

南九州の黒ボク土に多量施用された生牛糞の肥効と残効

—土壤の理化学性の変化— (その1)

品川昭夫・植木健至*・宇田川義夫*²

(土壤学研究室・*作物学研究室)

昭和59年8月9日 受理

The Fertilizer Efficiencies and Residual Effects of Fresh Cow Dung Excessively Applied to the Black Volcanic Ash Soil (Andosols) —Changes of the Properties of the Soils—(1)

Akio SHINAGAWA, Kenji UEKI* and Yoshio UTAGAWA*²

(Laboratory of Soil Science, *Laboratory of Crop Science)

緒 言

1965年頃からの畜産業の伸展, とくに濃厚飼料による家畜の多頭飼育が普及し始めて以来莫大な量の糞尿が排泄されるに至り, 糞尿の流通機構が不備なため, 従来の慣行を破る大量の家畜糞尿を土壤に還元せざるをえなくなった. そこで, 糞尿の土壤還元への試験研究が, 植物の生育, 土壤の肥沃性, 環境汚染等の観点から全国的に行われ, 多くの成果が公表され^{1-3, 18, 19)}, 植物体中の塩基平衡を維持し, かつ, 硝酸態窒素を集積させないためには, 飼料作物に対する牛糞施用量の上限は5 t/10 a/年と定められた^{16, 17)}.

黒ボク土に対する糞尿の大量連用試験は, 九州では, 九州農業試験場畜産部の黒ボク土畑土壤圃場において^{2, 3)}, 1968年から, 最大投入量60 t/10 a/年が10年間20作継続して行われた. しかし, この連用試験での投入有機物は糞尿と敷料(ワラ類やオガクズ)の混合物であり, また, 60 t区でも金肥が併用されているので, 生牛糞そのものの効果の解析に際して糞尿以外の要因も併せ考察しなければならない.

著者らは, 南九州の黒ボク土に多量単用連用された家畜糞尿の単独効果を解析する目的で適当な試料を探し求めた.

鹿児島県農業試験場(以下鹿農試と略記)では, 大隅支場の黒ボク, 黒ニガ混合土畑圃場において, 1972年から1977年までの5年間, 露地野菜と飼料作物に^{*2}鹿児島県農業試験場土壤肥料部(Kagoshima Agricultural Experiment Station)

研究結果の一部は, 1977年9月の日本土壤肥料学会九州支部会, 1979年9月の日本土壤肥料学会九州支部会, 1982年4月の日本土壤肥料学会全国大会で発表した.

本研究の一部は, 昭和52, 53, 54年度文部省科学研究費により行われた.

対する生牛糞連用試験を行った⁴⁻¹³⁾.

試験圃場の土壤は厚層多腐植黒ボク土(黒ボク, 黒ニガ混合土)で全炭素約9%, 塩基飽和度約10%, 磷酸吸収係数約2600, 土性はSCLである. 飼料作物栽培試験は, 夏作青刈りソルガム, 冬作イタリアンライグラスで, 金肥単用群: 8区, 生牛糞・金肥併用群: 4区, 生牛糞単用群: 7区(10 a当り, 年間, 生牛糞を0, 6, 12, 24, 48, 75, 100 tを2回に分施). 牛糞は排泄後1週間以内に圃場に搬入し, 全層(20~25 cm)に混和した. 各区における各年の地上部重量, 生育相, 跡地土壤の変化については, 鹿農試試験成績書⁴⁻¹³⁾に詳細に記載されている.

著者の一人品川は, 前記鹿農試の生牛糞連用試験は, 牛糞そのものの肥効および残効を検討するための貴重な土壤試料であると判断し, 第3作(1973年冬作)後より跡地土壤の分析を鹿農試とは別個に行った. さらに, 5年10作の施用試験終了後の1977年10月に跡地土壤(0~20 cm)のうち無肥料区(以下生糞0 tと記す), 生牛糞48 t/10 a/年, 5年連用土壤, 100 t 5年連用土壤を鹿農試より大量に譲り受け, 植木と共に1978年より夏作陸稲, 冬作小麦の無肥料ポット(1/5000 a)栽培試験を行い, 黒ボク土に多量連用された生牛糞の残効を, 作物学, 土壤学の両面から総合考察しつつある²⁰⁾.

本報では, 主に, 牛糞施用10作跡地土壤とその後の無肥料栽培ポット試験5作跡地土壤の理化学的性質の変化について報告する.

