

堆肥の表面散布が牧草生産に及ぼす影響

守川信夫 与古田稔

I 要 約

ギニアグラス圃場に、オガコ牛糞堆肥を堆肥原物重でa当たり0t, 0.3t, 1tと水準を変えて表面散布し、また簡易更新機による部分耕起を組み合わせた処理を年1回、3年間実施した。これらの処理が牧草生産に及ぼす影響について検討したところ、結果は次のとおりであった。

表面散布した堆肥の窒素量に肥効率を乗じた肥効窒素量と化学肥料の窒素量の合計7.0~7.3kg/aが、ギニアグラスの乾物生産に適応した年間窒素量であると示唆された。このことから堆肥を表面散布することで、追肥に用いる化学肥料を低減できると考えられた。

II 緒 言

地力の低下した草地の回復には、有機物の再投入による完全更新が望ましい。しかし、完全更新にかかる経費の負担が大きいことや完全更新を実施すると粗飼料の再生産までに時間を要することにより、草地の更新が進みにくい状況がみられる。そのため地力の低下にともない収量が減少し、それを化学肥料で補うという悪循環に陥りやすい。このように農家現場でなかなか更新できない現状を少しでも改善し、土、草、家畜の物質循環を図る1つの手だてとして、また化学肥料の施用を低減させつつ牧草の生産性を安定させることをねらいとして、堆肥の表面散布と簡易更新機による部分耕起を組み合わせる方法が牧草生産に及ぼす影響について検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 試験地および試験期間

1998年4月から2001年2月まで、沖縄県畜産試験場の圃場（国頭礫層赤色土 土性；clay loam植壤土）において実施した。

2. 試験の内容および処理

1997年6月にギニアグラス（品種：ナツユタカ）を播種し、1年間栽培したのち試験に用いた。

1) 区の設定

堆肥の水準を原物でa当たり0t, 0.3t, 1tと設定し、それぞれに簡易更新機による部分耕起処理を施したものと施さなかったものを設けた。すなわち部分耕起無し堆肥0t区（無処理区）、部分耕起有り堆肥0t区、部分耕起無し堆肥0.3t区、部分耕起有り堆肥0.3t区、部分耕起無し堆肥1t区、部分耕起有り堆肥1t区の2×3処理を1区6㎡（2m×3m）、3反復無作為化法により配置した。

2) 堆肥の表面散布と部分耕起の時期と回数

そうじ刈りを兼ねた1回目刈り後でギニアグラスの再生が活発化する時期として、施用する時期を4月前後、年1回とした。施用年月日は、1998年は4/10、1999年は4/6、2000年は3/28に実施した。簡易更新機は、作溝条数8、作溝間隔27cm、作溝の深さ10cmでコバシKG205とニプロPRN-801を用いた。

3) 施肥量

1回目刈り後の堆肥散布時は、堆肥の牧草に対する肥効程度が不明なことから、化学肥料の散布はおこなわず2回目刈り以降から化学肥料として牧草専用1号（N:P:K=20:8:12）を用いて追肥した。追肥量は、1998年はa当たりの窒素量で5/25刈り取り後1kg、7/9刈り取り後1kg、8/27刈り取り後1kg、10/14刈り取り後0.75kg、11/30刈り取り後0.75kg施用した。1999年は5/25、7/14、8/30、10/12、12/9の各刈り取り後0.9kgずつ散布し、2000年は5/11、6/26、8/9、9/22、11/7の各刈り取り後に0.9kgずつ年間4.5kg散布した。

4) 施用堆肥の内容

牛糞とオガコの比率を容積比で1:1に混合したものを3カ月以上腐熟させて用いた。3年間に施用した堆肥の概要は表1のとおりである。おおむね乾物率40%前後であったが、2000年堆肥は窒素分が他の年より低いものとなった。

	%DM, dsm ⁻¹						
	乾物率	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	電気伝導率	窒素	炭素	C/N比
1998堆肥	42.7	7.73	7.42	1.19	2.61	37.9	14.5
1999堆肥	36.4	7.30	7.00	1.09	2.40	38.4	16.0
2000堆肥	41.8	8.29	7.95	1.03	1.61	31.5	19.6

