苦土含量は上昇傾向であり、株出し栽培後の交換性石灰含量は土壤診断基準値の範囲を満たした（第 4 表）。奄美地域における堆肥（1 年当たり $20 \sim 100 \text{ t ha}^{-1}$ ）の 7 年間連用試験では、透水性が高く石灰、苦土が溶脱しやすい暗赤色土であるにも関わらず、堆肥の施用により交換性石灰、苦土含量の減少傾向が緩和されたことが報告されている（後藤・永田, 2008）。本試験においても、第 1 表の牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料の成分値と施用量から算出すると、「完全有機区」では春植え栽培と株出し栽培においてそれぞれ石灰で 1 ha 当たり 936 kg と 992 kg 、苦土で 1 ha 当たり 73 kg と 58 kg 、「慣行区」のそれと比べて余分に土壤に

投入された。「完全有機区」では土壌 pH も上昇傾向で、株出し栽培後の値は土壌診断基準値の範囲を満たしており、牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料の石灰質肥料としての効果も確認できた。

4. まとめ

地域の有機質資源である液肥、牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料の施用により、化学肥料を中心とする慣行栽培と同等の原料茎重および甘蔗糖度のサトウキビが生産でき、減・無化学肥料栽培が可能であることが現地の農家圃場において確認できた。宮里（1986）は、多収穫の条件として土壌の pH が高く、石灰、苦土、窒素、リン酸、カリが豊富に含まれていることを上げ、多収の畑は堆肥の施用量や緑肥の栽培回数が多いと指摘している。液肥、牛ふん堆肥と汚泥発酵肥料の施用は作物に対する養分供給効果があるだけではなく、作物に吸収されなかった養分が土壌に残存することによりサトウキビ畑の土壌理化学性（pH、可給態リン酸や交換性石灰、苦土、カリ含量）も改善することが明らかとなった。

田中ら（2015）は、「追肥有機区」における肥料費の削減効果は 1 ha 当たり 35,000 円と試算している。沖縄県農林水産部（2015）によると 2014 年度の金武町のサトウキビ収穫面積は春植え栽培 4 ha、株出し栽培 26 ha であり、普及可能面積は合わせて 30 ha であるが、本技術は金武町以外の市町村への普及も期待できる。

引用文献

- 1) 足立嗣雄・與古田幹也（1981）主要土壌群の生産的特性、沖縄県に分布する特殊土壌の生産的特性。九州農試研資 60：1 - 35
- 2) 土壌環境分析法編集委員会（1997）土壌環境分析法。博友社、東京。
- 3) 古江広治（2009）奄美群島に分布する土壌の特性と生産力向上のための土壌管理。鹿児島農総七研報（耕種）3：147 - 223
- 4) 後藤忍・永田茂穂（2008）亜熱帯地域の暗赤色土畑における堆肥の連用がサトウキビの収量と土壌理化学性に及ぼす影響。土肥誌 79：9 - 16
- 5) 比嘉明美・儀間靖・亀谷茂・國吉清・桃原弘（2011）有機物の長期連用がサトウキビと土壌の理化学性に与える影響。沖縄農研七研報 5：11 - 15
- 6) 比屋根真一・眞境名元次・比嘉明美・儀間靖・新里良章・生駒泰基（2008）沖縄本島南部地域のサトウキビ畑におけるタンクモデルを用いた豚ふん尿曝気処理水の散布時期と量の推定。日作九支報 74：39 - 42
- 7) 比屋根真一・新里良章・眞境名元次・比嘉明美・出花幸之介・生駒泰基（2009）沖縄本島南部地域における豚ふん尿曝気処理水の散布がサトウキビの生育、砂糖収量および土壌下層への窒素溶脱量におよぼす影響。日作九支報 75：31 - 37
- 8) 川満芳信・永江哲也・野原江利子・上野正実・渡嘉敷義浩・川中岳志・浅沼康清（2000）サトウキビの糖度向上に関する作物、土壌、生産システム学的研究。第 3 報。カリ過剰がサトウキビの糖度を抑制するプロセスの解明。日作紀 69（別 1）：12 - 13
- 9) 金武町産業振興課（2008）金武町バイオマスタウン構想。
<http://ogb.go.jp/nousui/kankyuu/kinbu1.pdf>
- 10) 久場峯子（1993）沖縄の農地の実態と土壌管理 - 土壌化学性とサトウキビ畑における施肥管理 -。ペドロジスト 37（2）：126 - 137
- 11) 久場峯子・大田守也・屋良千賀子（1998）サトウキビへの未利用資源の環境保全的利用（1）豚ふん尿施用効果試験。第 25 回サトウキビ試験成績検討会発表要旨：24 - 25
- 12) 久場峯子（2004）サトウキビの適正施肥量。「九州・沖縄の農業と土壌肥料 2004」（日本土壌肥料学会九州支部編）p.120 - 123。日本土壌肥料学会九州支部、福岡。
- 13) 農村工学研究所（2012）メタン発酵消化液の畑地における液肥利用 - 肥料効果と環境への影響 -。
<http://www.naro.affrc.go.jp/nkk/introduction/files/ekihiriyou.pdf>
- 14) 農林水産省九州農業試験場・鹿児島県農業試験場・沖縄県農業試験場・財団法人甘味資源振興会（1982）サトウキビに関する調査基準。
- 15) 宮里清松（1986）サトウキビとその栽培。日本分蜜糖工業会、沖縄。
- 16) 沖縄県（1979）地力保全基本調査総合成績書。p.276。沖縄県農業試験場、沖縄。