土壤試料と分析, 測定方法

1. 土壤試料

(1) 生牛糞施用時の土壤試料

鹿農試大隅支場の生牛糞単独施用圃場の第3作(冬

作イタリアンライグラス)刈取後の1974年5月,第7作(冬作イタリアンライグラス)刈取後の1976年4月23日,第10作(夏作青刈りソルガム)刈取後の1977年10月13日に,無肥料区(牛糞0t区),48t区,100t区の連用圃場から,0~20cmの深さの土壤試料を採取した。

(2) 生牛糞施用停止後の無肥料栽培跡地土壤試料緒言に述べたごとく,鹿農試による連用試験終了後大量に譲り受けた,深さ0~20cmより採取した,0t,48t,100t区の土壤を用いて連続無肥料ポット栽培試験を行った。栽培条件は既報の通りである²⁰⁾。各作後,1/5000aポット内の土壤の全量を広げ,大きな植物根を除き,十分に攪拌,混和して均一にした後分析試料を採取した。

2. 土壤の化学分析

(1) CEC: 1N-CaOACを用いて測定。したがって,鹿農試の1N-NH₄OACを使用する方法よりも大きな値を得ている。

(2) 磷酸吸収係数: M/50 H₃PO₄を吸着させる方法を採用。

(3) 等電点: Umetsu²¹⁾の電気浸透法による方法に用いられたガラス器具を,移動液の確認にはガラス毛細管を使用する等々改良し,大内理化工業(株)に発注し作製した器具で測定。

(4) 有効態磷(Troug 磷酸): 硫酸アンモニウムでpHを3に調整したN/500-H₂SO₄可溶のP₂O₅。

(5) NH₄態窒素: 土壤乾物に対して1NになるようKCl溶液を添加し,抽出後微量拡散法でNH₄-Nを定量。

(6) 全炭素,全窒素: 柳本C, Nコーダーによって定量。

3. 有機物を全く除去しないで行う土壤の粒径分画
風乾細土20gに蒸留水を1ℓ添加し,振盪後10分間超音波処理し静置した。

<0.002mm画分は比重2.3と仮定して濁液をサイフォンで採取し,再び蒸留水を1ℓにまで添加し,超音波処理,静置,濁液の採取を行い,上澄液が透明(吸光係数:0.02以下)になるまで,反復採取した(30~40回)。<0.002mm画分の濁液全量を30℃で減圧濃縮した後,凍結乾燥し,メノウ乳鉢で磨砕した後風乾した。

0.002~0.02mm画分は<0.002mm画分を完全に除去した後,比重2.35と仮定し<0.002mm画分と同様に,沈降法により採取し,数時間静置後,上澄液をサイフォンオフし,30℃で乾燥した後風乾した。

0.02~0.2mm及び0.2~2mm画分は篩別し,風乾した。

4. 生牛糞多施用終了時の現地圃場の物理性

10作刈取後の1977年10月13日に試料を採取した。透水試験,pF試験のためには不攪乱試料として,100ccの土壤サンプラー各区6個ずつ採取した。真比重の測定は,JISに従い,pF試験は,pF:1~2までは吸引法,pF:2.4~4.2までは遠心法で行った。透水係数はDIK簡易透水試験機で測定した。

結果と考察

1. 牛糞連用期間における牧草重と土壤の化学性的変化

第1表に生牛糞施用期間(1972~1977年)における10作の飼料作物の生重量指数¹³⁾を示した。48t区,100t区いずれも3要素区よりも生草重が著しく増加している。冬作では,3作までは生牛糞12t区以下で収量

第1表 飼料作物に対する生牛糞の連用効果(三要素区との比較)

Table 1. Fertilizer efficiency of fresh cow dung applied every year on the yield of forage crops and grasses (ratio to control)

Treatment	1972		1973		1974		1975		1976		1977
	Winter Italian rye grass	Summer Colored guinea grass	Winter Italian rye grass	Summer Sorgham	Winter Italian rye grass	Summer Sorgham	Winter Italian rye grass	Summer Sorgham	Winter Italian rye grass	Summer Sorgham	
Control	100 (343)	100 (480)	100 (727)	100 (912)	100 (964)	100 (365)	100 (854)	100 (419)	100 (798)	100 (243)	
Non-fertilizer (0t)	41	41	3	14	5	9	5	2	6	7	
Fresh cow dung 48t	359	188	172	130	141	293	131	186	171	468	
Fresh cow dung 100t	361	185	181	119	153	319	168	199	201	449	

Control: N...50kg, P₂O₅...31kg, K₂O...47kg/10a/year, as chemical fertilizer.
Value in parenthesis in control is actual yield (kg fresh weight/a).