5) 刈り取り間隔および刈り取り方法

栄養成分含有量の高い出穂始まり前後とし、ナツユタカの場合50日間隔を基準とした。刈り取り方法は、刈り取り高を地際から10cmとし、区全面刈りでおこなった。

3. 調査項目および方法

1) 生育および収量調査

72°C48時間の強制通風乾燥による乾物率と刈り取り調査から乾物収量を算出した。

2) 牧草栄養成分分析

栄養成分については、1998年と2001年の刈り取りサンプルについて実施した。サンプルは乾燥後、粉碎ミル1mmメッシュを通したものを分析に供し、乾物消化率 (IVDMD) はペプシンセルラーゼ法で、粗タンパク質含量 (CP) はケルダール法で、NDFは常法¹⁾でおこなった。また、リグニンは72%硫酸法で実施した。

3) 土壌分析

土壌の採取は、1998年の試験開始前の土壌と試験終了後の2001年2月の土壌を対象とし、スコップにより45度の角度で切れ込みを入れ、層状に15cmの深さまでの土壌を採取する方法でおこなった。採取した土壌は室内で自然乾燥後、2mmのふるいを通し分析に供した。pHはH₂O法とKCl法によりガラス電極法で測定した。電気伝導率は1:5水浸出法によりECメーターで、窒素および炭素含量はNCアナライザー (SUMIGRAPH NC-90A, GC-8A) により測定した。

IV 結果および考察

1. 収量に及ぼす影響

表2, 表3, 表4は、それぞれ1998年, 1999年, 2000年の処理区別の乾物収量を示したものである。この結果をもとに年次, 部分耕起の有無, 堆肥を要因として分散分析したものが表5である。表5で年次に有意差がみられたが、これは投入した堆肥の窒素成分に年次間の差があったことによると考えられた。部分耕起の有無については有意な差はみられず、その効果は認められなかった。年次と部分耕起の有無による交互作用に有意差がみられるが、その理由については簡易更新機による株の切断が年次との間で交互作用を生じたとの見方もあるが明らかではない。堆肥については1%水準の有意差がみられ堆肥の表面散布が乾物生産に影響を与えている。そこで、有意差のみられなかった交互作用の要因を誤差に含め、再度分散分析し最小有意差法による検定をおこなったところ、堆肥の要因では堆肥0t区と堆肥0.3t区5%水準の有意差で、堆肥0t区と堆肥1t区および堆肥0.3t区と堆肥1t区で1%水準の有意な差が認められ、堆肥の投入量の多い区ほど乾物生産量が高くなった。このことは堆肥からの肥料成分が効果として影響したと考えられた。

表2 乾物収量の推移 1998年

	kg/a					
	1998/5/25	7/9	8/27	10/14	11/30	計
無処理区	63.1 ± 11.5	76.3 ± 2.1	57.7 ± 7.2	41.8 ± 8.4	25.6 ± 5.5	264.5 ± 22.3
部分耕起有り堆肥0t区	50.8 ± 7.3	75.2 ± 6.3	73.9 ± 2.6	64.9 ± 14.2	27.4 ± 5.7	292.3 ± 21.4
部分耕起無し堆肥0.3t区	72.5 ± 9.7	68.6 ± 2.6	81.4 ± 11.2	49.6 ± 1.2	21.3 ± 0.5	293.4 ± 6.9
部分耕起有り堆肥0.3t区	64.5 ± 0.8	74.6 ± 2.4	77.6 ± 13.7	61.8 ± 4.0	22.8 ± 1.4	301.2 ± 16.0
部分耕起無し堆肥1t区	79.0 ± 2.5	69.0 ± 10.8	61.6 ± 10.3	53.5 ± 15.7	20.3 ± 0.7	283.4 ± 31.6
部分耕起有り堆肥1t区	86.5 ± 11.3	76.8 ± 6.7	82.0 ± 16.3	60.0 ± 5.5	30.2 ± 8.6	335.5 ± 42.3

