

軽量成型堆肥の開発とウンシュウミカン園における施用効果

鯨幸和・有田慎・藤本欣司・尾畑勝吉¹・播摩重俊²

和歌山県農林水産総合技術センター 果樹試験場

Development of Light Compost Built Like Board and Application Effect in Satsuma Mandarin Orchard.

Yukikazu Kujira, Shin Arita, Kinji Fujimoto, Katsuyoshi Obata¹, Shigetoshi Harima²

Fruit Tree Experiment Station

Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries

緒 言

ウンシュウミカン園からは常に有機物が消費しているため、堆肥施用などにより定期的に有機物を補給し、表土、有機物、肥料成分の園外への流亡を抑える必要がある。ところが、和歌山県では堆肥はほとんど施用されておらず、元来耕土が浅く礫含量が多いことと相まって、施肥効率の悪化、樹勢や収量性の低下、隔年結果の増大といった悪影響もたらされている。

和歌山県において堆肥施用がすすまない理由としては、ウンシュウミカン園の61%が15°以上の急傾斜地で、石積みの階段園が多いことから労働負荷が非常に大きいこと、さらには、一般に流通している堆肥が水分を50%以上含んでいて非常に重く、単軌条運搬機や一輪車等への積載性も良くないことが挙げられる。

そこで本研究では、急傾斜地園における省力的な土壌改良を可能にするため、オガクズと牛ふんを主原料とするハンドリング性に優れた軽量成型堆肥を開発するとともに、ウンシュウミカン園における施用効果ならびに労力軽減効果を検討した。

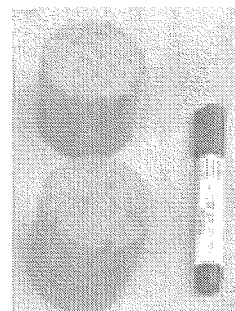
なお、本研究に係る試験および調査は、和歌山県戦略的研究開発プラン「普及型牛ふん固形化堆肥の製造・流通・施用体系の確立」(2004～06)で実施したものである。

材料および方法

成型堆肥

成型堆肥は、当初オガクズ牛ふん堆肥に魚餌用小麦粉を加えて円柱型に成型したものが前田ら(1998)によって考案された(第1図)が、傾斜地では施用後に転がりやすく、施用労力軽減にはつながらなかった。その後筆者は、それに α 化したデンプン液を混入することで、傾斜地園での施用に適した平板状に成型できることを明らかにするとともに、急傾斜ウンシュウミカン園での施用試験により、土壌改良および樹勢維持効果が得られることを実証した(鯨ら, 2003)。

本研究では、平板状成型堆肥の大量製造法確立につなげることを目的とし、和歌山県農林水産総合技術センター畜産試験場および工業技術センターの協力を得て、以下のような製法で堆肥を成型した(第2図)。なお、成型にかかるコスト低減をはかるため、極

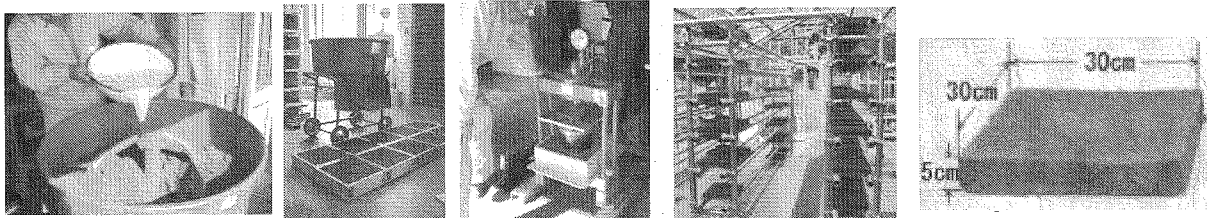


第1図 円柱型成型堆肥
(和畜試, 1998)

力既存の機器を活用すること、さらに成型した堆肥は天日で乾燥させることとした。

ヒノキとベイマツを1:4(容積比)の比率で含有するオガクズを敷き料とした牛舎(ホルスタイン肥育牛)から排された牛ふんを、常法により堆積、切り返しを行って4ヵ月で完熟のオガクズ牛ふん堆肥とし、これを原料とした。この堆肥の成分は、全窒素2.30%、全リン酸5.53%、全加里2.92%、C/N比16.2(いずれも乾物換算)であった。成型に先立ち、加水して水分含有率を55%前後に調整した。

