

馬房敷料ウッドチップの施用が飼料作物の収量と 土壌の理化学性に及ぼす影響

落岩 健*・森田 脩*・江原 宏*・野村弘司**

*三重大学生物資源学部農業生産技術学・**三重大学生物資源学部附属農場

Effect of the Application of Woodtip Bedding on the Horse Stable Barn on Forage Yield and some Physical and Chemical Soil Properties.

Takeshi OCHIWA*, Osamu MORITA*, Hiroshi EHARA** and Hiroshi NOMURA**

*Faculty of Bioresources, Mie University

**Experimental Farm, Faculty of Bioresources, Mie University

緒 言

従来使用されていた堆厩肥の多くは、家畜の糞尿にイナワラ・ムギワラ等の農業副産物や落葉・おがくず・樹皮などを材料とするものであった。現在は生活スタイルの変化によって生じた都市ごみコンポストや汚泥を材料とした堆肥など、実に多種類の堆肥が生産され、流通している。従来にはない新しい材料の堆肥が産出された場合は作物生産に対する効果の検討を経てからはじめて使用や流通が可能と考える。競争馬の飼育において敷料をイナワラからウッドチップに変更したことによって新しい材料の厩肥(以後ウッドチップ堆肥と呼ぶ)が生産されることとなった。そこで本実験では、ウッドチップ堆肥を農地に還元した場合の効果・問題点を判

定するため、この堆肥と既に市場に流通している2種類の堆肥を用い、三重大学生物資源学部附属農場において、夏作にソルガム、冬作にエンバクを栽培して飼料作物圃土壌の土壌硬度、三相分布などの物理性と窒素含有量、さらには飼料作物の生育・収量について化学肥料単独施用区のそれらと比較・検討した。

材料及び方法

栽培試験は三重大学生物資源学部附属農場の飼料作物圃場で行った。夏作物としてソルガム(品種:スーダングラス *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.), 冬作物としてエンバク(品種:ハヤテ *Avena sativa* L.)を供試した。

試験は1区縦5m, 横4mの20㎡とし、4回反復のラテン方格法により行った。そして第1

第1表 供試した堆肥の材料と窒素成分量並びに年間窒素施肥量

試 験 区	堆 肥 の 種 類		年 間 窒 素 施 肥 量	
	材 料	窒 素 成 分 量	1995	1996
ウッドチップ堆肥区	ウッドチップ 馬糞	0.4(%)	60kg(20kg)	35kg(20kg)
バーク堆肥区	バーク 魚粕	0.62(%)	82kg(20kg)	46kg(20kg)
完熟堆肥区	牛・豚・豚糞 稲ワラ, 落葉	1.92(%)	96kg(0kg)	48kg(0kg)
対 照 区	化成肥料	12.0(%)	(40kg)	(20kg)

年間窒素施肥量におけるカッコ内の数値は化成肥料による施肥量

表に示した3種類の堆肥を夏・冬作とも以下の要領で散布した。なお堆肥の腐熟状態は、ウッドチップ堆肥とバーク堆肥はともに材料が部分的に判別できる状態であったが、ウッドチップ堆肥に比べてバーク堆肥の方がやや腐熟が進んでいることが観察された。

堆肥および化学肥料の施用は全量基肥とした。ウッドチップ堆肥区とバーク堆肥区は、堆肥を各5t/10a(N成分量でそれぞれ20kg, 31kg)施用し、堆肥に加えて化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=12:15:12)をN成分で10kg/10a施用した。1.92%と窒素成分量を多く含む完熟堆肥区は2.5t/10a(N成分量で48kg/10a)施用し、化成肥料は施さなかった。対照区は附属農場の標準的施肥量であるN成分量15kg/10aを化成肥料(N₂:P₂O₅:K₂O=12:15:12)のみで単独施用した。

各試験区は所定の堆肥と化成肥料を散布した後、直ちにドリルシーダーでスーダングラス10kg/10a, エンバク6kg/10aを播種し、鎮圧は行わなかった。1995年夏作のスーダングラスを6月7日に播種し、10月5日に収穫した。冬作のエンバクを11月8日に播種した。しかしエンバクは播種量が少なかったために出芽後の12月1日に条に沿ってもう一度手播きし、1996年5月27日に収穫した。1996年はスーダングラスを6月6日に播種し、8月7日に1番草を収穫し、9月27日に2番草の収穫を行った。

