

牛ふん堆肥施用がジャイアントスターグラス草地造成初期の 生育性・生産性と品質および土壌成分に及ぼす影響

真境名元次 宮丸直子* 与古田稔

I 要 約

牛ふん堆肥施用が牧草と土壌に及ぼす影響を調査するため、基肥として牛ふんオガコ堆肥を 0.5, 1.0, 1.5t/a にそれぞれ化学肥料 $N:P_2O_5:K_2O=0.5:0.5:0.5\text{kg/a}$ を併用した区と、化学肥料のみで N を 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5kg/a にそれぞれ $P_2O_5:K_2O=0.5:0.5\text{kg/a}$ を投入した区、そして無施肥の区の合計 9 試験区を設定しジャイアントスターグラスの栽培試験を行なった。また、土壌中における牛ふんオガコ堆肥の分解状況を調査するため、栽培試験と並行して埋設試験を行なった。その結果は以下のとおりであった。

1. 堆肥を施用した区においてジャイアントスターグラスの被覆状況が良好で、また、堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区は堆肥無施用の区に比較して収量が多かった。
2. 堆肥の施用量の増加にともなって牧草中のミネラルの不均衡が顕著になり、また硝酸態窒素含量が増加する傾向がみられた。
3. 埋設試験により土壌中堆肥の重量および炭素残存率は同様な減少傾向がみられたが、窒素残存率は埋設時よりも若干増加した値のまま 4 ヶ月目まで推移し、5 ヶ月目で埋設時よりも若干減少した。

以上のことから、堆肥を施用することでジャイアントスターグラスの生育性・生産性が良好になる傾向がみられたが、飼料としての品質悪化が懸念された。また、土壌中堆肥の重量および炭素量は同様の減少傾向であったが、窒素量は 4 ヶ月目まで減少することはなかった。

II 緒 言

近年畜産経営の規模拡大にともない適正な家畜排せつ物の管理および資源としての有効利用が困難になりつつあるなかで、環境三法の施行によりこれらの適正管理と有機物資源としての利用促進がいつそう求められている。いっぽう家畜排せつ物の多量施用にともない、飼料作物におけるミネラルの不均衡や硝酸態窒素含量の増加により家畜の疾病や中毒が懸念されはじめている^{1, 2)}。家畜排せつ物およびその有効利用に関するこれらの問題に対応していくためには、土壌への堆肥施用による多面的な影響を把握する必要がある。一般に土壌への堆肥施用は作物生育にとって良好であり、生産性も向上することが知られている。そこで本試験においては、堆肥施用によるジャイアントスターグラスへの生育性・生産性と品質そして土壌成分に及ぼす影響と堆肥の土壌中での分解状況について調査した。

III 材料および方法

1. 試験地および試験期間

2002 年 7 月から 12 月まで、当試験場の圃場（国頭マージ土壌）において実施した。試験開始前の供試圃場の土壌成分を表 1 に示した。

表 1 供試圃場の土壌成分

pH	電気伝導率	全炭素	全窒素	C/N比	可給態リン酸
(H ₂ O)	(KCl)	(%)	(%)		(mg P ₂ O ₅ 100g ⁻¹)
7.0	6.2	0.188	1.23	11.0	27.1

2. 供試堆肥

供試堆肥は当試験場で生産されたもので、発酵期間が約3ヵ月間の牛ふんオガコ堆肥を用いた。供試堆肥の乾物当たりの成分値を表2に示した。堆肥は全炭素37.51%、全窒素1.70%、C/N比22.1%であった。

乾物率	全炭素	全窒素	C/N比	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O
40.5	37.51	1.70	22.1	0.88	2.69	0.34	1.19