小麦粉1kgに対し、水2.8リットルを加えてペースト状に練り、これに沸騰させた熱湯6リットルを加えて糊化デンプン液9.8kgを得た。原料とするオガクズ牛ふん堆肥26kgと糊化デンプン液9.8kgをモルタルミキサーで攪拌、混合し、35.8kg(デンプン2%含有)の堆肥混練物を得た。この堆肥混練物の全量を内寸30cm×30cm×深さ10cmの木製型枠10組に充填し、油圧式プレス機で加圧(20MPa)した。圧縮後速やかに型枠をはずし、第3図に示す30×30×5cmの成型堆肥10枚を得、これを乾燥用の金網に移した。金網に乗せた成型堆肥をガラス温室内に設置した棚に並べ、扇風機による間断送風を行いながら天日で乾燥させた。夏期では7日、冬期では20日以内に水分含有率が10%以下に減少し、持ち運び可能な状態に乾燥できた。この成型堆肥は一枚あたり約1.4kgであり、全窒素2.45%、全リン酸4.66%、全加里2.84%、C/N比15.9であった。



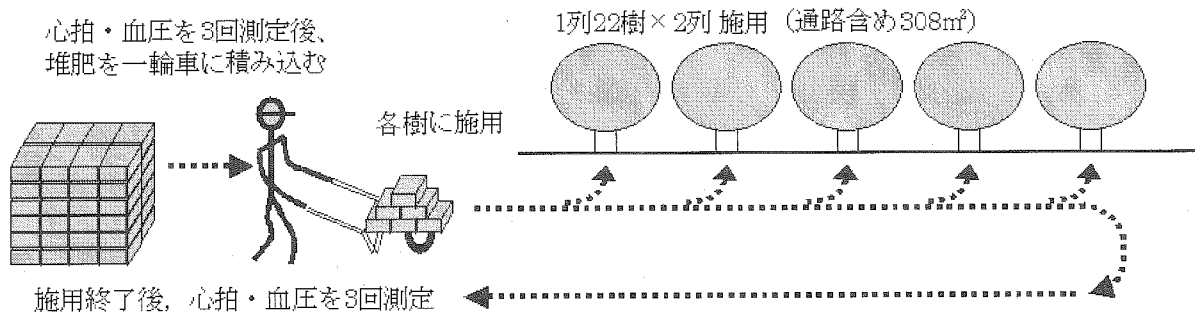
①デンプン液を混合 ②型枠に充填 ③プレス機で圧縮 ④温室内で乾燥 ⑤完成品

第2図 成型堆肥の製作工程

試験1 施用による労働負荷量

和歌山県果樹試験場の緩傾斜カンキツ園(4年生‘はるみ’植栽)において、2005年11月9日に堆肥施用にかかる労働負荷量を調べた。ほ場は樹間2m×列間(通路含む)3.5mで、成型堆肥区とオガクズ牛ふん堆肥区を設定し、各区44樹(308㎡)とした。

収穫作業などに用いる農業用コンテナに成型堆肥を6枚ずつ入れ、オガクズ牛ふん堆肥(15kg/袋)とともにほ場の端に積み上げておいた。携帯型自動血圧計(オムロンHEM-650)で心拍・血圧を3回測定した後、堆肥を一輪車に積み込み、成型堆肥は4枚/樹を、おがくず牛ふん堆肥は7.5kg/樹をそれぞれ施用した。この施用量はオガクズ牛ふん堆肥として2t/10a相当量である。施用終了後、施用に要した時間と心拍・血圧を3回測定した。被験者は38歳男性であった(第3図)。



第3図 堆肥の施用と、労働負荷測定の手順

試験2 成型堆肥の施用効果とアンケート調査

第1表のようなモニター農家を選定し、2005年5月29日と2006年2月28日に成型堆肥を配布した。各農家へは、農業用コンテナに7枚ずつ収めて配布した。

成型区（原料のオガクズ牛ふん堆肥 2t/10a に相当する 1.1t/10a を施用）、対照区をそれぞれ 300～500 m²（8～10 樹、うち樹勢の揃った 3 樹を調査樹）設定し、堆肥配布後数日以内に農家が各園地に施用した。また、施肥法はいずれの区も各農家の慣行法とした。2年間にわたり表層細根量と果実品質を調べるとともに、2005年5月と2006年3月にアンケートを実施した（第2表）

