カンキツせん定枝及びスダチ搾りかすの堆肥化と施用効果

森　　聡

Compost making from citrus pruned shoots and sudachi fruit straind draff and effects of these application on citrous orchard.

Satoshi Mori

Summary

In order to establish organics recycling in citrus orcharding i.e. reusing of citrus pruned shoots and fruit straind draff produced in and around citrus orchard, the method of making composts from pruned citrus shoots and sudachi fruit straind draff and effects of these application on citrous orchard were investigated.

It was possible to make mature compost from citrus pruned shoot tips by simply watering and heaping in compost shed and to make mature compost by mixing sudachi fruit straind draff and immature compost of pruned citrus shoots tips. Aplication of these products in citrous orchad improved chemical property of the orchard soil.

１．緒 言

徳島県におけるウンシュウミカン、スダチ、ユズ等カンキツ類の栽培面積は約2,500ha であり、中山間地域の基幹作物となっている。従来、これらのカンキツ園から排出されるせん定枝（推定 20,000t）の大部分は焼却処分されていたが、環境問題が重視されてきている中で焼却が困難となってきたためその処理に苦慮している。

また、スダチ、ユズ、ユコウ果実を原料にしたカンキツ果汁が生産されているが、その過程で排出される搾りかすが年間推定 7,000t に上っている。これらは産業廃棄物であり、多量の水分と有機酸を含有しているため、そのままでは分解は困難であり、処理が大きな問題となっている。

徳島県のカンキツ園のほとんどは傾斜地にあるため、堆肥等の土壌改良資材の投入は重労働であることに加えて、生産者の高齢化や生産意欲の低下等から投入量が著しく減少している。このため、地力が低下してきている。近年、収量の低下や隔年結果が問題となっているが、その要因の一つは地力の低下にあると考えられる。

これらの問題を解決するために、せん定枝や果実搾りかす等有機性廃棄物を再資源化し、園内あるいは地域内に還元し循環させる資源循環型農業が求められている。本研究はカンキツ栽培において資源循環型農業を確立する研究の一環として、カンキツせん定枝及びスダチ搾りかすの堆肥化とその施用効果について検討したものである。

本研究の一部は平成 15 年度園芸学会中四国支部大会において発表した。

２．材料及び方法

１）カンキツせん定枝の堆肥化

2001年春期のせん定により生じたカンキツせん定枝を同年5月29日にチップ化し、約 1t を堆肥舎内で散水しながら堆積した。適宜散水し、切り返しを行った。切り返しの目安は堆積物の内部温度が約 70 ℃から漸減し、50 ℃程度になったとき（約 1 か月を要す）とした。

堆積開始から終了までの期間に堆積物の内部温度、水分含量、pH、EC、T-C、T-N、C/N 比、無機成分含量等の推移やコマツナ種子発芽阻害性について調査した。

内部温度は堆肥中心部の温度を連続測定した。水分含量は60℃で一週間程度通風乾燥後測定した。pH、EC は堆肥 20g に蒸留水 100ml を入れ、30 分間浸透抽出した後測定した。T-C 及び T-N は全窒素・全炭素測定装置（住化分析センター製）で測定し、C/N 比は T-C/T-N で表した。無機成分含量は灰化後 P を除き原子吸光分光光度計（島津製作所製）で測定した。P は比色法で測定した。コマツナ種子発芽阻害性は藤原（1985、1997）の幼植物試験法に従って行った。すなわち、堆肥 30 g に蒸留水 300ml を加え、60 ℃ 3 時間抽出後ろ過した。ろ液 10ml を予め底にろ紙 2 枚を敷いたシャーレに入れ、コマツナ種子 50 粒をまいた。シャーレに蓋をして、25 ℃ 1 週間静置し、発芽率や根長、茎長を測定した。

カンキツせん定枝は大型チッパー（東興産業製）を用いてチップ化し、堆積は徳島県果樹研究所内の堆肥舎で行った。また、切り返しにはショベルローダー（小松製作所製）を用いた。

