

乳牛ふん堆肥化における副資材としての竹粉碎物の利用

竹下美保子*・小山 太

乳牛ふん堆肥化の際に副資材として一般に用いられているオガクズを竹粉碎物で 100%代替可能であるか、さらにその堆肥化物を施用した場合の植物への影響について検討した。試験区は乳牛ふんおよび竹粉碎物を混合した竹区と、対照区として竹区と同じ割合で竹粉碎物をオガクズに替えたオガクズ区を設定した。竹区はオガクズ区に比べて堆積期間中の発酵温度および有機物分解率が高く推移したことから、竹粉碎物はオガクズに比べ易分解性であることが確認できた。有機物の減少に伴い、竹区の肥料成分はオガクズ区よりも高い値を示した。発芽インデックス値から、竹区はオガクズ区同様、5週間で完熟に達すると判断できた。これらのことから、竹粉碎物は乳牛ふんの副資材としてオガクズと完全に代替しても十分に堆肥化できると判断された。一方、試験開始時、各切返し時、および試験終了時の堆積物をコマツナへ施用した結果、竹区はオガクズ区に比べて葉色に差は認められなかったが、草丈および乾物重は低い傾向を示した。

以上のことから、竹粉碎物は乳牛ふんの副資材として適性があると考えられた。ただし、その堆肥化物を葉菜類へ施用する際の施用技術については検討が必要である。

[キーワード：乳牛ふん、竹粉碎物、副資材、堆肥化]

Availability of crushed bamboo tip as a bulking agent during composting of dairy cow feces. TAKESHITA Mihoko and Futoshi KOYAMA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 33: 34-38 (2014)

Dairy cow feces, crushed bamboo tip, and rice bran were piled into a 1-m³ composting tank after mixing in a ratio of 20:5:1 (A). Sawdust instead of crushed bamboo tip was used as a check control (B). The fermentation temperature of (A) was higher than that of (B) throughout the composting. The rate of resolution of organic matter of (A) was higher than that of (B), suggesting that it has greater soluble property than (B). According to the germination index, mature compost was obtained after 5 weeks in both conditions (A) and (B). This suggested that the bamboo tip functioned as a bulking agent similarly to sawdust.

A pot experiment was conducted to examine the fertilization effect of (A) on Komatsuna (*Brassica rapa* var. *perviridis*). It was shown that application of (A) tended to produce a lower dry weight of Komatsuna than did application of (B).

We conclude that crushed bamboo tip appears to function as a bulking agent in the composting of dairy cow feces. Further examination will be necessary for practical application of (A) on leafy vegetables.

[Key words: dairy cow feces, crushed bamboo tip, bulking agent, composting]

緒言

有機性廃棄物の堆肥化に最も適した水分は約60~70%といわれている(代永 1995)。乳牛ふんは約80%と水分が高く、堆肥化処理には水分を調整する副資材の混合が必要である。現在、オガクズが乳牛ふんの堆肥化向け副資材として利用されているが、近年木材需要の低迷により、将来的には価格が高騰し入手しにくくなる状況が予想される。

一方、平成23年度の福岡県竹林面積は12,522haに達し、近年輸入タケノコの増加等により放置竹林面積は拡大しており、竹林整備のための伐採が求められている(福岡県 2012, 2013)。現在、伐採後の竹材の粉碎方法は様々な方式が開発されており、その粉碎物の利用方法が検討されている。これまで竹チップを家畜の敷料や副資材として利用する方法(芹澤ら 2002, 坂井ら 2004, 石橋ら 2004, 太田 2008)は報告されており、牛ふん堆肥化の副資材としての竹利用についてはオガクズの50%まで代替可能という調査結果や、実験室規模での100%代替可能であることが報告されているが、伐採後の竹材が実

用的規模で利活用できれば、畜産業および林業に貢献できると考えられる。

そこで、本研究では、乳牛ふんの堆肥化副資材として、オガクズを100%竹粉碎物で代替した利用を検討するため、より実用規模に近い堆肥化を想定した1m³規模の箱型発酵槽を利用して堆肥化試験を実施した。さらに、調製した堆肥をコマツナへ施用し、葉菜類に対する影響を調査した。