第1表 モニター園の概要

No.	所在地	品種	樹齢	土壌統群名	土壌統	生産力	園地条件	備考(選定基準)
1	金屋町小川	‘上野’	13	細粒褐色森林土	上	Ⅲ	階段園	1～5は、階段園で土壌
2	有田市宮原町	‘興津’	16	細粒褐色森林土	上	Ⅲ	階段園	改良が非常に難しく、や
3	有田市山地	‘向山’	16	細粒赤色土	新谷	Ⅲ	階段園	や樹勢が弱い園地。
4	湯浅町栖原	‘宮川’	26	細粒褐色森林土	貝原	Ⅱ	階段園(マルチ)	
5	広川町南金屋	‘向山’	15	礫質褐色森林土	石浜	Ⅱ	階段園(マルチ)	
6	由良町三尾川	‘ゆら’	9	黄色土	蓼沼	Ⅲ	平坦園(マルチ)	6～12は、県の推奨品
7	由良町里	‘ゆら’	11	礫質灰色低地土	柏山	Ⅲ	平坦園(マルチ)	種である‘ゆら早生’栽
8	日高川町千津川	‘ゆら’	12	細粒褐色森林土	貝原	Ⅲ	平坦園	培園のうち、樹勢強化に
9	日高川町中津川	‘ゆら’	7	細粒褐色森林土	貝原	Ⅲ	平坦園(マルチ)	よる樹冠拡大と収量増加
10	日高川町松瀬	‘ゆら’	11	細粒黄色土	矢田	Ⅲ	平坦園(マルチ)	が望まれる園地。
11	日高川町和佐	‘ゆら’	8	細粒褐色森林土	貝原	Ⅲ	平坦園(マルチ)	
12	日高川町和佐	‘ゆら’	7	細粒褐色森林土	貝原	Ⅲ	平坦園(畦立て)	

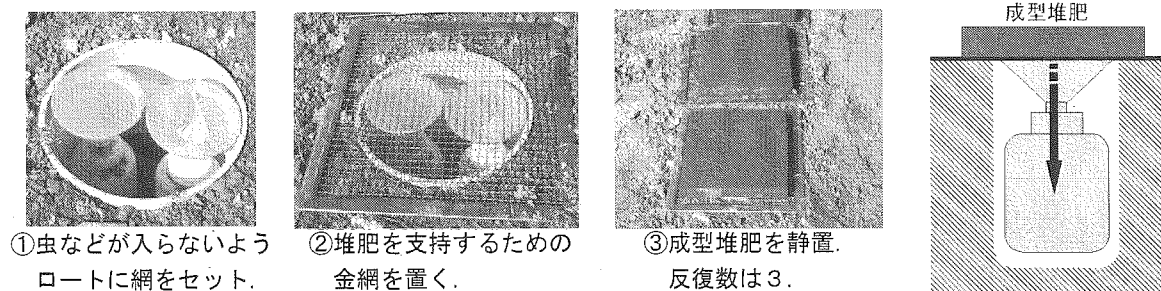
第2表 アンケートの設問要旨

1回目(2005年5月)	2回目(2006年3月)
配布した成型堆肥の形状は適当か。	崩壊する速度は適当か。
成型堆肥の要改善点は。	無施用と比べて病害虫発生状況は。
価格設定は何円が適当か。	施用後の臭いは。
	望ましい包装形態は(袋 or コンテナ)。
	望ましい配送方法は。

試験3 成型堆肥から溶出する肥料成分量

成型堆肥に含まれる肥料成分の溶出量、溶出パターンを把握するため、2006年3月31日にロートを付けた1000ml容サンプルビンを地中に埋設し、その上に成型堆肥を置いた。こうすることで、雨水によって溶出する肥料成分を直接捕集した（第4図）。捕集した液に含まれる無機態窒素、リンイオン、カリウムイオンを常法（土壌、水質および植物体分析法：(財)日本土壌協会編）により定期的に定量した。