第2表 生牛糞の化学組成

Table 2. Chemical composition of fresh cow dung

		水分		Oven dry basis							
		Moisture	pH	T-C	T-N	Organic matter	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
		%		%	%	%		%	%	%	%
1972	Winter	63.4			1.86			0.30	2.32		
1973	Summer	75.0	7.1	32.9	2.72	56.7	12.1	2.16	2.76	1.96	0.52
1973	Winter	78.1	7.2	33.8	2.60	58.8	13.0	1.64	3.79	1.51	0.37
1974	Summer	71.8		25.5	2.13	44.0	12.0	1.35	2.09	1.13	0.39
1974	Winter	69.0			1.94			1.16	1.77	1.42	0.61
1975	Summer	77.5			2.49			1.82	1.96	1.33	0.44
1975	Winter	79.2			2.98			1.97	3.70	2.02	0.72
1976	Summer	83.8		37.9	3.15	65.3	12.0	2.04	2.10		
1976	Winter	76.0		38.7	3.13	66.7	12.4	2.79	3.63		
1977	Summer	74.3			1.48			2.18	2.32		
Average	Oven dry basis			(33.8)	2.45	(58.3)	(13.8)	1.74	2.64	(1.56)	(0.51)
	Fresh basis (現物当り)	74.8		(8.52)	0.62	(14.69)	(13.7)	0.44	0.67	(0.39)	(0.13)

Values in parenthesis are average values of five or six samples.

第3表 生牛糞連用土壌の化学性の変化

Table 3. Changes of chemical properties of the soils after 3rd, 7th and 10th crop with successive application of fresh cow dung (oven dry basis)

	Amount of applied cow dung/year		原土 Original soil	0 t			48 t			100 t			
				After			After			After			
				3rd crop	7th crop	10th crop	3rd crop	7th crop	10th crop	3rd crop	7th crop	10th crop	
水分	Moisture	%	7.91	10.49	10.12	8.52	9.15	8.99	8.31	8.77	8.35	7.90	
pH	H ₂ O	N-KCl	5.6	5.9	5.8	6.0	6.1	6.1	6.0	6.2	5.9	6.1	
			4.7	5.0	5.0	5.2	5.2	5.3	5.3	5.4	5.3	5.4	
置換酸度	Exchange acidity		1.6	0.6	0.8	0.4	0.8	0.8	0.7	1.0	1.2	0.9	
加水酸度	Hydrolytic acidity		74.0	51.7	56.3	51.0	50.8	48.6	55.7	51.0	50.2	53.8	
置換容量	CEC	me/100g	38.6	48.2	46.6	45.3	46.7	45.4	46.1	47.7	45.3	48.6	
置換性 塩基	Exchangeable base	me/100g	Ca	2.85	5.57	7.57	10.23	9.76	10.08	13.73	13.59	14.34	14.66
			Mg	0.66	1.01	1.00	1.11	2.87	3.22	3.52	6.10	4.75	9.30
			K	0.22	0.24	0.26	0.16	1.52	0.78	0.78	2.37	1.57	2.59
			Na	0.04	0.13	0.15	0.04	0.06	0.13	0.08	0.21	0.24	0.28
塩基飽和度	Base saturation degree	%	8.99	14.42	19.27	25.47	30.43	31.30	39.28	46.69	46.14	55.21	
磷酸吸収係数	Phosphoric acid absorption coef.		2525	2535	2447	2434	2110	1951	1998	1746	1845	1592	
等電点	Iso-electric point		3.40			3.50			3.02			2.76	
有効態磷	Available P ₂ O ₅	mg/100g	1.32	1.34	1.34	1.31	7.00	7.41	8.09	19.07	22.26	43.48	
NH ₄ -N		mg/100g	4.39	2.03	2.28	3.78	1.84	2.37	4.60	2.64	2.90	5.88	

指数は100以下で、24 t区以上では100以上、5作以降は48 t以上の施用区では常に指数170~200である。夏作では、12 t以上の施用区はすべて指数100以上であり、48 t以上の区は各作ほとんどすべて180~500である。よって、冬作では、48 t以上、夏作では12 t以上の連用は、牧草収量を著しく高めると結論しうる。