1966年はスーダングラスの2度刈りとしたため、播種前の堆肥および化成肥料の施用量は1995年と同様であった。しかし、1番刈り後は対照区、ウッドチップ堆肥区、バーク堆肥区の各区は、化成肥料(N₂:P₂O₅:K₂O=14:4:5)をそれぞれN成分量で5kg/10a追肥したが、完熟堆肥区は追肥を行わなかった。従って、各区とも施肥量は窒素換算で前年の50~58%であった。

1. 生育・収量調査

生育調査は、スーダングラスでは播種後からほぼ2週間毎に、エンバクは播種後からほぼ6週間毎に行い、1区ごとに生育初期は10個体、

それ以降は5個体ずつ無作為に抽出し、草丈、個体当たりの葉数、茎数、乾物重について測定した。

収量調査は穂ばらみ〜出穂期にかけて無作為に1区1箇所、1.0×1.0mのコドラート枠を用い、地際から約10cmの高さで刈り取り、生重を測定してそれを収量とした。1996年のスーダングラスは1番刈りと2番刈りは同じ場所を収穫した。

2. 土壌の理化学性

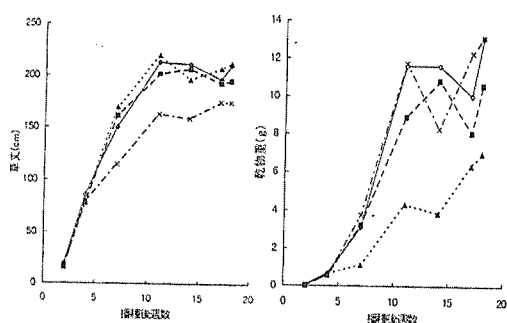
物理的性質として土壌硬度と三相分布を調査した。土壌硬度と三相分布は、作土を上層部(2.5~7.5cmの層)と下層部(12.5~17.5cmの層)に分けてスーダングラスとエンバクの播種後約2週間目と、収穫後の2回、即ち、1995年6月、10月、12月と1996年5月、7月、10月に調査した。土壌硬度は山中式硬度計で測定し、三相分布は実容積測定装置(大起理化工業DIK-100型)を用いて固相と気相を測定した後、105°Cで24時間乾燥させ土壌水分含有量を求め、三相の割合を算出した。なお三相分布の調査は降雨の影響を考慮して、降雨後2~3日晴天が続いた後に調査した。

化学的性質として土壌窒素含有率を選び、1995年8月、1996年1月、5月、10月に各区の表層の土壌を採取し、風乾・砕土ののちセミ・マイクロケルダール法により全窒素を測定した。

結果および考察

I 飼料作物の収量性

1) 1995年スーダングラス(6月7日~10月5日)
各試験区の草丈、個体当たり乾物重の推移を第1図に示した。生育期間を通してウッドチップ堆肥区スーダングラスの草丈と個体乾物重はバーク堆肥区や対照区とほぼ同程度の推移を示したのに対し、完熟堆肥区はこれらの区と比べて草丈で常に30~60cm低く、有意に小さかった。収量を見ると、ウッドチップ堆肥区は3.83tと対照区の3.89tと変わらなかったが、バーク堆肥区3.6t、完熟堆肥区は3.41tで対照区に比べてやや劣った(第2表)。



第1図 異なる堆肥を施用したスーダングラスの草丈と乾物重の経時的変化

—○— 対照区 - - - □ - - - ウッドチップ堆肥区
 ...△... バーク堆肥区 - · - · - · 完熟堆肥区

第2表 異なる堆肥を施用したスーダングラスとエンバクの収量(1995~1996)

収穫日	対照区	ウッドチップ堆肥区	バーク堆肥区	完熟堆肥区
スーダングラス				
10月5日	3.89±0.44	3.83±0.37	3.63±0.27	3.41±0.20
エンバク				
5月27日	5.90±0.49	6.10±0.30	6.36±0.63	6.88±0.53
年間収量	9.79	9.93	9.99	10.29

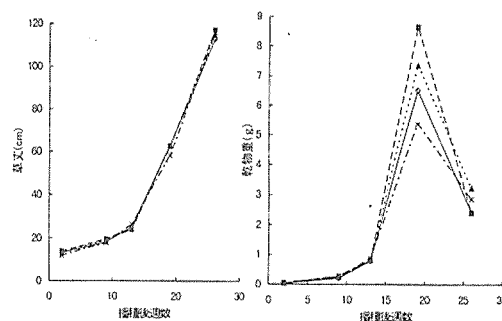
収量: t/10a, 平均±標準誤差

2) 1995年エンバク(11月8日~1996年5月27日)