結 果



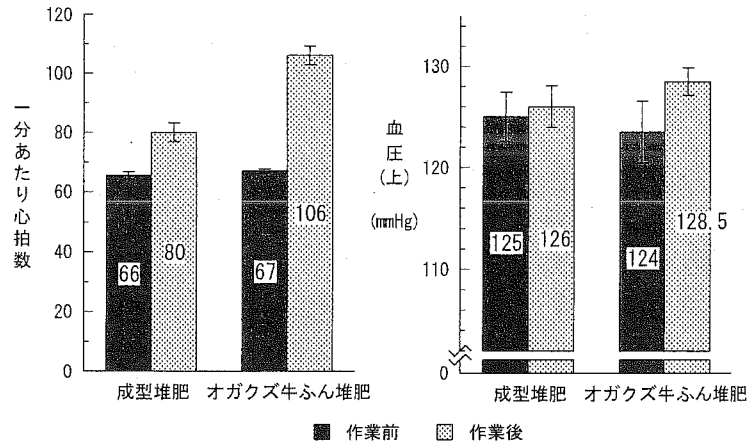
第4図 成型堆肥から溶出する肥料成分の捕集方法

試験1 施用による労働負荷量

オガクズ牛ふん堆肥の施用に際しては、袋を刃物で切った後、手足を使って堆肥を樹冠下に拡げる必要があるが、成型堆肥は農業用コンテナから取り出して樹冠の外周に置くだけであった。作業に要した時間はオガクズ牛ふん堆肥の67.2%であった(第3表)。被験者の作業前の心拍数を100とした場合、オガクズ牛ふん堆肥施用では作業後158.2であったのに対し、成型堆肥では122.1であった。また、血圧も成型堆肥では上昇程度が低かった(第5図)。

第3表 ほ場での施用に要した時間
(308m²あたり)

試験区	作業時間 (分)
成型堆肥	19.3
オガクズ牛ふん堆肥	28.7

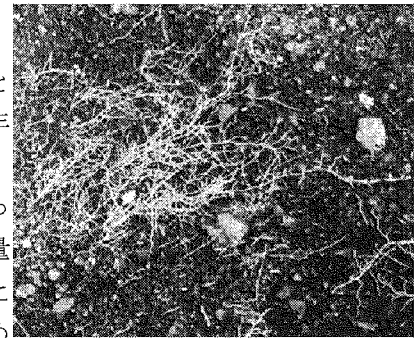


第5図 心拍数と血圧の推移

試験2 成型堆肥の施用効果とアンケート調査

成型堆肥は施用後の降雨を速やかに吸水し、施用後約3ヵ月で原型をとどめない状態となって土の表面になじんだ。また、施用した箇所には初年度から細根が多く発生した(第6図)

表層の細根量を調べたところ、ほぼ全ての園地において成型区が多かった。No.6～12は樹勢の弱い‘ゆら早生’であり、2005年は総じて細根量が少なかったものの、2006年にはNo.6, 8, 11の園地で増加が認められた(第7図)。果実品質について、堆肥施用の有無による明確な傾向は認められなかった(データ略)。



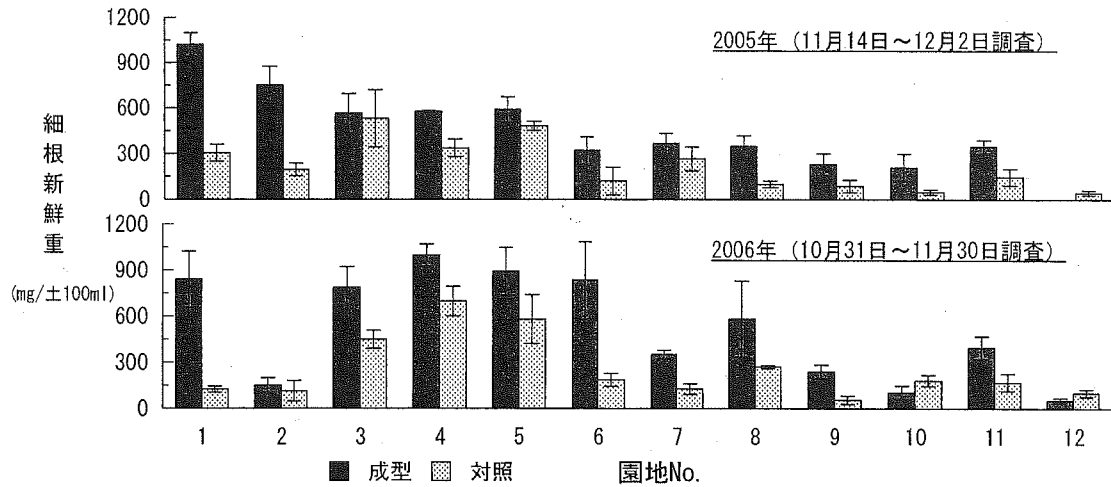
第6図 発生した細根

2005年5月に1回目のアンケートを実施したところ、配布した成型堆肥の形状(大きさ、厚さ、固さ、重さ)はいずれも全員が「適当」という回答であった。また、「一枚あたり何円が適当か?」という問いに対しては、「50円」が16.7%、「60～75円」が33.3%、「100円まで」が16.7%、「その他または無回答」が33.3%であった。