材料および方法

1 堆肥化試験

試験は、当场乳牛舎から搬出された新鮮乳牛ふんを主材料として、副資材に竹粉碎物を用いた竹区、および対照区としてオガクズを用いたオガクズ区の2区を設定して実施した。混合量は、主原料の新鮮乳牛ふん 300kgと副資材 75kg、発酵促進資材として米ぬかを 15kgとし(混合割合 20:5:1)、混合後すぐに1m×1m×1mの箱型発酵槽に堆積した。竹粉碎物は西邦エンジニアリング株式会社製粉碎機(粉碎方式:解砕式)でモウ

ソウチクを粒径 2mm 以下に粉砕したものを用い、オガクズはスギオガクズを使用した。2012年8月26日から堆肥化を開始し、試験開始から5週間後までは1週間ごとに切り返し、それ以降は開始9週間後に切り返し、開始13週間後まで堆積した。堆積期間中の品温についてはバイメタル式温度計で中心部の温度を1回/日測定した。切り返しごとに堆積物から約1kg採り、十分に均質化させた後、pH、水分、有機物含量、無機態窒素および全窒素の測定に供した。試料の一部は、発芽試験および施用試験に供するまで-40℃で凍結保存した。

pHは現物5gに蒸留水45mLを加えて30分間振とうし、pHメーターで測定した。pH測定後、濃度が10%となるように塩化カリウムを加えて振とう、ろ過後、アンモニア態窒素および硝酸態窒素を水蒸気蒸留法により測定した。水分は60℃で48時間通風乾燥後の重量減少量から算出した。有機物は590℃で2時間強熱処理後の重量減少により算出し、残量を灰分とした。開始時の灰分に対する有機物の減少率を有機物分解率として算出した。全窒素は現物2gをケルダール分解後、セミマイクロ蒸留法にて定量した。灰分測定後の試料を用いて塩酸抽出後、リン酸はバナドモリブデン酸法、カリは原子吸光分析法にて、含有率を定量した。容水量は太田(2008)の方法に従って測定し、蒸留水に浸漬する前の試料重量に対する割合で示した。

2 発芽試験

竹区およびオガクズ区の試験開始時の試料、切返し時の試料(1, 2, 3, 4, 5週後および9週後)および試験終了時の試料、計16種類の試料を解凍後、池田ら(2006)の方法に従い、発芽インデックス値を測定した。

3 施用試験

試験は、堆肥区、化学肥料区、無肥料区を設定した。堆肥区には、発芽試験で用いた16種類の試料による計16区を設定した。堆肥区は各試料100g、高度化成肥料(尿素硫加燐安48号, N-P₂O₅-K₂O:16-16-16%)1.25gおよび当時水田より採取した灰色低地土(風乾土)3kgを1/5000aワグネルポットに混合充填した。化学肥料区は高度化成肥料と灰色低地土、無肥料区は灰色低地土のみを堆肥区同様に充填した(第1表)。試験は当場内のガラス室で行い、各処理区は3反復で行った。堆肥施用後は1週間静置した後、2012年10月1日にコマツナ「品種:楽天」種子を、1ヶ所3粒ずつ4ヶ所に播種し、10月12日にポット当たり4株となるように間引きした。10月31日に収穫を行い、収穫時に乾物重量、草丈および葉色(SPAD値)を測定した。

得られたデータの統計処理は、Tukeyの多重検定に従って、有意差検定を行った。

第1表 コマツナ栽培試験の区分構成

サンプル名	化学肥料 施用量	堆肥由来 窒素含量(g)
各堆肥区		
竹区0w	1.25g	1.28
竹区1w		1.32
竹区2w		1.40
竹区3w		1.48
竹区4w		1.48
竹区5w		1.50
竹区9w		1.74
竹区13w		1.90
オガクズ区0w		1.27
オガクズ区1w		1.31
オガクズ区2w		1.32
オガクズ区3w		1.33
オガクズ区4w		1.37
オガクズ区5w		1.32
オガクズ区9w		1.31
オガクズ区13w		1.33
化学肥料区	1.25g	—
無肥料区	—	—