3. 試験方法

1) 試験Ⅰ：栽培試験

表3に示した基肥の異なる区を設け、1区面積9m²(3m×3m)の3反復乱塊法で配置し、区の違いが草丈および合計乾物収量に対する影響を調べるためにTukey-Kramer検定を行なった。7月18日に堆肥および化学肥料を施用し、7月23日にジャイアントスターグラスの株(4株/m²)を移植した。なおジャイアントスターグラスの株は、ほふく茎を約1ヵ月間ポット(3cm×3cm, 深さ5cm)にて育苗したものを1株とした。堆肥の施用は土壌表面に散布後、深さ約20cmで土壌と混和し、化学肥料の施用は堆肥の施用後に表面散布した。

ジャイアントスターグラスの植付けから2週間ごとに10週までの冠部被度の推移により被覆状況を調査した。10月3日および11月25日の調査では、草丈を測定し地際から約10cmで刈取り72°C、48時間の乾燥により乾物収量を求めた。収穫物のカリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)含量を測定しK/(Ca+Mg)の当量比を求めた。各ミネラルの分析は公定法³⁾の湿式灰化法により行なった。また、収穫物の硝酸態窒素濃度を反射式光度計(RQフレックスプラス)を用いて測定した。2番刈り後の各区の土壌試料において、pHおよび電気伝導率そしてトルオグ法⁴⁾による可給態リン酸を測定した。

施肥状況として1番刈りまでは基肥のみで栽培し、1番刈り後に栽培基準⁵⁾に準じて全ての区に化学肥料でN:P₂O₅:K₂O=1.0:0.4:0.8kg/aを施用した。

表3 試験区分および施用基肥

試験区分	堆肥(t/a)	化学肥料(kg/a)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無施肥区	0	0	0	0
堆肥0.5t区	0.5	0.5	0.5	0.5
堆肥1.0t区	1.0	0.5	0.5	0.5
堆肥1.5t区	1.5	0.5	0.5	0.5
N0.5kg区	0	0.5	0.5	0.5
N1.0kg区	0	1.0	0.5	0.5
N1.5kg区	0	1.5	0.5	0.5
N2.0kg区	0	2.0	0.5	0.5
N2.5kg区	0	2.5	0.5	0.5

2) 試験Ⅱ：埋設試験

堆肥の土壌中での分解を調査するため、埋設法⁶⁾による試験を行なった。堆肥と圃場から採取した土壌を混合した試料、および対照として土壌のみの試料をガラス繊維ろ紙に包んでジャイアントスターグラス植付け日と同一の7月23日に約10cmの深さでそれぞれ3反復で埋設した。試料の回収は8月23日から12月23日まで、1ヵ月間隔で回収して重量、全炭素および全窒素の減少量を調査した。

なお、供試圃場は栽培試験と同一圃場内で、堆肥も栽培試験と同一のものを供した。

IV 結果

1. 被覆状況

ジャイアントスターグラスの株移植から2週間ごと10週目(1番刈り)までの被度の推移を図1に示した。全体的に見ると4週から8週にかけて被度が大きく変化していた。4週および6週では堆肥1.5t区>堆肥1.0t区>堆肥0.5t区の順に高い値で推移しており、8週では堆肥を施用した区にN2.0kg区を含めた4区が被度90%以上に達していた。いっぽう無施肥区、N0.5kg区、N2.5kg区の3区は全体的に低い値で推移しており10週で比較しても、無施肥区およびN0.5kg区だけは被度90%未満であり、特に無施肥区だけは大きく離れ約77%であった。