写真１. せん定枝のチップ化

写真２. せん定枝堆積物の切り返し

２）スダチ搾りかすの堆肥化

翌2002年に、前年と同様の処理を行ったせん定枝堆積物約 1t に、9月18日にスダチ搾りかすを約 0.5t 混合した（以後、搾りかす混合堆積物と表す）。その後、前年と同様適宜切り返しを行った。対照にはスダチ搾りかすを混合せず堆積したせん定枝堆積物を用いた。これらの堆積物の各種調査、使用機械及び処理場所については１）と同様に行った。

写真３. せん定枝堆積物とスダチ
搾りかすの混合

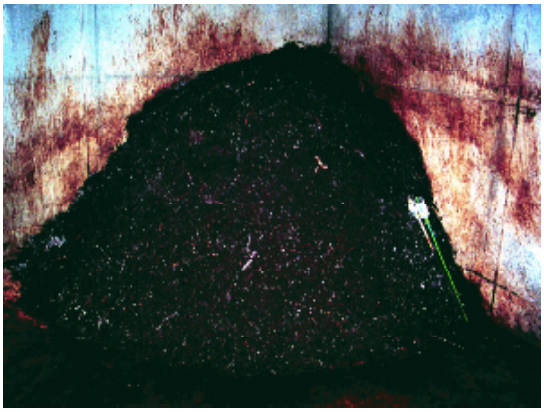

写真４. 搾りかす混合堆積物
（混合１か月後）

３）せん定枝堆肥及び搾りかす混合堆肥の施用効果

2002年にせん定枝堆積物及び搾りかす混合堆積物から得られたせん定枝堆肥及び搾りかす混合堆肥を、2003年2月4日に徳島県果樹研究所内の片山温州11年生樹園に施用した。施用量は 5t/10a とし、全面施用した。対照区には市販のオガクズ牛糞堆肥を用い、同量施用した。

写真５. せん定枝堆肥施用直後

３．結果及び考察

１）カンキツせん定枝の堆肥化

カンキツせん定枝のチップを堆肥舎内で散水しながら堆積すると、約 2 日後には内部温度が 70 ℃まで上昇し、その後約１か月ほどで 50 ℃程度まで漸減した。そこで、散水しながら切り返しを行い堆積すると、内部温度が再び 70 ℃まで上昇した。これを繰り返しても、12 月上旬には内部温度が 40 ℃程度までしか上昇しなくなった。（図１）。藤原（1997）は堆肥の腐熟度判定法の１つに品温評価法があり、これは切り返しを行っても温度上昇がみられなくなる時点で完熟状態になったとするものであることを述べている。それに従えば、本研究の結果は 12 月上旬で完熟したものと考えられた。

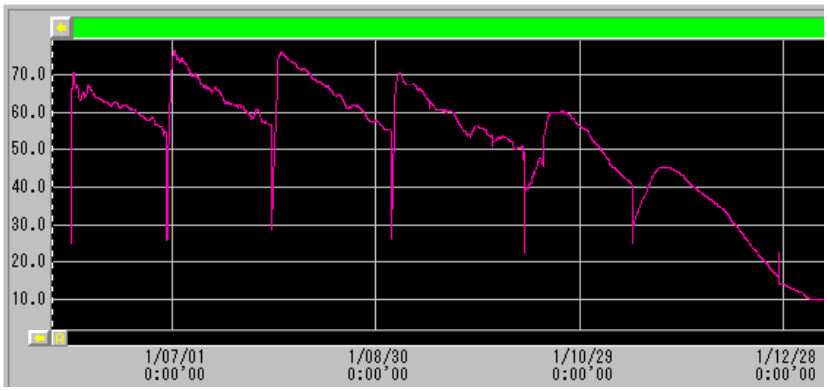

図１. せん定枝堆積物の内部温度の推移（2001 年）

散水堆積する前のチップの水分含量は 20%程度であったが、２か月後には 60%以上に上昇し、５か月後には 70%まで上昇した（図２）。堆肥化に適する水分含量は 60 %前後と言われているが、市川ら（2001）は 75 %程度の水分でも好気的条件を維持すれば発酵が進展することを明らかにしている。このことから、本研究での水分含量は堆肥化に適していたものと考えられた。