各試験区の草丈、乾物重の推移を第2図に示した。草丈は生育期間中、各試験区間の差はほとんど認められず、収穫時に全試験区120cm程度となった。個体乾物重はウッドチップ堆肥区が8.65gと最も大きく、バーク堆肥区7.37g、対照区6.52g、完熟堆肥区5.37gの順に低下したが有意差は認められなかった。播種を2回行い、播種時期が多少ずれたが、最終的にはどの個体も播種時期の違いによる大きな差は認められなかった。収量は対照区に比べ堆肥施用区はいずれも多く、なかでも完熟堆肥区が6.88tと最も多収で、バーク堆肥区、ウッドチップ堆肥区の順であった。

スーダングラスとエンバクを合わせた年間収量を見ると、ウッドチップ堆肥区は9.93tでバーク堆肥区9.99tおよび対照区9.79tと同程度であった(第2表)。完熟堆肥区は年間収量では10.29t

と最も多収となった。これは完熟堆肥の窒素含有量が1.92%と多かったため、基肥に化成肥料を施さなかったスーダングラスでは堆肥中の成分が十分利用できずに生育過程、収量は劣ったものの、年間窒素施用量に換算すると96kgもの窒素が施用されたため、エンバクに多肥の効果が現れて最多収量となり、スーダングラスの低収量分を補った結果である。



第2図 異なる堆肥を施用したエンバクの草丈と乾物重の経時的変化

シンボルは第1図と同じ

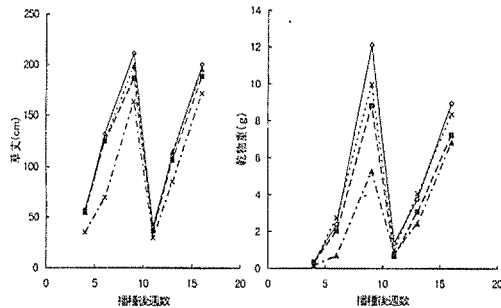
3) 1996年スーダングラス(1996年6月6日~9月27日)

各試験区の草丈、葉数、茎数、乾物重の推移を第3、4図に示した。各項目が播種後10週前後で激減しているのは、1番草の収穫をしたためである。全期間を通して対照区の生育は良好で、完熟堆肥区は、草丈と葉数が全期間を通して他区間と1%水準で有意に小さく、生育が劣っていた。収穫時のウッドチップ堆肥区、バーク堆肥区および対照区の草丈は1番草、2番草とも約200cmに達して前年同様の生育を示し、完熟堆肥区は約165cmと他区よりは生育が劣っていたが、前年と同程度の高さであった。

収穫は各区とも2番草の方が多くなった(第3表)。特にウッドチップ堆肥区の収量は1番草の2.65tに対し、2番草は4.29tと、約60%増収した。各区とも2番草の増収が著しかったのは、草丈では1番草とあまり差は認められなかったものの、1番草よりも個体当たり茎数が2~4本、葉数が5~10枚それぞれ増加して個体の充

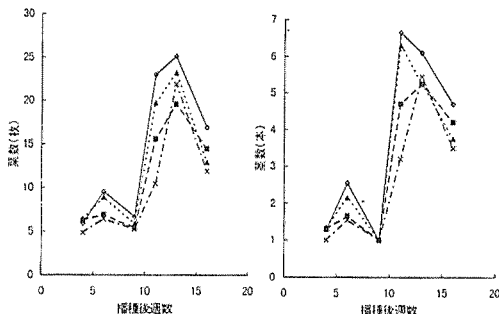
実がみられたことが増収につながったと考えられる。一方、完熟堆肥区では2番草の収量は他の区に比べて約1t少なく、明らかに減収した。これは、例えば基肥の窒素施肥量が多かったとはいえ、1番草収穫後に全く追肥を行わなかったことが影響したと考えられる。

年間収量では、完熟堆肥区はやや減少したが、ウッドチップ堆肥区は6.9t、バーク堆肥区は7.8tそれぞれ得られ対照区の7.3tと同程度であった。作物の種類、栽培法が異なり直接比較するのは適切でないかもしれないが、1996年は1995年に比べて施肥量で58~50%に対し、収量は70%かそれ以上得られ、1996年の方が施肥量に比べてより多くの収量が得られた。