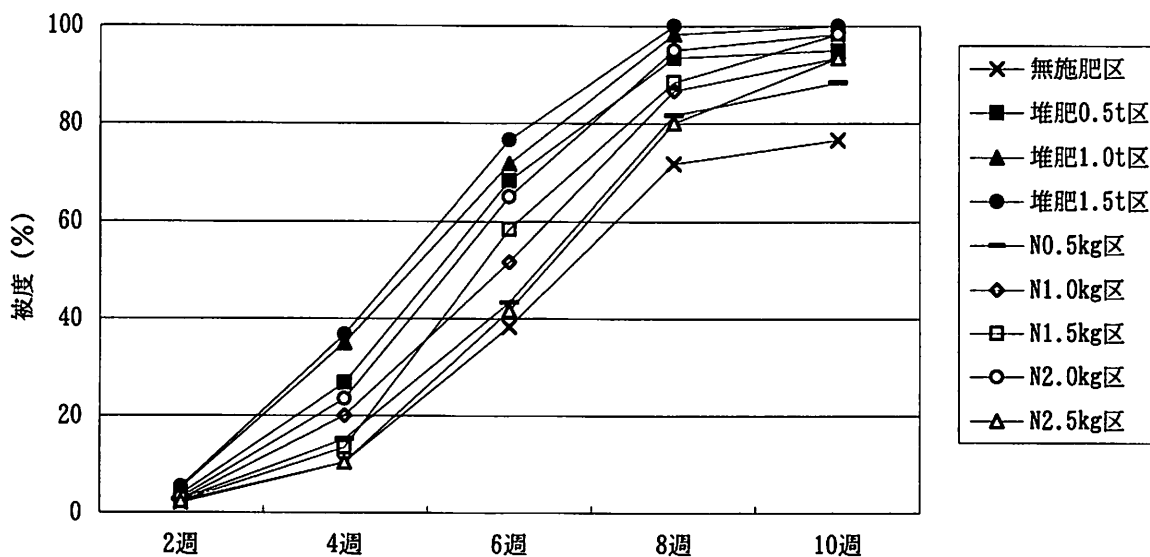


図1 被度の推移

2. 草丈

1番草および2番草の草丈を表4に示した。

無施肥区は1番草および2番草ともに最も草丈が低かった。1番草における最も高い草丈は堆肥1.5t区でつぎにN1.5kg区であり、無施肥区と堆肥1.5t区との間に1%水準で有意差が認められ、無施肥区とN1.5kg区との間に5%水準で有意差が認められた。2番草における最も高い草丈は堆肥1.0t区であったが、2番草におけるどの区間にも有意差は認められなかった。

試験区分	1番草	2番草
無施肥区	65.3 ± 3.4 Aa	47.1 ± 4.1
堆肥0.5t区	76.8 ± 7.9 ABab	57.5 ± 2.5
堆肥1.0t区	80.8 ± 0.8 ABab	65.5 ± 4.8
堆肥1.5t区	85.0 ± 1.3 Bb	63.2 ± 5.0
N0.5kg区	73.2 ± 4.7 ABab	52.2 ± 10.3
N1.0kg区	78.6 ± 7.1 ABab	52.3 ± 4.3
N1.5kg区	81.7 ± 5.3 ABb	62.2 ± 9.5
N2.0kg区	79.6 ± 4.7 ABab	63.9 ± 1.6
N2.5kg区	73.9 ± 4.0 ABab	57.4 ± 6.6

注1) 異なる大文字間に1%水準で有意差あり。

2) 異なる小文字間に5%水準で有意差あり。

3. 乾物収量

1 番草および 2 番草の合計乾物収量を図 2 に示した。

無施肥区は最も収量が少なく約 27kg/a で、全体では堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区が約 58kg/a と収量が最も多かった。堆肥無施用の区では N1.5kg 区および N2.0kg 区が約 50kg/a で多く、基肥として最も化学肥料の窒素を多く投入した N2.5kg 区は約 41kg/a であった。無施肥区と堆肥 1.0t 区および堆肥 1.5t 区との間に 1%水準で有意差が認められた。