堆積物の pH（H_2O）は堆積前は 6.09 であったが、堆積後上昇し、完熟と推測された 12 月上旬以降の 12 月 28 日には 8.24 まで上昇した。EC は同 2.5 から 2.9 へやや上昇した（図３）。

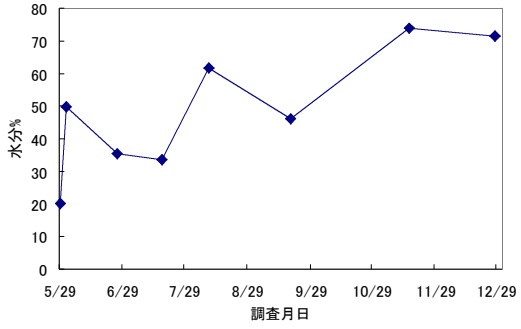

図2　水分の推移(2001年)

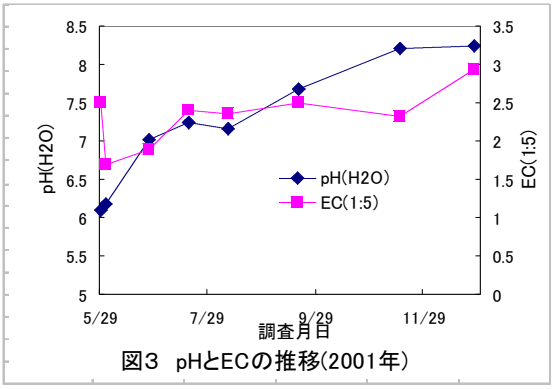

図3　pHとECの推移(2001年)

無機成分濃度はいずれも増加し、堆積開始時に比べて 12月28日には約2～4倍となった（図４，５）。

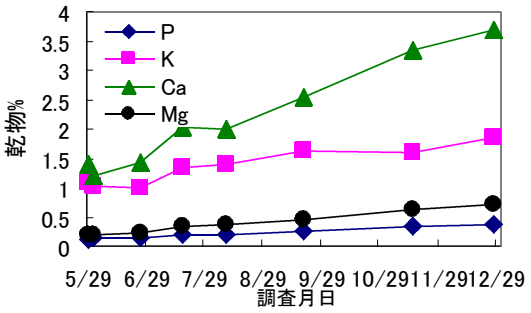

図4　無機成分の推移（1）(2001年)

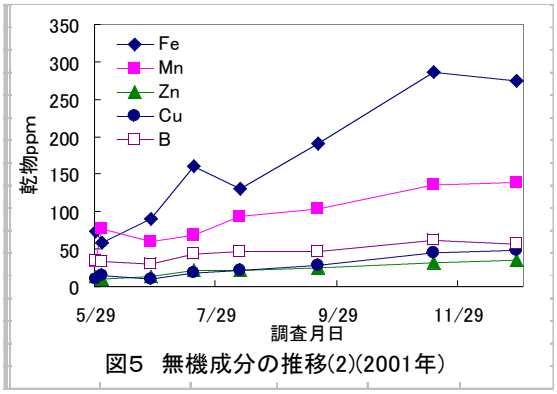

図5　無機成分の推移(2)(2001年)

無機成分濃度上昇の原因は次のように推測された。すなわち、堆積物中の微生物の活動により有機物の分解が生じたが（大部分は CO_2 と H_2O となったものと推測された）、無機成分は分解されずにそのまま残るため、結果として無機成分の相対的濃度が上昇したと考えられた。多田・百瀬（1997）も同様のことを報告している。また、市川（2001）らは堆肥化過程で乾物量が堆積開始時の 40 %程度まで減少することを報告している。

また、多田・百瀬（1997）はせん定枝葉の堆肥化の過程での pH の上昇は原材料中のタンパク質の分解によって生じたアンモニアによるものであると報告している。一方、藤原（1997）は堆肥化の過程で、初期には有機物の分解に伴うアンモニアが発生するが、後期にはアンモニアが微生物により硝酸に変化することを述べている。これらのことから、本研究の堆肥化過程においても、pH の上昇は有機物の分解によって生じたアンモニアの増加によるものと考えられたが、それに加えて有機物の分解による無機成分（Ca や K 等の塩基）の相対的濃度上昇も原因の１つと推測された。堆肥化後期の EC の上昇は硝酸態窒素の増加とともに無機成分の相対的濃度上昇が原因であると推測された。