表3 乾物収量の推移 1999年

	kg/a					
	1999/5/25	7/14	8/30	10/12	12/9	計
無処理区	21.2 ± 3.0	81.3 ± 3.8	66.3 ± 4.6	40.6 ± 3.0	17.6 ± 1.3	227.1 ± 3.3
部分耕起有り堆肥0t区	15.3 ± 1.2	71.6 ± 2.8	59.4 ± 2.4	35.2 ± 1.2	16.3 ± 1.0	197.8 ± 5.0
部分耕起無し堆肥0.3t区	22.0 ± 1.3	88.6 ± 2.6	69.3 ± 1.1	41.8 ± 1.5	17.5 ± 0.4	239.2 ± 1.5
部分耕起有り堆肥0.3t区	19.5 ± 3.8	77.8 ± 5.6	63.3 ± 3.6	39.4 ± 0.6	18.5 ± 1.9	218.5 ± 9.7
部分耕起無し堆肥1t区	30.2 ± 3.8	92.5 ± 3.1	75.1 ± 2.9	51.0 ± 3.3	18.2 ± 1.9	267.0 ± 4.1
部分耕起有り堆肥1t区	22.9 ± 5.5	87.0 ± 2.6	63.9 ± 6.1	43.5 ± 2.6	18.2 ± 0.8	235.5 ± 3.8

表4 乾物収量の推移 2000年

	kg/a					
	2000/5/11	6/26	8/9	9/22	11/7	計
無処理区	14.5 ± 1.6	70.6 ± 3.1	50.1 ± 1.8	33.8 ± 2.6	33.2 ± 0.8	202.2 ± 3.6
部分耕起有り堆肥0t区	11.2 ± 1.9	53.3 ± 10.4	48.7 ± 6.2	37.3 ± 2.1	31.6 ± 2.0	182.1 ± 5.0
部分耕起無し堆肥0.3t区	20.3 ± 1.0	65.8 ± 3.2	52.8 ± 2.8	40.4 ± 5.1	32.1 ± 1.1	211.4 ± 9.1
部分耕起有り堆肥0.3t区	14.1 ± 2.4	62.1 ± 6.8	51.3 ± 5.1	39.0 ± 3.4	31.2 ± 2.4	197.7 ± 16.9
部分耕起無し堆肥1t区	24.9 ± 0.1	77.7 ± 7.7	60.7 ± 3.1	39.4 ± 5.5	35.2 ± 2.7	237.9 ± 15.8
部分耕起有り堆肥1t区	20.8 ± 2.9	76.0 ± 5.6	54.1 ± 6.7	40.5 ± 2.9	33.6 ± 2.7	224.9 ± 15.0

表5 分散分析表

要因	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
A: 年次	2	35779	84.368	0.0000	**
B: 部分耕起の有無	1	276.4	0.652	0.4248	
C: 堆肥	2	5985	14.112	0.0000	**
A×B	2	3995	9.420	0.0005	**
A×C	4	8985	0.212	0.9301	
B×C	2	169.9	0.401	0.6728	
A×B×C	4	319.5	0.753	0.5624	
誤差	36	424.1			

注) **は、1%水準の有意差を表す。

堆肥0t区と堆肥の表面散布区の収量差である増収分と堆肥からの肥効窒素量の関係をプロットしたものが図1である。化学肥料は各区とも窒素成分で年間4.5kg/a施肥しているので、堆肥0t区の乾物収量は化学肥料からもたらされている。そこで堆肥0t区を原点とみなし、堆肥0.3t区と堆肥1t区は堆肥からの肥料分が増収分に反映したと仮定した。堆肥からの肥効窒素は、堆肥の窒素含量に牛糞堆肥の一般的な肥効率30%を乗じて算出した^{2, 3)}。なお肥効率は化学肥料の肥効を100とした堆肥の肥料効率

のことで、堆肥の施用量を求める場合、堆肥施用量(t/a)=必要窒素量(kg/a)×代替率(%)／100×100／堆肥窒素含有量(%)×100／肥効率(%)／1000の式^{2, 3)}のように用いられている。

肥効窒素と乾物増収分からの二次回帰式では、堆肥の肥効窒素2.5～2.8kg/aあたりから収量の増加が頭打ちになっている。このことから施用した化学肥料の窒素量4.5kg/aと堆肥の肥効窒素2.5～2.8kg/aを合計した7.0～7.8kg/a程度が生産に見合った年間窒素量であると考えられた。これは大気への飛散分や吸収されない分量が考慮されてはいないが、表面散布する堆肥の肥料成分とそれに組み合わせる化学肥料の追肥量の目安になるものと考えられる。この点については嘉陽ら^{4, 5)}も、ギニアグラスにおける窒素肥料と乾物収量の関係に相関があるが、その生産量に上限があることを報告しており、効率的な施肥反応の範囲内で堆肥の表面散布を組み合わせることによって、化学肥料を節減できる可能性が示唆された。