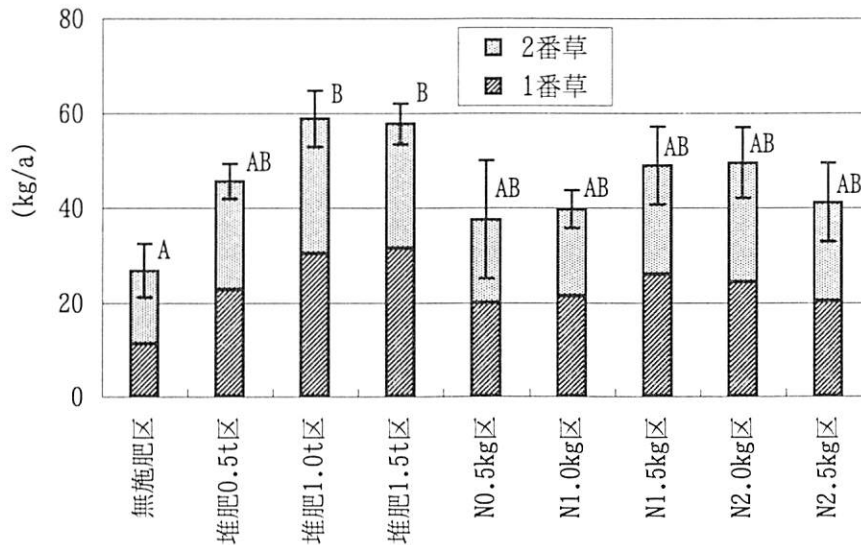


図 2 1 番草および 2 番草の合計乾物収量

注 1) 異なる文字間に 1%水準で有意差あり。

4. 牧草のミネラルバランスおよび硝酸態窒素濃度

1 番草および 2 番草における乾物当たりの K, Ca, Mg の含量とそのミネラルバランスおよび硝酸態窒素濃度を表 5 に示した。1 番草における K/(Ca+Mg) 当量比は 1.85 から 2.22 の範囲で、試験区分による明確な傾向は認められなかった。2 番草では 1.24 から 1.53 の範囲であり 1 番草に比較して全体的に低い値で、2 番草のみでみると堆肥 1.5t 区 > 堆肥 1.0t 区 > 堆肥 0.5t 区の順に高い値を示した。

硝酸態窒素濃度は 1 番草および 2 番草のほとんどの区で 0.1% 未満であったが、2 番草における堆肥 0.5t 区、堆肥 1.0t 区、堆肥 1.5t 区において 0.1% より高い値であった。その傾向は 2 番草の K/(Ca+Mg) 当量比と同様に堆肥 1.5t 区 > 堆肥 1.0t 区 > 堆肥 0.5t 区の順に高い値であった。

表 5 収穫された牧草のミネラルおよびそのバランスと硝酸態窒素濃度 (% DM)

試験区分	1 番草					2 番草				
	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)	硝酸態窒素	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)	硝酸態窒素
無施肥区	2.63	0.45	0.16	1.89	0.03	2.58	0.61	0.28	1.24	0.08
堆肥 0.5t 区	2.60	0.41	0.15	2.04	0.02	2.88	0.59	0.28	1.40	0.15
堆肥 1.0t 区	2.74	0.40	0.14	2.22	0.02	2.91	0.58	0.27	1.45	0.19
堆肥 1.5t 区	2.61	0.38	0.15	2.16	0.02	3.00	0.54	0.28	1.53	0.22
N0.5kg 区	2.71	0.46	0.16	1.93	0.03	2.59	0.59	0.26	1.31	0.07
N1.0kg 区	2.88	0.44	0.15	2.12	0.04	2.59	0.58	0.26	1.33	0.05
N1.5kg 区	2.80	0.43	0.15	2.12	0.02	2.55	0.58	0.27	1.28	0.08
N2.0kg 区	2.82	0.43	0.14	2.19	0.03	2.64	0.60	0.27	1.30	0.10
N2.5kg 区	2.52	0.44	0.16	1.85	0.01	2.59	0.61	0.27	1.26	0.06

注) K/(Ca+Mg) は当量比

5. 2番刈り後の土壌成分

2番刈り後の各区から採取した土壌のpH, 電気伝導率および可給態リン酸の値を表6に示した。pH(H₂O)およびpH(KCl)は全区において7.1および6.2付近であり, また電気伝導率においても試験区分による大きな差は見られなかった。可給態リン酸においては堆肥1.5t区>堆肥1.0t区>堆肥0.5t区の順で高く, その他の区における明確な傾向は認められなかった。