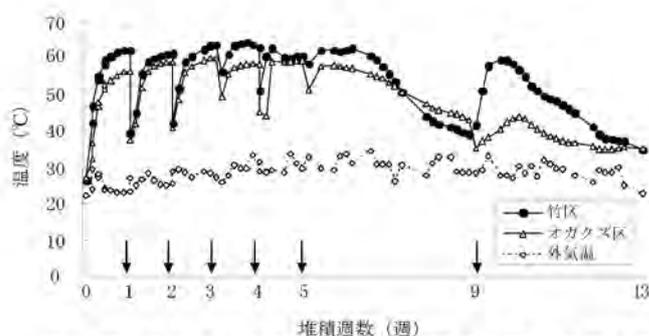
注) 1/5000aポット使用、各ポットに水田土壌3kgを充填

結果

1 堆肥化試験

(1) 品温推移 竹区の品温は速やかに上昇し3日後に60℃に達し、堆積1週間後には62℃まで上昇した。一方、オガクズ区は堆積1週間後までに56℃までしか上昇しなかった(第1図)。その後、竹区では26日後に最高品温64℃に達したが、オガクズ区では堆積期間を通して60℃を超えることはなかった。竹区では、9週間後の切返しの後も60℃近くまで上昇したが、オガクズ区では44℃までしか上昇しなかった。

(2) 理化学性および肥料成分組成 原料となる竹のpHがオガクズよりも低いことから、竹区で6.6、オガクズ区で7.9と試験開始時には竹区が低いpHを示した(第2表)。その後、両区ともpHは上昇し、堆積4週間後にはオガクズ区で9.6、5週間後には竹区で9.7まで上昇した(第3表)。4週間後まではオガクズ区の



第1図 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物の品温推移

注) 図中の矢印は切り返しを示す

第2表 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物の堆肥化開始時および終了時、堆肥原料の理化学性および肥料成分組成

		水分	有機物	pH	全窒素	リン酸	カリ	全炭素	C/N比
		%	含量DM%		DM%	DM%	DM%	DM%	
竹区	開始時	62.3	90.8	6.6	1.28	1.43	2.17	43.8	34.2
	終了時	47.8	85.0	9.0	1.90	2.45	3.85	41.2	21.7
オガクズ区	開始時	63.9	90.5	7.9	1.27	1.47	2.27	43.6	34.3
	終了時	52.7	88.1	7.9	1.33	2.02	2.82	42.6	32.0
堆肥原料	乳牛ふん	78.1	83.7	8.2	2.14	1.83	3.78	40.7	19.0
	竹粉砕物	10.4	98.0	5.9	0.27	0.12	0.95	47.0	173.7
	オガクズ	23.3	99.2	7.4	0.09	0.03	0.25	47.4	527.0

pH が高く推移したが、その後は竹区が高く推移し、試験終了時には、オガクズ区が7.9まで低下したのに対し、竹区は9.0を維持した。

堆積開始時の水分含量は竹区で62%、オガクズ区で64%を示した(第3表)。両区とも堆積に伴い低下し、試験終了時には竹区で48%、オガクズ区で53%を示した。

有機物分解率は、堆積開始後1週間で竹区12.6%、オガクズ区2.5%を示した(第3表)。その後も、竹区が高い分解率を示し、試験終了時には竹区45.6%、オガクズ区26.0%であった。

アンモニア態窒素は、竹区およびオガクズ区とも2週間後に最高値を示したが(第3表)、竹区のアンモニア態窒素の発生は1週間遅れる傾向にあった。硝酸態窒素は、両区ともに4週間から生成が認められたが、いずれも僅少であった。

第3表 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物のpH、水分、有機物分解率、アンモニア態窒素、硝酸態窒素および発芽インデックス値の推移

区分	堆積週数	pH	水分%	有機物分解率%	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	GI	
竹区	0	6.6	62.3	0.0	26.0	0.0	84.9	
	1	6.9	60.4	12.6	22.0	0.0	104.0	
	2	8.2	59.8	13.7	154.0	0.0	120.7	
	3	9.0	57.9	14.7	136.0	0.0	147.0	
	4	9.5	55.4	20.5	86.6	3.0	103.4	
	5	9.7	54.7	26.5	67.0	4.9	162.0	
	9	9.4	52.2	37.0	18.0	1.0	238.4	
	13	9.0	47.8	45.6	2.0	2.0	216.2	
	オガクズ区	0	7.9	63.9	0.0	22.0	0.0	191.1
		1	8.4	62.5	2.5	124.0	0.0	107.7
		2	9.0	61.3	4.7	159.0	0.0	80.6
		3	9.4	59.4	9.0	108.0	0.0	81.5
		4	9.6	58.2	9.9	88.5	3.7	93.7
5		9.6	57.2	14.0	35.8	81.5	171.8	
9		8.5	54.3	19.7	10.0	8.0	259.2	
13		7.9	52.7	26.0	9.0	5.0	266.6	