第3図 異なる堆肥を施用したスーダングラスの草丈と乾物重の経時的変化

シンボルは第1図と同じ



第4図 異なる堆肥を施用したスーダングラスの葉数と茎数の経時的変化

シンボルは第1図と同じ

第3表 異なる堆肥を施用したスーダングラスの収量(1996)

収穫日	対照区	ウッドチップ堆肥区	バーク堆肥区	完熟堆肥区
8月7日	3.09±0.43a	2.65±0.46a	3.45±0.43a	2.60±0.32a
9月27日	4.22±0.13a	4.29±0.24a	4.35±0.39a	3.15±0.11b
年間収量	7.31	6.94	7.80	5.75

収量: t/10a, 平均±標準誤差

各収穫日において異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

II 飼料作物圃土壌の理化学性

1) 土壌硬度

各試験区の播種後と収穫後に測定した土壌硬度の結果を、スーダングラスについては第4表に、エンバクについては第5表に、それぞれ示した。1995年6月スーダングラス播種後における各試験区上層部の土壌硬度は6.3~7.1mmで柔らかく、しかも区間差は認められなかった。下層部ではウッドチップ堆肥区は約11mmでバーク堆肥区と変わらず、対照区と完熟堆肥区の約15mmに比べて僅かに小さく膨軟であった。また各試験区は上層部より下層部の方が硬かった。10月の収穫時には、全試験区とも上層部では6月の時点と殆ど差がなかったが、下層部で全区の硬度が根の伸長が抑制される17~20mmを越え、特に対照区では22.7mmと、根の伸長が停止すると言われる25mm¹⁾に近づいた。1995年12月のエンバク播種後における上層部の土壌硬度は、最も大きい値でも対照区が6.4mm、ついで完熟堆肥区の5.1mm、ウッドチップ堆肥区とバーク堆肥区はそれぞれ3.2mm、3.9mmと、何れの区も非常に膨軟であった。下層部も上層部と同様に、対照区と完熟堆肥区が大きい値を示し、ウッドチップ堆肥区とバーク堆肥区の値が小さかったが、各堆肥施用区と対照区との差は認められなかった。1996年5月のエンバク収穫後には、上層部は対照区が15.2mmと各堆肥施用区に比べて大きい値を示した。下層部はバーク堆肥区は対照区の21mmより小さかったが、ウッドチップ区は24mmと根の伸長が停止する25mmに近づいた。

1996年7月では、上層部は8.2~10.9mmの範囲

でほとんど差は認められなかった。下層部も最小の完熟堆肥区で13.6mm, 最大のウッドチップ堆肥区でも16.3mmとその差は小さかった。10月には上層部は10.6~13.4mm, 下層部は17.6~19.4mmと、ともに差は認められなかった。下層部の硬度は前作のエンバク, 前々作のスーダングラスよりも小さく, 根の伸長が抑制される17~20mmの範囲内を示した。

第4表 異なる堆肥を施用したスーダングラス圃場の土壌硬度

測定日	深さ (cm)	対照区	ウッドチップ堆肥区	バーク堆肥区	完熟堆肥区
95年6月23日	5	6.3±2.0	7.0±1.7	6.6±0.7	7.1±2.7
	15	15.5±2.2	10.9±2.4	11.3±0.9	14.8±1.2
10月19日	5	10.3±2.7	7.9±2.7	11.0±1.0	9.4±2.2
	15	22.7±1.1	20.6±1.1	20.1±1.0	20.5±1.5
96年7月2日	5	8.2±1.1	9.9±0.3	10.9±0.4	9.0±1.1
	15	15.1±3.8	16.3±2.0	15.8±1.8	13.6±2.3
10月18日	5	12.8±1.1	13.4±2.2	10.6±0.7	12.6±1.1
	15	17.6±1.9	19.4±1.0	18.5±1.3	19.1±0.6