表6 2番刈り後の土壌分析

試験区分	pH		電気伝導率 (dS m ⁻¹)	可給態リン酸 (mgP ₂ O ₅ 100g ⁻¹)
	(H ₂ O)	(KCl)		
無施肥区	7.1	6.3	0.144	31.8
堆肥0.5t区	7.1	6.3	0.162	57.8
堆肥1.0t区	7.1	6.2	0.203	88.9
堆肥1.5t区	7.0	6.2	0.236	164.7
N0.5kg区	7.2	6.2	0.144	20.0
N1.0kg区	7.2	6.2	0.154	79.0
N1.5kg区	7.1	6.2	0.154	50.2
N2.0kg区	7.1	6.2	0.159	59.8
N2.5kg区	7.2	6.2	0.121	56.7

6. 埋設試験による堆肥の炭素, 窒素および重量残存率

埋設試験による埋設堆肥の炭素量, 窒素量および重量を1として1ヵ月ごとの残存率の推移を図3に示した。また参考として栽培試験における植付けと刈取り日を図中に示した。

重量および炭素残存率は同様の傾向で, 10月23日(3ヵ月目)の時点まで比較的減少量が大きく, その後緩やかな減少を示した。いっぽう窒素残存率は11月23日(4ヵ月目)まで1以上で推移しており12月23日(5ヵ月目)になって残存率が1以下になった。

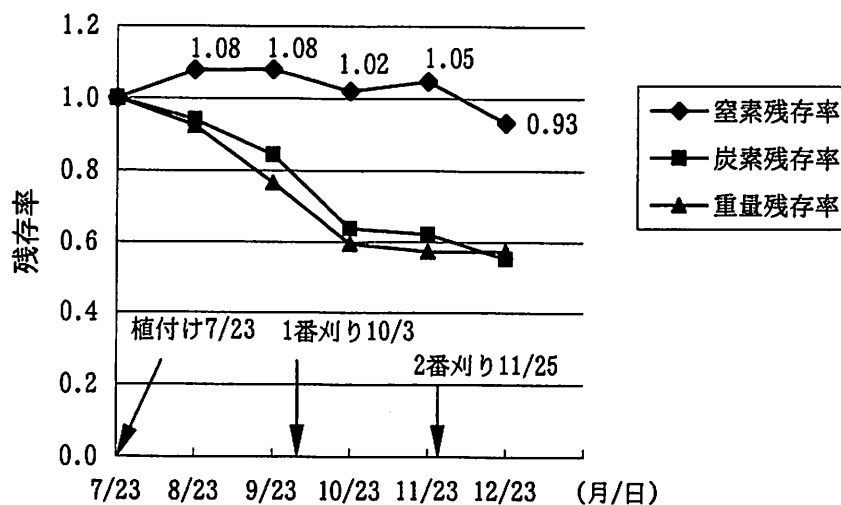


図3 堆肥の炭素、窒素および重量残存率の推移

V 考 察

被覆状況において堆肥を投入した区は被度が高い値で推移する傾向があったことから, 堆肥の投入により生育が良好となり, 収穫までの期間も短縮される可能性が示唆された。

1 番草と 2 番草の草丈を比較すると、堆肥を施用した区では堆肥 1.0t 区と堆肥 1.5t 区が高く、堆肥無施用の区では N1.5kg 区と N2.0kg 区が高かった。これらの試験区間の草丈に有意な差は認められなかったが、合計乾物収量において堆肥無施用の区の最大収量は約 50kg/a であったのに対して堆肥 1.0t 区と堆肥 1.5t 区は同程度で約 58kg/a であったことから、基肥に窒素肥料を多量施用するよりも堆肥を 1.0～1.5t/a 施用することにより増収が期待できると考えられた。