1) 水分以外は乾物あたりの重量%

2) NH₄-N: アンモニア態窒素, NO₃-N: 硝酸態窒素, GI: 発芽インデックス値

第2表に竹区、オガクズ区の試験開始時および試験終了時、さらに堆肥の原料である乳牛ふん、竹粉砕物およびオガクズの理化学性および肥料成分組成を示す。試験開始時の乾物あたりの全窒素、リン酸およびカリ含量は竹区でそれぞれ1.3%、1.4%および2.2%、オガクズ区でそれぞれ1.3%、1.5%および2.3%であり、両区ともほぼ同じ値であった。しかし、終了時においては、竹区がオガクズ区に比べ有機物分解率が高いため、肥料成分含量が高くなった。

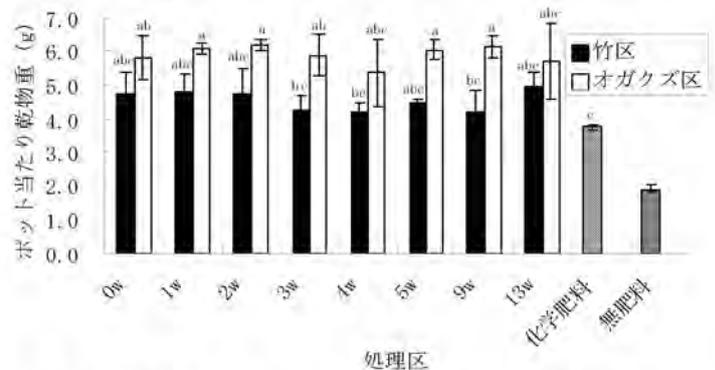
副資材である竹粉砕物の容水量は547±11.9%、オガクズの容水量は527±23.2%を示し、竹粉砕物が若干高い値を示すものの有意差はなかった。

2 発芽試験

第3表に堆積週数ごとの発芽インデックス値の推移を示す。腐熟が進み作物に安全な堆肥と判定できる発芽インデックス値150(池田ら2006)を超えた時期は、竹区およびオガクズ区ともに、堆積5週間後からであった。

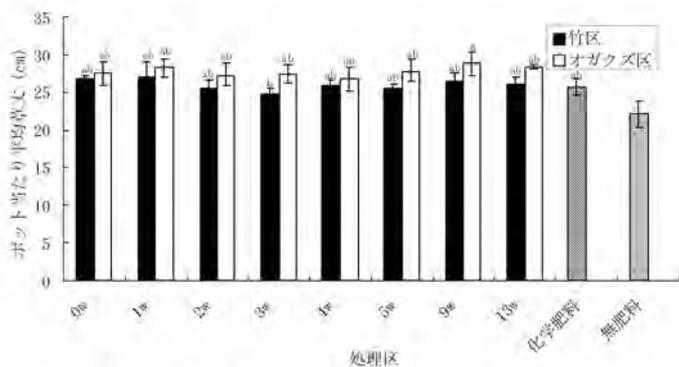
3 施用試験

収穫したコマツナの乾物重は竹区およびオガクズ区全ての区において化学肥料区より高い傾向を示した。オガク



第2図 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物施用におけるコマツナの乾物重

注) Tukeyの多重検定により、同一記号のついた平均値間には5%水準で有意差がないことを示す



第3図 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物施用におけるコマツナの草丈

注) Tukeyの多重検定により、同一記号のついた平均値間には5%水準で有意差がないことを示す

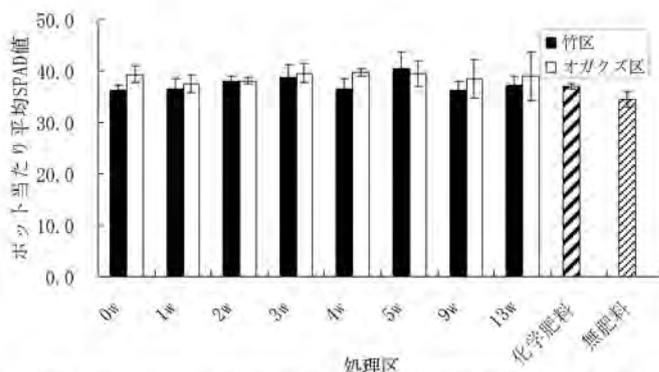
ズ区では4週間および13週間以外の区で化学肥料区よりも有意に高かった(第2図)。堆積週数ごとに比較すると、竹区の乾物重はオガクズ区より全ての区で低い傾向にあった。竹区内の堆積週数の違いによる堆積物を施用した場合でも、乾物重、草丈およびSPAD値について有意差は見られず、オガクズ区内でも同様であった(第2~4図)。草丈についても全ての区で竹区がオガクズ区よりも低い傾向を示し(第3図)、竹区およびオガクズ区ともに化学肥料区との有意差はなかった。