2006年3月に、施用後の経過を中心に2回目のアンケートを実施した。成型堆肥の崩壊速度について、「速い」が27.3%、「どちらとも言えない」が36.4%、「遅い」が36.4%であった。また、他の作業の妨げに「ならない」が90.9%、ナメクジなど害虫の増減については「分からない」が27.3%で「変わらない」が72.7%、堆肥の臭いについては「気になった」が18.2%、「気にならない」が81.8%であった。施用後、「雑草を抑えた」「土の保水力が向上した」というコメントも寄せられた。

包装方法など、流通形態に関して問いを設けたところ、「使い捨ての袋詰めがよい」が36.4%、「コンテナに入れて流通」が54.5%であった。「袋詰めがよい」と答えた方の理由は「軽くてかさばらない」「コンテナの回収にコストが発生する」といったものであり、「コンテナがよい」理由は、「運びやすい」「環境にやさしい」であった。「コンテナがよい」と答えた方を対象に、さらに配送方法について設問したところ、「集配

場所と自宅の間は自力で運送し、コンテナを自分で返しに行く」が 66.7 %、「配送料を払ってもいいから、堆肥の配達とコンテナの回収をしてほしい」が 33.3 %であった。



第7図 成型堆肥施用部に発生した細根量

注) 三相分布測定用の採土器を用いて、表層から約15cmまでの土壌を採取し、含まれている細根量(径2mm以下)を調べた。樹冠外周直下を、1樹につき4カ所調査した。

試験3 成型堆肥から溶出する肥料成分量

試験期間中の気温については、4月下旬に平年を下回り、5月下旬に平年を上回った他は、ほぼ平年並みに推移した。降水量は、4月中旬、5月上～中旬が平年より多く、梅雨期は平年よりやや多かった。

成型堆肥からの無機態窒素の溶出は施用直後から始まり、5月にピークを示した後7月まで溶出が続き、8月以降急激に減少した。アンモニア態窒素、硝酸態窒素の比率や溶出パターンはほぼ同様であった。リン酸の溶出も施用直後から認められ、5月にピークを示した後漸減した。加里もリン酸と似た傾向であったが、6月以降急激に溶出量が減少した(第4表)。

第4表 成型堆肥からの窒素、リン酸、加里溶出量の推移(10aあたり)

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合計
窒素	アンモニア態 N 溶出量 (g)	823	1787	349	132	8	25	2	3126
	硝酸態 N 溶出量 (g)	1391	999	536	231	14	21	5	3198
	無機態 N 溶出量 (g)	2214	2787	885	363	23	45	8	6324
	無機態 N 溶出率 (%) ^z	8.1	10.2	3.2	1.3	0.1	0.2	0.0	23.1
リン酸 (P ₂ O ₅)	溶出量 (g)	6076	11681	3803	3003	403	1393	643	27002
	溶出率 (%) ^z	11.7	22.4	7.3	5.8	0.8	2.7	1.2	51.9
加里 (K ₂ O)	溶出量 (g)	3056	3800	425	297	150	110	32	7871
	溶出率 (%) ^z	9.6	12.0	1.3	0.9	0.5	0.3	0.1	24.8

注) 2006年3月31日から開始。成型堆肥を1.1t/10a(原料のオガクズ牛ふん堆肥2t/10a相当量)施用すると仮定した。

z: 成型堆肥1.1t/10aに含まれる全N, 全P₂O₅, 全K₂Oはそれぞれ27.3kg, 52.1kg, 31.7kgであり、これらを100として算出した。

考 察

ウンシュウミカン園における有機物施用の有効性については、土壌の化学性、透水性、排水性、生物性を改善し、樹体成長を良好にすることが知られている(岩切ら, 1986・1988)。また、本研究で成型堆肥の原料に用いたオガクズ牛ふん堆肥に関しては、土壌の物理性改善効果が高く、その効果が数年間持続すること、さらに鶏ふんや豚ふんに比べて肥料成分濃度が低いことが知られており(糸瀬ら, 1978)(二見ら, 1995)、ウンシュウミカンに適した堆肥である。しかし、オガクズ牛ふん堆肥をはじめとした一般的な堆肥の多くは水分を50%以上含んでいて重く、袋詰めされているために一輪車などへの積載性が悪い。刃物などで袋を破いて施用する必要がある。そこで、急傾斜地園における堆肥の省力的施用を図るには、ハンドリング性の優れた堆肥の開発が急務と考え、軽量成型堆肥を検討した。