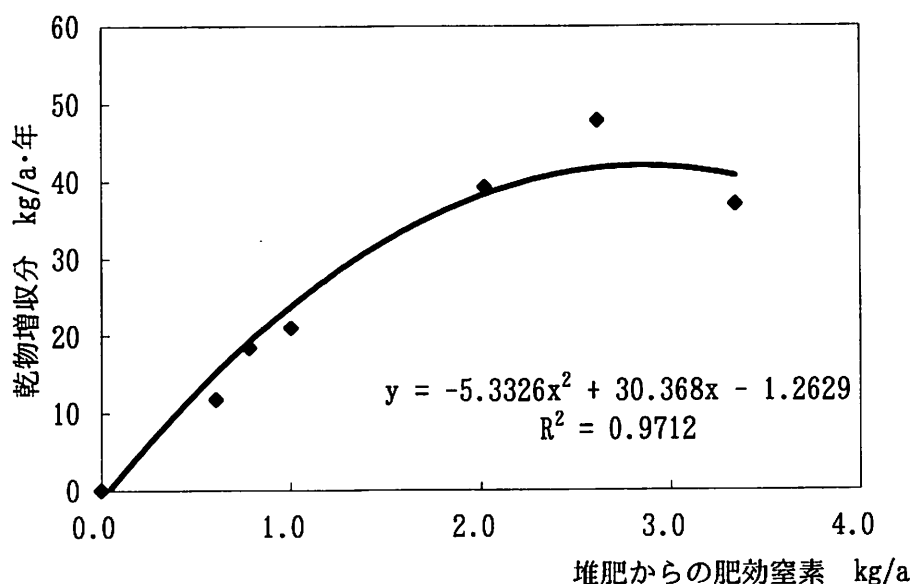


図1 堆肥窒素と増収量の関係

2. 牧草の栄養成分に及ぼす影響

表6に栄養成分の比較を示した。部分耕起の有無と堆肥を要因とした栄養成分ごとの分散分析表が表7、表8、表9、表10である。この分散分析表は、部分耕起の有無と堆肥の交互作用に差がみられなかったため、その交互作用を誤差に含めたもので、4つの栄養成分ともに部分耕起による差は認められず、堆肥について差がみられた。

表6 栄養成分の比較 (1998, 2000年平均)

	%DM			
	IVDMD	CP	NDF	リグニン
無処理区	52.9 ± 0.3	9.2 ± 0.3	74.6 ± 0.1	18.9 ± 0.0
部分耕起有り堆肥0t区	52.9 ± 0.4	9.2 ± 0.1	74.9 ± 0.3	18.9 ± 0.2
部分耕起無し堆肥0.3t区	52.9 ± 0.5	9.1 ± 0.2	74.7 ± 0.5	18.8 ± 0.2
部分耕起有り堆肥0.3t区	53.4 ± 0.6	9.2 ± 0.3	74.7 ± 0.1	18.6 ± 0.1
部分耕起無し堆肥1t区	53.9 ± 0.5	9.5 ± 0.2	74.0 ± 0.4	18.4 ± 0.1
部分耕起有り堆肥1t区	53.9 ± 0.8	9.7 ± 0.4	73.9 ± 0.2	18.3 ± 0.0

表7 IVDMD分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	P値	判定
部分耕起の有無	1	0.0811	0.2008	0.6610	
堆肥	2	1.5887	3.9322	0.0441	*
誤差	14	0.4040			

注) *は、5%水準の有意差を表す。

表8 CP分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	P値	判定
部分耕起の有無	1	0.0423	0.4497	0.5134	
堆肥	2	0.4019	4.2759	0.0355	*
誤差	14	0.0940			

注) *は、5%水準の有意差を表す。

表9 NDF分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	P値	判定
部分耕起の有無	1	0.0193	0.1217	0.7324	
堆肥	2	1.2158	7.6804	0.0056	**
誤差	14	0.1583			

注) **は、1%水準の有意差を表す。

表10 リグニン分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	P値	判定
部分耕起の有無	1	0.0727	2.5212	0.1346	
堆肥	2	0.5185	17.9834	0.0001	**
誤差	14	0.0288			