しかし、鹿農試の報告によれば、12 t以上の連用により、牧草中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量が0.4%以上になることもあり、また、ガラスティタニウムの指標と見なされる牧草中の $\text{K}/\text{Ca}+\text{Mg}$ (当量比)が3を越えた草も見出された。よって、家畜飼料の安全性の観点からすると、生牛糞の単独多量連用は必ずしも妥当な施肥法とは云い難いであろう。

第2表に、飼料畑に施用した生牛糞の化学組成を示した。得られた分析値のみから算出された平均値から計算すると、100 t区では毎年、有機物として14.7 t、 N : 620 kg、 P_2O_5 : 440 kg、 K_2O : 670 kg、 CaO : 390 kg、 MgO : 130 kg が土壌に施用されたことになる。三要素区の化学肥料施用量は、平均して基肥、追肥合計、 N : 50 kg、 P_2O_5 : 31 kg、 K_2O : 47 kg であるので、48 t区、100 t区は必要量の5~10数倍の三要素を連用したことになる。もしも化学肥料の形で、 N 、 P_2O_5 、 K_2O を標準の10倍も施用すると植物は直ちに濃度障害により枯死するであろう。10作期間に100 t区の牧草に、窒素・燐酸の濃度障害がほとんど認められなかったのは、牛糞という有機態で施用されたことが原因であることは明らかである。

第3表に、3作、7作、10作跡地土壌の化学性を示した。

生牛糞の連用による土壌化学性の判然とした変化は、CECの僅かな増大、置換性塩基含量の明らかな増加、燐酸吸収係数、等電点の低下、有効態 P_2O_5 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量の増加であり、九州農業試験場における60 t/10 a/年、20作連用跡地土壌の化学性²³⁾と極めてよく似た変化過程を示した。

置換性各塩基含量は著しく増加し、塩基飽和度も著しく大になったにもかかわらず、pH、滴定酸度から判断される土壌酸性にはほとんど変化が認められない。この理由としては、糞尿中の Cl^- イオンと有機物分解の中間産物である有機酸の存在に基づくと推定し得よう。

炭素・窒素の集積、消失については後記するが、 P_2O_5 、 K_2O 、 MgO などについても100 t区では、植物に吸収された量を差引いても80%以上が消失したと考え得る。置換性 CaO は48 t区では次第に増加し、

100 t区では3作跡地で Ca 飽和度約30%に増大するが、その後の牛糞施用によってもほとんど変化せず、後記のごとく無肥料栽培によってもほとんど減少しない。

2. 牛糞施用10作跡地の物理性的変化

第4表(1)に見るごとく、牛糞施用量の増加に伴い、表層土の真比重、仮比重、固相率は小となり、透水係数は大となる。すなわち土壌が“柔らか”になり、“水はけ”が良好になる。しかし、試料採取は刈取後植物根が残存している状態で行われたので、牧草生育が旺盛であった48 t、100 t区の仮比重の減少は、主として残存する植物根に起因するのであろう。

pF-体積水分率から算出する有効水分量は、牛糞の連用によりほとんど増加していない。100 t区の下層土のpF: 1.5~4.0の水分は25.05%で、三要素区の19.6%、48 t区の17.1%よりも明らかに多い。このことは牛糞多施用により土壌の毛管孔隙が多くなり、孔隙中の水分量も多くなり、最終的には土壌の保水能力を高くすることを示唆しているようである。

3. 牛糞多量連用土壌を用いての無肥料栽培試験の収量と土壌の化学性的変化

1978年より行った牛糞連用土壌を用いての無肥料ポット栽培試験についての方法、作物学的解析はすでに報告した²⁰⁾。第5表には既報の結果を要約し陸稲穂重の指数を示した。48 t、100 t区いずれも第3作までは三要素区より収量(穂重)が多いが、第5作では明らかに三要素区よりも少なく、同表では省略したが、第7作では三要素区よりも極めて少ない収量しか得られなかった。すなわち1/5000 aポットという土壌が少ない条件で無肥料栽培すると、48 t、100 t連用土壌の植物に対する残効は3作で終ると結論しうる。

第6表に、1, 2, 3, 5作跡地土壌の化学性的変化を示した。

酸性: 三要素区、0 t区では、pH 滴定酸度から推察される土壌酸性は5作後に明らかに強くなる。しかし、48 t区、100 t区では、ほとんど酸性化せず栽培試験開始時とほぼ似た値を示す。恐らくは後記の置換性石灰含量が、5作後でもほぼ同じ値を保っていることに起因するかもしれない。