土壌硬度: mm, 平均±標準誤差

第5表 異なる堆肥を施用したエンバク圃場の土壌硬度

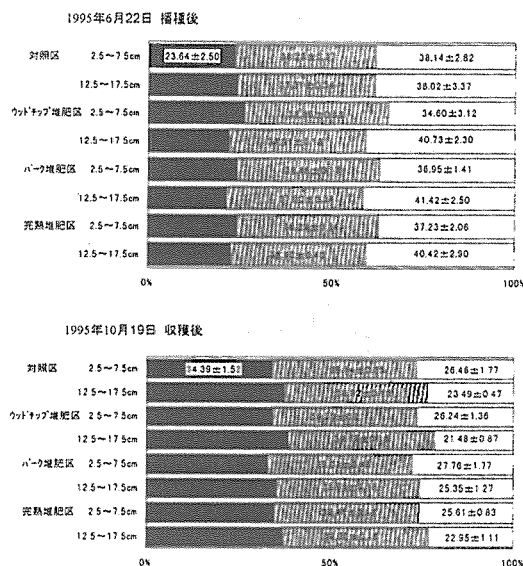
測定日	深さ (cm)	対照区	ウッドチップ堆肥区	バーク堆肥区	完熟堆肥区
95年12月15日	5	6.4±0.6	3.2±0.5	3.9±0.9	5.1±0.9
	15	16.1±2.5	12.6±2.8	12.6±2.8	18.1±1.3
96年5月28日	5	15.2±2.9	12.6±2.5	10.4±2.6	9.6±1.9
	15	21.1±1.1	24.1±0.7	18.8±2.1	21.8±3.1

土壌硬度: mm, 平均±標準誤差

2) 三相分布

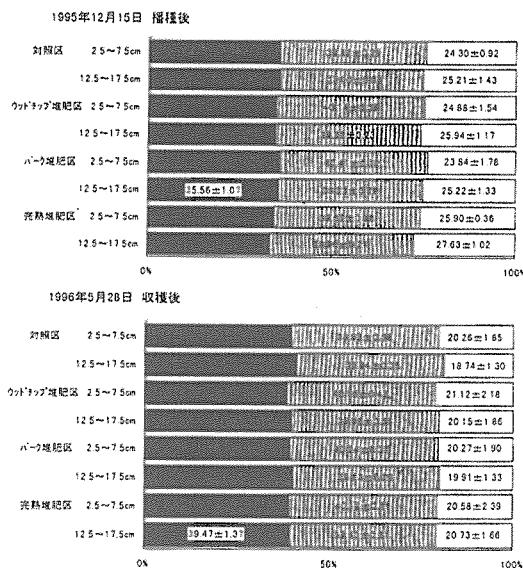
各試験区の三相分布を第5, 6, 7図に示した。1995年6月における三相分布を見ると, 対照区では上層部と下層部の固相率は約24%, 気相率と液相率はともに38%前後でほとんど差がなかった。各堆肥施用区では上層部に比べ下層部は固相率と液相率が約2%程度小さく, 気相率が約4%高くなっていた。各堆肥施用区は対照区と比べて下層部の液相率が3%程度高い傾向が認められた。10月では対照区, 各堆肥施用区ともに上層部は固相率が34%程度, 液相率は

26%となり, 下層部は固相率が37%, 液相率23%と堆肥施用の有無による差は認められなかった。6月と10月を比較すると, 各区とも10月では固相率が増加し液相率が減少していた。