注) **は、1%水準の有意差を表す。

堆肥の要因について差がみられたことから、堆肥の散布水準の違いによる検定結果を表11に示した。堆肥1t区は、乾物消化率および粗タンパク質含量が高まる方向に、またNDFやリグニンの繊維成分に対しては低下する方向に有意な差がみられた。堆肥0.3t区では、堆肥0t区と比較してリグニンが少ない方向に差がみられたが他の栄養成分については、顕著な効果は認められなかった。

表11 堆肥散布水準の違いにおける栄養成分の比較 (1998, 2000年平均)

	IVDMD	CP	NDF	リグニン
0t区	52.9 ± 0.4 a	9.2 ± 0.2 a	74.8 ± 0.3 A	18.9 ± 0.2 aA
0.3t区	53.2 ± 0.6	9.1 ± 0.3 a	74.7 ± 0.4 A	18.7 ± 0.2 bA
1t区	53.9 ± 0.7 b	9.6 ± 0.3 b	73.9 ± 0.3 B	18.3 ± 0.1 B

注) 大文字の異文字間で1%, 小文字の異文字間で5%の有意差を表す。

3. 土壌に対する影響

表12は、試験前と試験後の各区の土壌特性について示したものである。

表12 土壌特性の推移

	pH H ₂ O	pH KCl	電気伝導率 dsm ⁻¹	窒素 %DM	炭素 %DM
1998年試験前	6.63	5.46	0.073	0.11	1.27
2001年試験後					
無処理	5.87	4.73	0.053	0.13	1.46
堆肥0t+部分耕起	5.41	4.14	0.046	0.13	1.52
堆肥0.3t+部分耕起 ^ナ	6.74	5.68	0.064	0.14	1.66
堆肥0.3t+部分耕起	6.74	5.71	0.068	0.17	2.10
堆肥1t+部分耕起 ^ナ	7.43	6.62	0.101	0.26	3.15
堆肥1t+部分耕起	7.41	6.63	0.091	0.22	2.73

pHについては1998年試験前の土壌と3年後の2001年2月の土壌を比較すると、堆肥を投入しなかった区は、H₂O法、KCl法ともに2001年にはpHが低下しており、0.3t区は試験前のpH値が維持され、1t区はpHが上昇している。堆肥が土壌の酸性化をおさえる効果を示していることがわかる。

電気伝導率 (EC) においては、0t区で低下し、0.3t区で若干低下、1t区でECが上昇している。EC値として1以上は塩基濃度が高い状態⁶⁾といわれており、本試験では問題のない値である。試験前と試験後の窒素、炭素の含量は、試験前に比較して試験後には高まっている。特に炭素については今回オガコ入りの堆肥を使用したこともあって試験前と比較して堆肥1t区では2倍以上になっている。土壌有機物を示すものに腐植分があるが、全炭素との相関から腐植分は全炭素×1.72の式⁷⁾から求められ、沖縄県の土壌診断基準⁶⁾によると国頭マージにおける腐植分は2~5%となっている。堆肥1t区の炭素含量から前述の換算式より腐植分を求めると4.7~5.4%に相当することから、堆肥の表面散布で腐植分を地表に貯蓄し完全更新時に備えるという考え方もできる。

V 引用文献

- 1) 自給飼料品質評価研究会編，1994，粗飼料の品質評価ガイドブック，11-14，日本草地協会
- 2) 堆肥化施設設計マニュアル策定委員会編，2001，堆肥化施設設計マニュアル，229-230，中央畜産会
- 3) 押田敏雄・柿市徳英・羽賀清典共編，1998，畜産環境保全論，129-130，養賢堂
- 4) 嘉陽稔・大城秀樹・知念司・川本康博・庄子一成，1998，泡盛蒸留粕の草地への還元利用 (1)ギニアグラスに対する施肥効果，沖縄畜試研報，36，109-112
- 5) 嘉陽稔・森山高広・長崎祐二・庄子一成，1995，窒素施肥量の違いがギニアグラス (ナツユタカ) の生産量と栄養価に及ぼす影響，沖縄畜試研報，33，105-112
- 6) 沖縄県，1974，地力保全基本調査総合成績書，275
- 7) 高野信雄・佳山良正・川鍋佑夫監修，1989，粗飼料・草地ハンドブック，169，474，養賢堂