T-C(%)がわずかに減少し、T-N(%)が上昇した結果、C/N 比は堆積開始前の 35 から 13 に減少した（図６）。藤原（1997）は堆肥の腐熟度判定法の１つとして C/N 比が 10 ～ 20 であれば完熟していると述べている。本研究の数値はこの基準に従えば完熟したものと考えられた。

無機成分濃度の相対的上昇と比較して T-C(%)の減少はわずかにみえるが、これは総量に占める有機物の割合（構成元素でいえば C、H、O の割合）が極めて高いためであると考えられた。

T-N(%)上昇の原因も前述の有機物の分解の結果であると推測された。アンモニアの気散は pH が 9 を越えると生じるといわれているが、本研究では 8 を少し越えた程度であったことから、窒素の大部分はアンモニア態や硝酸態として堆積物中にとどまったものと推測された。

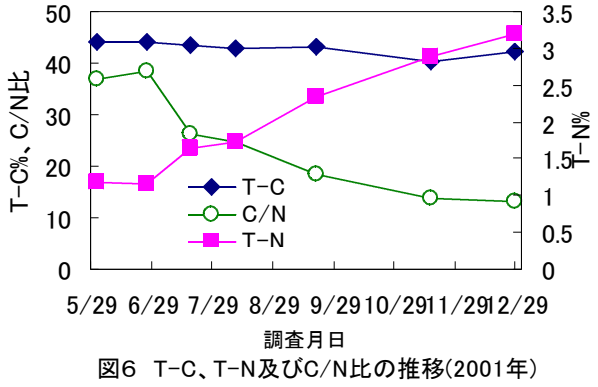

図6　T−C、T−N及びC/N比の推移(2001年)

2001年12月28日にせん定枝堆積物の水抽出物液を用いてコマツナ種子発芽試験を行うと、対照とした水と同様の発芽率 100 %を示し、阻害性は全くみられなかった。また、コマツナの茎長は水よりも優れた（表１）。このことからもせん定枝堆積物は完熟したものと判断された。

藤原（1997）は堆肥の腐熟度判定法として、前述した品温評価法、幼植物試験法、C/N 比でみる方法の他に色評価法（黒色に近いほど腐熟が進んでいる）、臭気判定法（完熟すれば刺激臭がなく堆肥臭がする）等について述べている。また、原田（1983）は外観形状や堆積状態（色、形状、臭気、水分、堆積中の最高温度、堆積期間等）から腐熟を判定する方法を述べている。本研究のせん定枝堆肥のC/N比は13であること、外観は黒色で、バーク堆肥様であり、臭気は堆肥臭であり、C/N比及び外観形状からも完熟したものと判断された（表２）。

表１　せん定枝堆積物抽出液のコマツナ種子発芽試験（2001年12 月28日）

試験区	発芽率	茎長
せん定枝堆積物抽出液	100%	4.2cm
水	100	2.4

25 ℃、7 日間培養

表２　せん定枝堆積物の特性（2001年12月28日）

項目	特徴等
C/N	13
色調	黒色
形状	バーク堆肥様
臭気	堆肥臭
発芽阻害	なし

２）スダチ搾りかすの堆肥化

2002年、新たに 2001年と同様に処理したせん定枝堆積物約1tに対し、腐熟途中の同年9月18日にスダチ果実搾りかすを約0.5t加え混合し堆積した。その結果、内部温度は対照区のせん定枝堆積物とほぼ同様の推移を示した（図７）。