近年、施用の省力化を目的としたペレット堆肥に関する研究が行われているが、小型のライムソーやブロードキャスターといった機械による散布を前提としており(薬師堂, 2000)(永田, 2000)、導入に際しては園内作業道の整備が必須である(高辻, 1997)。しかし、傾斜度が15度を超えるような急傾斜地園では作業道や園内道の整備、および肥料散布機の園内への搬入は非常に困難である。そこで、急傾斜地園ですでに普及が進んでいる単軌条運搬機や一輪車への積載性改善を優先的に考え、堆肥を農業用コンテナに収納できる平板状に成型し、乾燥させて軽くした。その結果、施用時間の大幅な短縮と、作業への負担軽減を図ることができた。施用の際は一般的な堆肥とは違って袋から出す必要がない。そのまま樹冠の外周沿いに置くだけでよく、コンテナをリターナブルとする流通体系をとることで空袋(廃ビニール)による環境への負荷も抑制できる。モニター農家に「望ましい流通体系」を問うたところ、ハンドリング性の良さや環境負荷低減効果を理由に挙げ、「コンテナでの流通がよい」という回答が多かった。反面、コンテナでの流通は仮置き場などで場所をとるという意見も寄せられており、今後の検討を要する。

また、この成型堆肥は省力的に施用できる。施用初年度から旺盛な細根発生を誘起することを明らかにした。宮田ら(1994)は、「ミヤウチイヨ」を用いた有機物の連用試験(表面施用)を通じて、土壌の物理性改善による総細根量の著しい増加を認めている。本研究における細根の旺盛な発生も、成型堆肥の施用によって表層土壌が膨軟になったことが直接の原因と考えられ、成型堆肥の連年施用による樹勢の維持、向上が期待できる。

一方、連年施用を想定した場合、堆肥自体の肥効を勘案し施肥量を適正化することが必要となる。家畜ふん系堆肥に含まれる窒素は夏にかけて多く無機化し、果実品質に悪影響を及ぼす懸念がある(岩本ら, 1985)。オガクズ牛ふん堆肥に含まれる肥料成分の肥効率は化成肥料の60%前後である(岩本, 1986)と報じられていることから、本研究では成型堆肥から溶出する肥料成分の推移を調べた。原料堆肥2t/10aに相当する量を3月に施用した後、堆肥中の窒素はすみやかに無機化、溶出し、アンモニア態窒素と硝酸態窒素が夏にかけてそれぞれ約3kg/10a溶出した。以前筆者はワグネルポットを活用し、オガクズ牛ふん堆肥(2t/10aを3月に施用)から1年間に溶出する硝酸態窒素は2~4kg/10aであり、施用直後と夏~秋に多いことを明らかにしており(鯨, 2004)、今回もほぼ同じ結果を得た。ただし、30cm四方(投影面積0.09m²)の成型堆肥を原料基準で2t/10a施用した場合、施用枚数は約800枚/10aとなり、面積ベースで約70m²/10a(約7%)の局所施用となる。したがって、成型堆肥から溶出した肥料成分の樹体への吸収効率は全面に均一施用した肥料や堆肥と同様とは考えられない。年による気象変動や連用による肥効の変化も考慮せねばならず、肥効を正確に推定することはできない。よって、導入当初は年間窒素施用量の20%程度(成木園では窒素基準で4kg/10a)を春肥で減じる施肥法とし、以後は定期的に土壌診断を行いながら施肥量を調整するのが安全で望ましい。さらに、調査結果からはリン酸と加里の集積がすすむ可能性も示されており、リン酸と加里の成分量が少ない肥料との組み合わせが必要と推察される。

他方、マルチ栽培との組み合わせを想定すれば、7~8月のマルチ敷設前までは堆肥の肥料成分が夏肥として樹勢維持に作用し、マルチ敷設以降は降雨の遮断により、肥効が品質に影響を及ぼさないことが予想さ