埋設試験の結果では 1 番草の栽培期間において窒素残存率が 1 以上であり、2 番草の栽培期間では、それより若干低くなっていた。埋設試験は植物根や土壌動物の侵入を防止して行なうため、実際の条件よりも分解率を過小評価する傾向があるが⁶⁾、そのことを考慮しても、1 番草への窒素はほとんど供給されており、2 番草の生育期間の後半で供給され始めたと考えられた。これは、堆肥を施用した区において 2 番草の硝酸態窒素濃度が増加したことと一致する。堆肥の施用による生育性および生産性への効果は窒素養分の影響が大きいと予想されていた。しかし、埋設試験の結果から 1 番刈りまでは堆肥からの窒素はほとんど供給されており、逆に窒素残存率が 1 以上となり、土壌微生物により土壌窒素の有機化が起きている状態と考えられたが、堆肥を施用した区の生育性および生産性は良好であった。そこで 2 番刈り後に採取した土壌の成分について検討したところ、pH および電気伝導率において大きな変化は認められなかったが、可給態リン酸においては堆肥の施用量にともない増加する傾向がみられた。これらから、堆肥からの養分としての影響を考えるならば、窒素よりもリン酸の影響が大きい可能性が示唆された。また、土壌は一般に化学性だけでなく物理性と生物性とに分けてとらえられ、この三つが複雑に作用し合って土壌の特徴を形成している。土壌中への有機物の供給は土壌の物理性および生物性を改善し、土壌の団粒化が促進され、生産性の高い土壌となることが知られている^{7, 8)}。施用堆肥は乾物で約 40%の炭素含量があり、有機物が豊富であったと考えられ、堆肥を施用した区では今後も収量増の傾向が持続すると考えられた。

牧草の品質としてはミネラルバランスにも注意が必要であり、牧草の K/(Ca+Mg)当量比に対するグラスタニーの発生率 (%) の目安は 1.40 以下で 0%、1.41～1.80 で 0.06%、1.81～2.20 で 1.70%、2.21～2.26 で 5.1%であると示されている⁹⁾。1 番草における K/(Ca+Mg)当量比が 1.85～2.22 の範囲であるのに対して、2 番草では 1.40～1.53 であった。2 番草が低くなったのは Ca および Mg 含量の増加によるものであるが、その原因は推測できなかった。また 2 番草の中で堆肥を施用した区において K 含量の増加により K/(Ca+Mg)当量比がその他の区より高くなった。K 含量の増加は堆肥由来のものと考えられた。これらによりグラスタニーの発生率は 1 番草の方が高い傾向を示し、2 番草においては堆肥の投入量の増加にともなって発生する可能性が高まる傾向があった。

VI 引用文献

- 1) 原田久富美・須永義人・畠中哲哉, 2001, トウモロコシ(*Zea mays* L.)の養分濃度の品種間差異, 日草誌, 47(3), 289-295
- 2) 原田久富美・畠中哲哉・杉原進, 1996, 窒素多量施用条件下のトウモロコシ(*Zea mays* L.)の硝酸態窒素含量, 日草誌, 41(4), 352-356
- 3) 自給飼料品質評価研究会編, 2001, 粗飼料の品質評価ガイドブック, 20-23
- 4) 土壌環境分析法編集委員会編, 2000, 土壌環境分析法, 267-269, 博友社
- 5) 沖縄県農林水産部畜産課, 1998, 沖縄県牧草飼料作物奨励品種の特性及び栽培基準, 5
- 6) 財団法人日本土壌協会, 2000, 堆肥等有機物分析法, 168-171
- 7) 船引真吾, 1972, 新編土壌学講義, 81-83, 養賢堂
- 8) 武田健, 2002, 新しい土壌診断と施肥設計, 農文協
- 9) 六本木和夫, 2001, 植物栄養編生理障害, 藤原俊六郎ら, 農文協, 土壌肥料用語辞典, 142