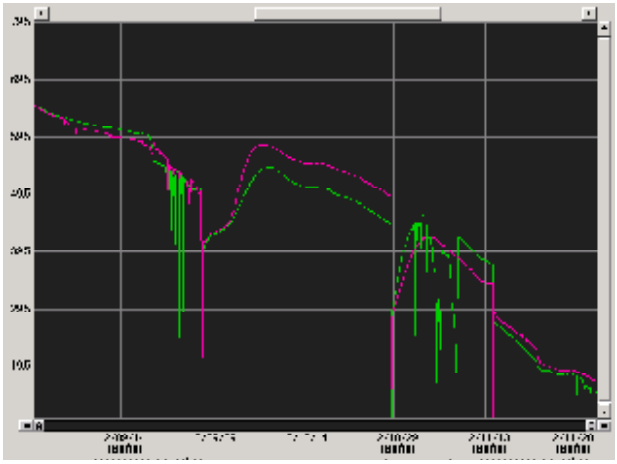

図７　内部温度の推移
（図中に多数のノイズがみられるが、これは
センサーの一時的接触不良によるものである）

混合約1か月後には外観上搾りかすはほぼ完全に分解し、外観形状は対照区と同様となった。搾りかす混合堆積物の混合直後の pH は搾りかすの pH が低かったため、対照区のせん定枝堆積物に比べて低下したが、約１か月後以降は対照区よりわずかに高く推移した。この主な原因は搾りかすの有機酸が分解したためであると推測された。

せん定枝堆積物に比べて、搾りかすの EC が高かったため、搾りかす混合堆積物の EC は対照区のせん定枝堆積物に比べて高く推移した（図８）。

無機成分については、搾りかすはせん定枝堆積物に比べてカリ含量が高かったため、搾りかす混合堆積物のカリ含量も高く推移した。他の成分については搾りかす中の含量が対照区のせん定枝堆積物に比べて低かったため、総じてやや低く推移する傾向であった（図９）。

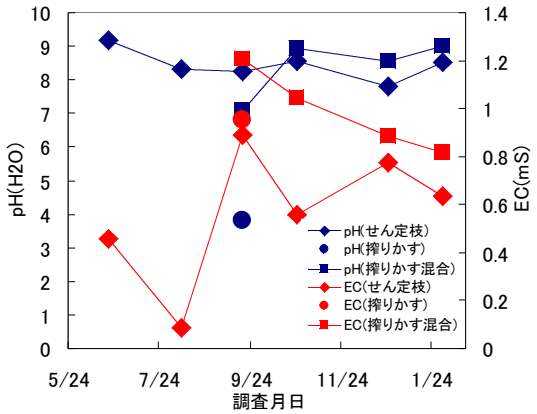

図8　pHとECの推移(2002年)

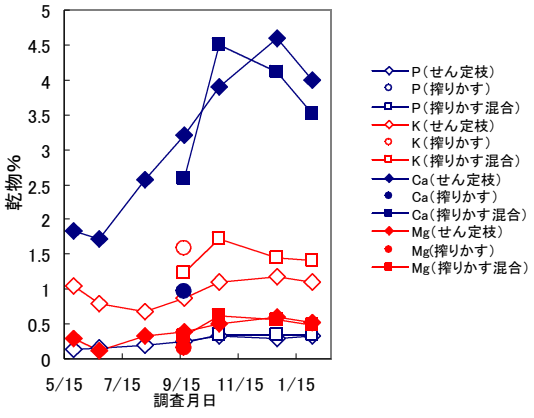

図9　無機成分（多量要素）含量の推移(2002年)

混合時点での搾りかす混合堆積物の T-N(%)は低下し、C/N 比は上昇した。これは搾りかすの T-N(%)は対照区のせん定枝堆積物に比べて低いが、T-C(%)にはほとんど差がないため、結果として C/N 比が上昇したことによる。しかし、混合約1か月以後の C/N 比は対照区とほぼ同様の値となった（図 10、11)。これは搾りかす混合堆積物中の有機物の分解が進み、相対的に T-N が上昇した結果であると推測された。

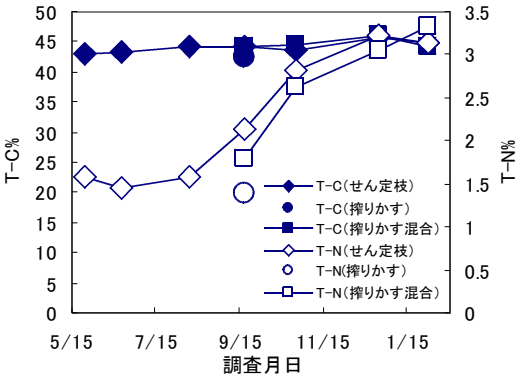

図10　T-CとT-Nの推移(2002年)