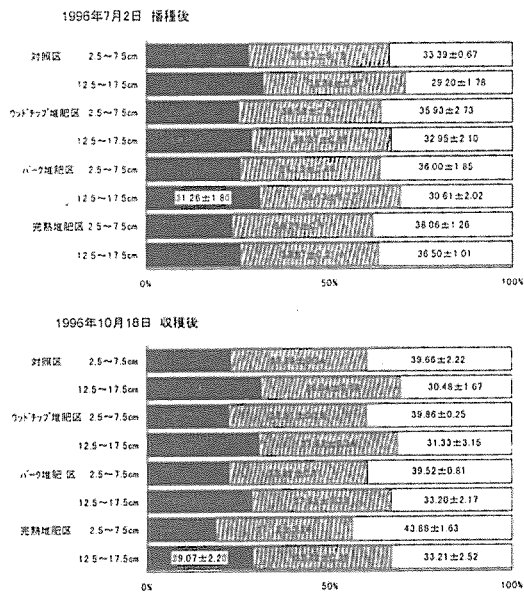
第5図 異なる堆肥を施用したスーダングラス圃場の三相分布

■ 固相 □ 液相



第6図 異なる堆肥を施用したエンバク圃場の三相分布

シンボルは第5図と同じ



第7図 異なる堆肥を施用したスーダングラス圃場の三相分布

シンボルは第5図と同じ

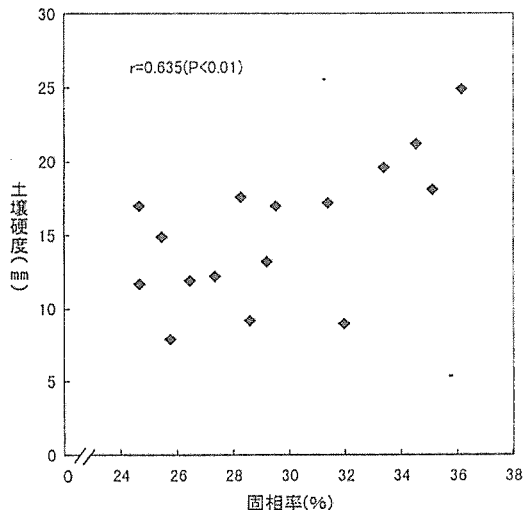
95年12月には対照区、各堆肥施用区とも上層部と下層部の三相の割合は同程度で固相率35%、気相率40%、液相率25%を示し、気相率の割合が最も高かった。96年5月には、対照区、各堆肥施用区の上層部、下層部とも、固相率、気相率ともに約40%と同程度であり、液相率が約20%を示した。エンバク、スーダングラスの各試験区とも収穫時には固相率がやや増加し液相率が減少する傾向は同じであったが、スーダングラスでは上層部に比べ下層部の硬度が増していたのに対しエンバクでは上層部と下層部の差が殆ど見られなかった。

96年7月には、各堆肥施用区上層部の固相率は、対照区よりも3~5%低い傾向があった。また、下層部は上層部に比べ各区とも2~4%高かった。気相率は対照区と堆肥施用区の上・下層部とも38%程度で、差は認められなかった。さらに液相率は各堆肥施用区が上・下層部とも3%程度対照区に比べて高かった。10月における固相率は上層部では全試験区で7月よりも約3~5%減少する傾向が認められたが下層部は7月よりも高くなる傾向が認められた。気相率は全ての調査において、対照区、各堆肥施用区

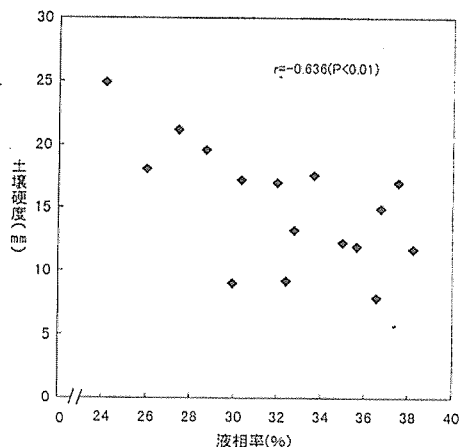
とも上層部が38~40%、下層部は31~33%と、7月に比べ上層部で増加し、下層部で減少した。95年6月、96年7月、10月に、液相率が30~40%と95年10月、12月、96年5月よりも約2倍大きくなったが、これは梅雨、秋雨の時期で降雨量が多かったことが主な要因と考えられる。

根域土層の物理性の好ましい条件として、非火山灰性土壌では固相率が50%以下、気相率が20%以上、土壌硬度が18mm以下とされている¹⁾。今回の調査では、固相率、気相率はこの条件を満たしたが、土壌硬度は特に15cmの深さで、95年のスーダングラスとエンバクでは根の伸長が停止する硬度に達した。96年のスーダングラスの土壌硬度は、1番草の際に大型機械が圃場内に入ったにもかかわらず、硬度は95年のスーダングラス、エンバク栽培時よりも小さくなった。対照区も硬度が小さくなっていることから、堆肥の影響よりも耕耘や降雨の影響が大きいと推察される。

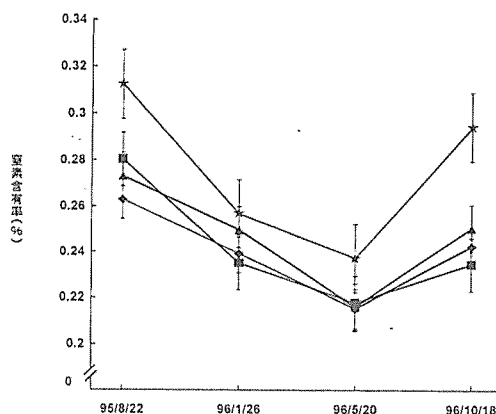
ここで土壌硬度と三相分布との関係を検討したところ、耕耘、降雨などの気象条件などの影響もあってか常に全層で関係が認められるとは限らなかったが、土壌硬度は、95、96年の両年に亘り、スーダングラス播種後の下層部において、固相率とは正の、液相率とは負の相関がそれぞれ見られた(第8、9図)。また、時期によっては、気相率と負の関係が見られた。