- 17) 沖縄県農林水産部 (2006) さとうきび栽培指針. 沖縄県農林水産部糖業農産課.
- 18) 沖縄県農林水産部 (2013) 平成 24/25 年期さとうきび及び甘しゅ糖生産実績.
- 19) 沖縄県農林水産部 (2014a) 農業関係統計. 沖縄県農林水産部農林水産企画課.
- 20) 沖縄県農林水産部 (2014b) 平成 25/26 年期さとうきび及び甘しゅ糖生産実績.
- 21) 沖縄県農林水産部 (2015) 平成 26/27 年期さとうきび及び甘しゅ糖生産実績.
- 22) 沖縄県農林水産部畜産課 (2010) おきなわの畜産. <http://www.pref.okinawa.jp/site/norin/chikusan/chikusei/mobile/okinawachikusan.html>
- 23) 沖縄県農林水産部糖業農産課 (2014) 沖縄県における平成 25 年産さとうきびの生産状況について. http://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_000982.html
- 24) 境垣内岳雄・寺内方克・服部太一郎・石川葉子・松岡誠・田中穰・樽本祐助・寺島義文・安藤象太郎・原田直人 (2014) カリ施用量の違いが多回株出しで栽培した飼料用サトウキビの生育および養分吸収に及ぼす影響. 日作紀 83 (4) : 305 - 313
- 25) 田中章浩・山口典子・相原貴之・境垣内岳雄・氏原邦博・桐原成元・川乃上照彦・安仁屋政竜・三塩志麻・瑞慶山まどか・野中克治・光部柳子・与那城樹 (2015) 地域資源を利用したバイオマス循環利用システムの開発. 2015 年度農研機構普及成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2015/15_071.html
- 26) Watanabe, K., Nakabaru, M., Taira, E., Ueno, M. and Kawamitsu, Y. (2016) Relationships between nutrients and sucrose concentrations in sugarcane juice and use of juice analysis for nutrient diagnosis in Japan. Plant Production Science. 19 (2) : 215 - 222
- 27) 財団法人日本土壌協会 (2010) 堆肥等有機物分析法. (財) 日本土壌協会, 東京.

Effect of Pig Slurry, Cattle Manure, and Sludge Compost, as Alternatives to Chemical Fertilizer in Sugarcane Yield and Soil Fertility of Kunigami-Mahji.

Noriko Yamaguchi, Takeo Sakaigaichi,¹⁾ Kunihiro Ujihara, and Akihiro Tanaka²⁾

Summary

A field experiment was conducted in Kunigami-Mahji soil in Kin town, Okinawa Prefecture, Japan for two years (May 2013 to January 2015) to demonstrate organic fertilizer-based sugarcane cultivation for reduced or no chemical fertilizer use. In this experiment, pig slurry was applied to all the treatments before basal fertilizer application. Cane and sugar yields for pig slurry treatment in which topdressing was replaced with pig slurry (a 70% reduction in chemical fertilizer use) and in cattle manure compost and sludge compost treatment in which basal fertilizer application and topdressing were done using compost and pig slurry (no chemical fertilizer use) were comparable with those in conventional chemical fertilizer treatment. This suggested that the animal waste and sludge compost were alternative fertilizers for productive sugarcane cultivation, resulting in reduced chemical fertilizer use. The field experiment also demonstrated that application of organic fertilizer improved soil chemical properties such as available phosphate and exchangeable cations as well as pH, leading to stable cane and sugar yields in the next sugarcane cultivation.

Key words : Okinawa, sugarcane, Kunigami-Mahji soil, pig slurry, sludge compost

Division of Agro-Environment Research, Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, NARO, 2421, Suya, Koshi, Kumamoto 861-1192, Japan

- 1) Crop Development and Agribusiness Research Division, Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, NARO
- 2) Division of Livestock and Grassland Research, Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, NARO