葉色(SPAD値)については、全ての区において約40の値を示し、有意差は見られなかった(第4図)。

考 察

乳牛ふんの堆肥化には副資材としてオガクズが利用されているが、未利用資源である竹粉砕物をオガクズの代替資材として利用できれば将来的に畜産経営のふん尿処理に貢献できると考えられる。これまで、実験室規模の小型発酵装置を用いて竹粉砕物と乳牛ふんによる堆肥化試験を行い、その堆肥化物を発芽試験に用いた報告(芹澤ら2002, 坂井ら2004)やオガクズの半量を竹チップと代替し、肉牛の敷料利用から堆肥化までを行い、その後の発芽試験や幼植物試験を行った報告(太田2008, 太田2009)はある。しかし、竹粉砕物のみを副資材とした堆肥化物を植物へ施用した試験結果は報告されていない。そこで今回、竹粉砕物のみを副資材として1m³規模で堆肥化試験を行い、堆肥化過程の推移とその堆積物のコマツナへの影響を調査した。

堆肥化過程における品温は竹区がオガクズ区よりも速やかに上昇し、高温を維持し、有機物の分解率についても堆積開始直後から竹区が高く、その後も堆積期間を通して高い値を示した。太田ら(2008)の報告と同様に堆積温度は高い値を維持し、速やかに分解していることから、100%オガクズと代替しても堆肥化には問題がないと考えられた。発芽インデックス値と堆肥中のアンモニ



第4図 牛ふんと竹およびオガクズ混合堆積物施用におけるコマツナのSPAD値

ア態窒素は負の相関があり(池田ら2007)、本試験においても堆積1~4週間後の発芽インデックス値が150を下回る時期にはアンモニア態窒素の濃度が80mg/100g以上の比較的高い値を示している。発芽インデックス値およびアンモニア態窒素濃度の両要因からも、牛ふんと竹またはオガクズを混合した堆積物の堆肥化期間は、適正に混合し堆肥化すると5週間と判断される。太田(2008)の報告では、竹チップは粒度が小さくなる程保水性が高くなるが、オガクズよりも保水性が少ないために、竹をオガクズの100%代替として利用することが出来ないと報告されている。しかし、本試験で用いた竹粉砕物は粒度2mm以下の粉砕であったが、含水量においてはオガクズに劣ることはなかった。これは、太田(2008)の報告とは粉砕方式が異なるために粉砕後の竹の形状が異なり保水力に差が出た可能性も考えられる。このように腐熟の面だけでなく保水性の面からも、今回試験で用いた竹粉砕物と同程度の粒径、含水量であればオガクズと100%代替が可能であると考えられた。

堆肥化に伴い有機物が減少し、肥料成分含量が相対的に高まることから、試験終了時の肥料成分は、より分解が進んだ竹区がオガクズ区に比べて、高い値を示している。この値は小山ら(2000)が報告した県内の乳牛ふん堆肥の各成分の分布において高水準分布域に属しているものの、一般的な堆肥として利用する上で全く問題はないと考える。また、竹区の堆積物の水分は、高温で推移したことから蒸発が促進され、施用上においても有利な資材として利用できると考えられる。

発芽インデックス値から判断すると、堆積4週間後までは未熟な堆肥であるが、施用試験においては堆積開始時の0w区を含め、全ての区において発芽障害および生育障害は認められなかった。これは土壤に施用後、播種までの1週間静置することによって植物の生育障害が緩和されたものと考えられる。竹を原料とした堆肥の施用では、生育抑制効果の有無について様々な報告があり、磯部ら(2000)はナデシコに供試した竹堆肥化物に生育抑制効果はないと報告し、尾垣ら(2011)は、竹堆肥の施用でオタネニンジン(オタネニンジン)の生育と収量が向上したと報告し、