れる。また、マルチ栽培では土壌表層の乾燥ストレスによって表層細根が減少する（中里・岸野，1995）が、本研究では著しい表層細根の増加を認めているうえ、表層細根は乾燥ストレスに鋭敏に反応することで果実の高品質化に寄与する可能性がある（宮田ら，1994）との知見もある。よって、成型堆肥とマルチ栽培の組み合わせは今後実証を要する。

本研究を通じて、オガクズ牛ふん堆肥を原料とする堆肥の成型法、ならびに成型堆肥による急傾斜地園での省力的な土壌改良を実証した。今後成型堆肥の普及に向けては、原料とするオガクズ牛ふん堆肥を安定した品質で製造できる技術の確立と、畜産農家、あるいは企業による成型の試行、ならびに製造規模別による成型コスト試算が求められる。技術的には、汎用のプレス機と簡易な型枠、天日乾燥用の安価な温室（ビニールハウスなど）があれば成型できるため、畜産農家自身が堆肥に新たな価値を付加し、近隣地域の農家に提供することで「ウンシュウミカン産地の体力強化」「堆肥の地産地消」につながるものと考えられる。

摘 要

急傾斜ウンシュウミカン園における土壌改良の省力化を図るため、軽量でハンドリング性に優れた成型堆肥を開発し、施用による効果を検討した。

1. オガクズ牛ふん堆肥と糊化デンプン液を混合し、型枠に充填した後プレス機で $30 \times 30 \times 5$ cm に成型、これを温室内で自然乾燥させることで約 1.4kg/枚の成型堆肥を作成した。
2. 成型堆肥は降雨を速やかに吸水し、3 月施用であれば梅雨期には原型をとどめず、表層土壌が膨軟になり、堆肥施用部には初年度から細根が旺盛に発生した。
3. 成型堆肥からの三要素の溶出は施用直後から夏まで続いた。うち窒素については、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の溶出比率はほぼ同じであった。
4. 成型堆肥は農業用コンテナに収めて運べるため、施用はコンテナから取り出して置くだけであり、作業に要する時間や作業者への負担を大幅に軽減できた。また、モニター農家へのアンケートの結果、ハンドリング性の良さや廃ビニールによる環境負荷を抑えられることを理由に、コンテナに入れての流通を望むという回答が全体の 54.5 % を占めた。

引用文献

- 二見敬三ら. 1995. 有機質資材の多面的な特性と複合的施用技術. 土肥学雑. 66 (1) : 65-70.
- 糸瀬ら. 1978. 四国地域における農林畜産廃棄物の有効利用. 農業実用化技術レポート : 1-37.
- 岩切徹・松瀬政司・小野忠・柴田萬. 1986. 果樹園における有機物施用効果の解析 (第 3 報). 佐賀果試研報. 9 : 23-45.
- 岩切徹・松瀬政司・小野忠. 1988. 果樹園における有機物施用効果の解析 (第 5 報). 佐賀果試研報. 10 : 35-46.
- 岩本数人・中路正紹・高橋祐子. 1985. ウンシュウミカン園における厩肥施用効果と問題点. 農業および園芸. 60 (11) : 1395-1402.
- 岩本数人. 1986. カンキツ園におけるオガクズ牛ふん厩肥の施用技術. 九農研. 48 : 18-20.
- 鯨幸和. 2003. 成型牛ふん堆肥によるウンシュウミカン園の土壌改良. 平成 15 年度近中四研究成果情報 : 133-134.
- 鯨幸和. 2004. 有機農産物 (果樹) の品質・収量. 園学雑 73 (別 2) : 96-97.
- 前田恵助・奥畑庄次. 1998. 堆肥の固形化試験. 和歌山農技セ成果情報 : 77-78.
- 宮田明義・橋本和光・増富義治. 1994. 管理方法の違いがミヤウチイヨの地上部・地下部の生育並びに果実品質に及ぼす影響. 山口農試研報. 45 : 30-39.
- 永田茂穂. 2000. 家畜ふん堆肥およびペレット化堆肥の農耕地への積極的利用. 九農研. 62 : 25-30.

- 中里一郎・岸野功. 1995. ウンシュウミカンの果実品質に及ぼすフィルムマルチの影響. 九農研. 57 : 235.
- 高辻豊二. 1997. 反収向上のための土づくり. 果樹園芸. 50 (2) : 6-10.
- 薬師堂謙一. 2000. 乳牛ふんの堆肥化方式と堆肥のペレット化. 九農研. 62 : 19-24.