第8図 播種後における下層部の土壌硬度と固相率の関係(1996年7月2日)



第9図 播種後における下層部の土壌硬度と液相率の関係(1996年7月2日)



第10図 飼料作物圃場における全窒素含有率の推移

◆ 対照区 ■ ウッドチップ堆肥区
▲ バーク堆肥区 ☆ 完熟堆肥区

3) 飼料作物圃土壌の全窒素含有率

飼料作物圃場の全窒素含有率の変化を第10図に示した。全窒素含有率の年変化を見ると、全窒素含有率は1作目のスーダングラスの出穂期に0.26~0.31%と最高に達した後は減少に転じ、エンバクの播種時に化成肥料を施用したものの減少を続け、2作目のエンバクの収穫期に0.22~0.24%と最低となり、その後は再び増加傾向を示した。採土した時期は、出穂期や収穫後という飼料作物が多量に養分を吸収した時期にもかかわらず、全ての試験区の栽培期間を通して日本の耕地土壌の平均値(約0.2%)は維持しており¹⁾、養分不足の状態ではなかった。試験区間を比較すると、年間窒素施肥量が最も多かった完熟堆肥区の土壌の全窒素含有率は0.24~0.31%と全試験期間を通して他の区よりも常に高かった。一方、ウッドチップ堆肥区は他の2堆肥区よりも窒素施肥量が少なく、窒素含有率も低い傾向が認められ、対照区とほぼ近似して推移した。このように、年間の窒素施肥量と土壌中の全窒素含有率にはほぼ対応関係が認められた。

以上から、3種類の堆肥を使用し、2年3作の栽培試験をした結果、ウッドチップ堆肥区は腐熟の程度はやや低いものの既に市場に流通している窒素成分量が比較的類似したバーク堆肥

区および化成肥料単独施用の対照区と同等の収量が得られた。また腐熟が進み前記2種類に比べて堆肥の窒素成分量がおおよそ3~5倍の完熟堆肥区は、スーダングラスを2回刈りした1996年には刈り取り後施肥しなかったこともあり他の区よりも収量がやや劣ったが、夏作、冬作の播種時に施用して年間窒素施肥量が96kg/10aとなった95年には、年間収量が他区とほぼ同量となった。水稻に生とん糞で窒素104kg施すと茎数増加が抑制され、生育に障害を受けることが指摘されているが、完熟堆肥区でそのような生育障害は見られなかった。また他の2種類の堆肥区も生育障害は見られなかった。本実験では堆肥施肥量は三重県の耕種基準の5tに設定したが、輸入飼料が増加し²⁾、出来る限り糞尿などの有機物は農地に還元したいという社会的背景や本実験においても完熟堆肥で窒素換算でおおよそ100kg施用しても生育障害がおきなかった点などを考慮すると、ウッドチップ堆肥やバーク堆肥ともに今回以上に多量の施用も可能と考える。今後さらに多用した条件で作物の生育・収量や土壌の理化学性への影響、微生物の関与を含め長期にわたる検討が必要であろう。

また、堆肥施用のもう一つの目的である土壌の物理性の改善効果に関しては、土壌の硬度や三相分布にも特に堆肥の種類による差や化成肥

料単独施用区のと間で明確な差は生じなかった。本実験では2年間で播種時に合計3回耕耘しており、以前同じ飼料作物圃場において年に1回耕耘することで土壤の物理性に一定の変化は認められないとの結果⁵⁾や、3年6作の短期間の有機物の施用効果は、養分の富化が支配的で土壤の物理性は副次的なものとされていること^{4, 6)}などから、耕耘や施用試験期間の短さがより強く影響したと考えられる。

摘 要

競争馬の敷料の変更によって産出されることになったウッドチップ堆肥(N含有量0.4%)を農地へ還元するための基礎資料を得る目的で、この堆肥とほぼ同程度の成分量を有するパーク堆肥(N=0.62%)と窒素成分が1.92%の完熟堆肥を供試して1995年から1996年にかけて夏作スーダングラス-冬作エンバク-夏作スーダングラス(2回刈り)の2年3作(4回収穫)の作付体系で圃場栽培し、飼料作物の収量性・土壤の理化学性などについて化学肥料単独施用区のそれらと比較した。施肥は、播種前に基肥としてウッドチップ堆肥区とパーク堆肥区は5tの堆肥と化学肥料(N成分で10kg/10a)を併用し、窒素成分の高い完熟堆肥区は堆肥単独施用し、化成肥料単独施用の対照区はN成分で15kg/10a施した。結果は以下の通りである。