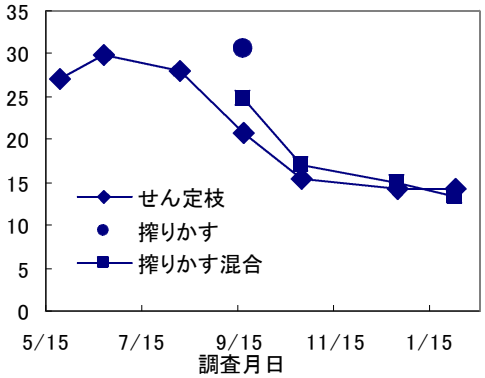

図11　C/Nの推移（2002年）

コマツナ種子発芽試験の結果は混合堆積約１か月後から 100 %の発芽率であり、茎長は対照区より優れた（表３)。

表３　せん定枝堆積物およびスダチ搾りかす混合堆積物抽出液のコマツナ種子発芽試験

（2002年）

試験区	10/25		12/25	
	発芽率	茎長	発芽率	茎長
せん定枝堆積物	100%	3.5cm	100%	3.6cm
搾りかす混合堆積物	100	4.3	100	4.1
水	100	1.9	100	1.8

25 ℃、7 日間培養

以上の結果から、搾りかす混合堆積物は混合１か月までの間に急激に分解が進んだため堆積１か月後にはせん定枝堆積物とほぼ同様の熟度を示した、また、混合３か月後の 12 月下旬にはせん定枝堆積物と同様完熟堆肥になったと判断された。

搾りかす混合堆肥はせん定枝堆肥に比べて pH、EC がやや高く、K_2O がやや高く CaO がやや低かったが、その差はわずかであり、ほとんど同程度に完熟したものと考えられた。また、バーク堆肥や市販のオガクズ牛糞堆肥に比べて両者は T-N が高く、C/N 比が低かった（表４)。すなわち、バーク堆肥やオガクズ牛糞堆肥に比べてより完熟しており、窒素含量が高いことから肥料的要素が高いことが示された。

表４ せん定枝堆肥および搾りかす混合堆肥の成分表

（2003 年 1 月 31 日）

処理区	pH (H_2O)	EC mS	水分 %	T-C %	T-N %	C/N	P_2O_5 %	K_2O %	CaO %	MgO %
せん定枝堆肥	8.52	0.64	74.9	44.9	3.14	14.3	0.75	1.34	5.59	0.89
搾りかす混合堆肥	9.01	0.82	75.0	44.1	3.32	13.3	0.78	1.71	4.93	0.82
バーク堆肥*	7.10	1.14	60±5	46.7	1.55	30.1	0.88	0.54	4.70	0.44
オガクズ牛糞堆肥**	7.83	4.46	69.9	41.9	1.96	21.4	1.09	2.00	1.33	0.73

* 肥料便覧（第 5 版）より

** 市販堆肥、2004 年 5 月 11 分析

３）せん定枝堆肥及び搾りかす混合堆肥の施用効果

せん定枝堆肥施用区及び搾りかす混合堆肥施用区は対照のオガクズ牛糞堆肥施用区に比べてウンシュウミカンの葉中K及び Ca が高い傾向であった。葉中Nはせん定枝堆肥区でやや高かった（表５）。

果実品質にはほとんど差はみられなかった（表６）。

表５ せん定枝堆肥および搾りかす混合堆肥の施用がウンシュウミカン樹に及ぼす影響

（2003年9月12日）

処理区	N	P	K	Ca	Mg
せん定枝堆肥	2.94%	0.164%	2.18%	2.56%	0.42%
搾りかす混合堆肥	2.74	0.160	2.20	2.25	0.37
オガクズ牛糞堆肥（対照）	2.77	0.165	1.64	1.69	0.34

表６ せん定枝堆肥および搾りかす混合堆肥の施用がウンシュウミカンの果実品質に及ぼす影響

（2003年11月14日）

処理区	一果重 g	着色度	果肉歩合 %	糖度 Brix	クエン酸 %
せん定枝堆肥	167.8	10	74.7	10.5	1.28
搾りかす混合堆肥	161.8	10	74.5	10.2	1.25
オガクズ牛糞堆肥（対照）	161.9	10	73.7	10.7	1.44