山川ら (2011) は竹堆肥が植物の生育を強く抑制すると報告している。本試験では、堆肥を施用しない化学肥料区に比べて生育が劣ることはなかったことから、竹による生育阻害の影響はないと判断できる。コマツナへ施用した堆肥中の全窒素量は堆積週数ごとに比較するとオガクズ区に比べて竹区が高い傾向が認められるが、乾物重および草丈は竹区の方が劣る傾向を示している。山川ら (2009) は、繊維状竹破砕物を土壌と混合施用すると窒素吸収量が劣りダイズ収量が低下するが、表面施用すると収量が増加すると報告しており、今後窒素吸収量の測定や施用方法も含めた検討が必要であると思われる。また、太田 (2009) は、堆肥中の硝酸態窒素の濃度差を生育差の要因に挙げている。本試験においてもオガクズ区において硝酸態窒素の濃度が高い 5週間後および 9週間後において生育差が大きくなっている。しかし、その他の区では両区ともにほぼ 0の値を示しており、さらに他の要因の解明が必要であると考えられる。

以上のことから、竹粉砕物を乳牛ふんと混合すると堆肥化の温度が速やかに上昇し、有機物分解も迅速に進むことから、竹粉砕物は堆肥化の副資材として適性があるといえる。しかし、その堆肥化物を作物へ施用する場合には、生育阻害は生じないものの、オガクズを副資材とする場合に比べ若干生育が劣る傾向も認められ、竹粉砕物を原料とする堆肥の施用技術に関しては今後さらに検討する必要がある。

引用文献

- 福岡県環境部 (2013) 福岡県生物多様性戦略, p. 14-59.
- 福岡県農林水産部 (2012) 平成23年度福岡県森林・林業の動向＝県林業白書＝, p. 6-13.
- 池田加江・小山 太・高椋久次郎・福田憲和 (2006) 家畜ふん堆肥の腐熟度判定における発芽インデックス法の有効性, 福岡農総試研報25 : 135-139.
- 池田加江・小山 太 (2007) 家畜ふん堆肥の腐熟度判定における根長測定試験法と発芽インデックス法の精度比較, 福岡農総試研報26 : 75-78.
- 石橋 明・坂井隆宏・細國一忠・脇屋裕一郎・山崎陽佑・岩永致悦 (2004) 竹チップのプロイラー敷料利用及び利用後の堆肥化, 佐賀県畜産試験場試験研究成績書 40 : 121-126.
- 磯部武志・内山知二 (2000) タケ堆肥化物の理化学的特長と栽培利用, 大阪農技セ研報36 : 1-4.
- 小山 太・高椋久次郎 (2000) 家畜ふん堆肥の成分的特徴, 第 1報 副資材と堆積場所の差異が乳牛および肉牛ふん堆肥の化学成分に及ぼす影響, 福岡農総試研報 19 : 110-114.
- 尾垣吉彦・松野 裕・八丁信正 (2011) 竹堆肥の施用がオタネニンジン生育と収量に及ぼす影響—堆肥化システムの改善と堆肥の品質について—, 近畿大学資源再生研究所報告 9 : 21-26.
- 大島一郎・松本里志・木山孝茂・廣瀬 潤・石井大介・片平晴美・山口 浩・主税裕樹・高山耕二・中西良孝 (2013) 解砕繊維状竹粉の黒毛和種育成雌牛への敷料利用, 鹿児島大学農場研報35 : 7-11.
- 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, 山口県畜産試験場報告23 : 59-64.
- 太田壮洋 (2009) 家畜敷料に竹材を利用した堆肥の幼植物試験による評価, 山口県畜産試験場報告24 : 75-78.
- 坂井隆宏・脇屋裕一郎・岩永致悦 (2004) 竹チップを副資材として利用した乳牛ふんの堆肥化, 佐賀県畜産試験場試験研究成績書40 : 115-120.
- 芹澤駿治・藤井信吾・池田博保 (2002) 竹等の敷料資材としての利用特性の検討, 静畜研究報28 : 32-34.
- 代永道裕 (1995) 堆肥化の原理と方法, 畜産環境大事典 (農文協編), 農山漁村文化協会, 東京, p. 71-80.
- 山川武夫・山野真有子・池田元輝 (2009) 繊維状竹破砕物と窒素肥料の施用位置がダイズ品種フクユタカの収量と三要素集積に及ぼす影響, 土肥誌80 : 379-386.
- 山川武夫・善明嵩英・大淵和範・中村 誠・相馬さやか (2011) 筍の加工で生じる有機質廃棄物の有効利用に関する研究—竹堆肥としての利用特性に関して—, 九農研74 : 56.