1. 未分解の木片が混入し腐熟程度が最も低いウッドチップ堆肥区は1995, 96年ともに他の2種類の堆肥区および対照区と同等の生育・収量・土壤状態を示した。
2. ウッドチップ堆肥区2年目の施肥量は1年目の58%程度であったが、収量は70%程度得られ、2年目の収量が相対的に多かった。この傾向は対照区並び他の堆肥区とも同様であった。
3. 土壤硬度は、3作とも試験区間で有意差は認められなかったが、1995年冬作よりも1996年夏作の値が、また夏作においては1年目より2年目の値が小さくなる傾向が認められた。
4. 両年とも作土の上層部では、土壤硬度と

三相分布との間に一定の関係は認められず耕耘の影響を受けていたと考えられるが、スーダングラス播種後の下層部において土壤硬度が固層率とは正の、液層率とは負の、それぞれ相関が認められた。

以上から、ウッドチップ堆肥は本実験の施用量では、化学肥料と併用すれば既に市場に流通している堆肥と同様、化学肥料単独施用の慣行栽培区と同程度の生育状態・収量が得られ、土壤状態も特に差が生じなかった。このことから、5t程度の量を圃場に還元しても支障は無く、さらに多量の施用も可能と考える。

文 献

- 1) 土壤物理学会編：土壤の物理性と植物生育. p9,12,41,168,養賢堂(1979).
- 2) 藤山堯然・谷山鉄郎・星野貞夫・橋昌司・森田脩・奥山潤一・中野博・赤塚重勝・岩佐正行：家畜のふん尿の大量施用が氷稻の生育・収量におよぼす効果について、I 生豚ふん施用と氷稻の乾物生産および体内成分との関係について。日作東海支部研究梗概, 79,63-66(1977).
- 3) 藤山堯然・谷山鉄郎・星野貞夫・橋昌司・森田脩・奥山潤一・中野博・赤塚重勝・岩佐正行：家畜のふん尿の大量施用が氷稻の生育・収量におよぼす効果について、II 生豚ふん施用が氷稻の収量とその構成要素産におよぼす効果について。日作東海支部研究梗概, 79,67-69(1977).
- 4) 藤山堯然・谷山鉄郎・橋昌司・森田脩・中野博・奥山潤一・宮崎直紀・赤塚千恵子：家畜のふん尿の大量施用が氷稻の生育・収量におよぼす効果について、III 収量に対する生豚ふんの残効の影響。日作東海支部研究梗概, 84,23-26(1979).
- 5) 木内知美ら：土壤・肥料・植物栄養辞典, P23, 博友社(1991).
- 6) 三重大学農学部付属農場概要. P2, 三重大学農学部付属農場(1978).
- 7) 三木和夫：畑土壤の窒素供給力に関する研究。東海近畿農試研報, 18,353-406(1969)

- 8) 森田 脩・後藤正和・藪内英一・野村弘司・大市 章・草深佳郎・海野 豊・猿丸勝晴：飼料作物生産の推移と栽培管理との関係. 三重大農場研報, 6,47-52(1984).
- 9) 森田 脩・後藤正和・伊藤康晴・田口博基・松ヶ谷裕二・江口 悟・吉川秀明：ソルガム・エンバクの不耕起栽培に関する実証的研究. 三重大農場研報, 7,23-32(1988).
- 10) 西宗 昭：作物生産における土壌の養分の管理システム. 研究ジャーナル, 14,9(1991).
- 11) 農業技術研究所環境管理部資源・生態管理科：近年のわが国食料供給システムにおける窒素循環. 農林調査会編・農林水産新技術, 506-507(1996).
- 12) 大市 章：農場移転10年のあゆみ. 三重大農場研報, 5,83-84(1980).
- 13) 六本木和夫・石上 忠・武田正人：稲わら堆肥の連用が沖積土壌の理化学性に与える影響. 土肥誌, 64,27-33(1993).
- 14) 六本木和夫・石上 忠・武田正人：沖積土壌における稲わら堆肥連用の残効. 土肥誌, 64,417-422(1993).
- 15) 山添文夫：自給肥料, 農学大辞典, 1499-1501(1987).