土壌化学性については、pHはせん定枝堆肥施用区及び搾りかす混合堆肥施用区で下層の pH 上昇効果がみられた。置換性 Ca は上層、下層ともせん定枝堆肥施用区及び搾りかす混合堆肥施用区で高く、前述の下層

での pH 上昇効果の原因と考えられた。このことから、オガクズ牛糞堆肥に比べて、せん定枝堆肥施用及び搾りかす混合堆肥は下層土壌の改善効果が優れるものと考えられた。塩基置換容量（CEC）についてもせん定枝堆肥施用区及び搾りかす混合堆肥施用区で高い傾向がみられた。また、両区の上層の T-N が高かったこと及び塩基置換容量が増加したことから、オガクズ牛糞堆肥に比べて、土壌中の腐植含量を増加させる効果に優れると考えられた（表７）。

せん定枝堆肥及び搾りかす混合堆肥の最適施用量、連年施用効果等については今後検討していく計画である。

表７ せん定枝堆肥および搾りかす混合堆肥施用が
ウンシュウミカン園土壌の化学性に及ぼす影響

（2003年11月5日）

処理区	層位	pH (H_2O)	pH (KCl)	EC mS	P_2O_5 (mg/100g)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	CEC	塩基飽和度%	T-N %
せん定枝堆肥	上	6.25	5.48	0.064	127.2	1.9	18.2	6.1	22.2	118.0	0.308
	下	6.38	5.85	0.076	107.1	2.3	15.2	6.1	18.6	126.9	0.196
搾りかす混合堆肥	上	6.44	6.02	0.086	192.3	2.0	20.6	6.8	24.8	118.5	0.357
	下	6.70	6.24	0.089	113.6	2.7	15.2	6.9	19.2	129.2	0.161
オガクズ牛糞堆肥（対照）	上	6.22	5.69	0.083	122.5	1.8	14.9	6.4	17.6	131.3	0.154
	下	5.20	3.90	0.072	59.7	2.5	4.4	2.3	17.2	53.5	0.175

上層：0 ～ 15cm、下層：15 ～ 30cm

以上のことから、カンキツせん定枝のチップを堆肥舎内で散水、堆積するだけで完熟した堆肥の作製が可能であり、また、腐熟途中の同堆積物にスダチ搾りかすを混合することにより、スダチ搾りかすの堆肥化が可能であった。また、これらの堆肥の施用により、カンキツ園土壌の化学性の改善効果がみられた。

４．摘 要

カンキツ園内外から排出されるせん定枝、果実搾りかす等有機性廃棄物を再資源化し、園内あるいは地域内に還元し循環させる資源循環型カンキツ栽培体系を確立するために、カンキツせん定枝及びスダチ搾りかすの堆肥化とその施用効果について検討した。

カンキツせん定枝のチップを堆肥舎内で堆積、散水、切り返しするだけで完熟した堆肥の作製が可能であり、腐熟途中の同堆積物にスダチ搾りかすを混合することにより、スダチ搾りかすの堆肥化が可能であった。これらの堆肥の施用により、カンキツ園土壌の化学性の改善効果がみられた。

５．引用文献

市川明・中谷洋・増田達明・加納正敏・平山鉄夫．2001．高水分牛ふん尿の堆肥化における梨剪定枝の利用法．愛知農総試研報．33：287-292.

市川明・中谷洋・増田達明・加納正敏・平山鉄夫．2001．豚ふんの堆肥化における梨剪定枝の利用法，愛知農総試研報．33：293-298.

多田実・百瀬英雄．1997．剪定枝葉，有機廃棄物資源化大辞典（有機質資源化推進会議編）農文協．東京．274-284..

原田靖生．1983．家畜ふん堆肥の腐熟度についての考え方．畜産の研究．37：1079-1086.

藤原俊六郎．1985．シャーレを使った簡易腐熟度判定法．土肥誌．56：251-252.

藤原俊六郎．1997．有機物の腐熟度判定法．有機廃棄物資源化大辞典（有機質資源化推進会議編）農文協．東京．41-50.