CEC: 5作後にいずれの区でもわずかに減少する。

塩基飽和度: いずれの区でも5作後には開始時の80%程度に低下した。

置換性塩基: 塩基の種類により低下の様相がかなり異なる。 Ca はほとんど変化しない。 Mg は48 t区では開始時の74%、100 t区では29%に低下した。 K_2O 含量低下速度は Mg よりも早く、48 t区では、1, 2,

第4表 生牛糞連用土壌の10作後の物理性の変化
Table 4. Changes of physical properties after 10th crop with successive application of cow dung

(1) 真比重, 仮比重, 固相率, 透水係数
(1) True density, balk density, solid phase percent and coefficient of permeability

Amount of applied cow dung/year	深 さ Depth cm	真比重 True density	仮比重 Balk density	固相率 Solid phase %	透水係数 Coef. of permeability cm/sec
原 土 Original soil	0-20	2.38	0.695	29.16	2.42×10^{-3}
0 t	0-20	2.42	0.724	29.87	1.55×10^{-2}
	20-40	2.42	0.733	30.27	1.42×10^{-2}
48 t	0-20	2.39	0.649	27.20	1.47×10^{-2}
	20-40	2.36	0.651	27.54	1.09×10^{-2}
100 t	0-20	2.21	0.605	27.38	2.97×10^{-2}
	20-40	2.40	0.592	29.67	1.42×10^{-2}

(2) pF-体積水分率 (2) Volumetric moisture content (%)

	深 さ Depth cm	pF									Sampling time
		0	1.0	1.5	2.0	2.4	2.7	3.0	4.0	4.2	
原 土 Original soil	0-20	60.83	56.93	57.60	49.93	46.74	43.37	40.38	31.86	28.43	41.98
0 t	0-20	61.31	59.94	52.77	47.24	46.73	44.91	43.85	37.60	33.92	42.50
	20-40	60.47	59.02	54.32	47.92	47.01	45.94	45.05	38.15	34.72	44.79
48 t	0-20	60.64	59.11	55.64	47.84	45.11	43.85	41.86	39.58	37.66	40.32
	20-40	62.51	60.15	52.60	47.67	46.72	45.08	44.15	37.18	35.50	42.79
100 t	0-20	62.10	60.30	48.24	41.77	41.09	40.35	39.06	34.20	31.12	37.14
	20-40	71.36	69.39	56.82	50.09	49.31	47.46	45.18	36.90	31.81	44.64

第5表 無肥料栽培試験 (1/5000 a ポット) における牛糞の残効 (陸稲穂重指数)

Table 5. The residual effect of fresh cow dung on the panicle weight of upland rice (ratio to control) (1/5000a pot)

Treatment	1978 1st crop	1979 3rd crop	1980 5th crop
Control	100	100	100
Non-fertilizer (0 t)	29	35	15
48 t	147	98	50
100 t	200	175	79

Control は原土を詰め, 1/5000 a ポット当り各作毎に要素として窒素, 磷, 加里を各 1 g 化学肥料で施用。

Control : Plants were grown on the original soil applied 1 g of nitrogen, phosphorus and potassium as chemical fertilizer for each crop.

0 t, 48 t, 100 t 区は, 毎年10 a 当り生牛糞をそれぞれ 0 t (無肥料), 48 t, 100 t 5 年連続施用された後, 無肥料で夏作陸稲, 冬作小麦の栽培試験を行った。

0 t, 48 t, 100 t : Used soil were applied 0 t, 48 t, 100 t of fresh cow dung/10a/year for five years. During the succeeding three years, upland rice (summer) and wheat (winter) were grown on those soils (in 1/5000a pot) without any fertilizer.

第6表 無肥料栽培 (1/5000 a ポット) 1作, 2作, 3作, 5作跡地土壌の化学性の変化

Table 6. Changes of chemical properties of the soils after each crop without any fertilizer (1/5000a pot cultivation without fertilizer)

(oven dry basis)

			原 土 Original Soil	Control				0 t		
				After				Start	After	
				1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop		1st crop	2nd crop
水 分	Moisture	%	7.91	9.24	11.31	12.49	8.59	8.52	11.48	13.44
		H ₂ O	5.6	5.6	5.0	5.3	5.2	6.0	5.9	5.8
	pH	N-KCl	4.7	4.7	4.5	4.6	4.7	5.2	5.0	5.1
置換酸度	Exchange acidity		1.6	3.5	5.7	5.6	6.4	0.4	1.6	1.4
加水酸度	Hydrolytic acidity		74.0	73.6	74.2	79.7	84.5	51.9	54.6	57.3
塩 基 置換容量	CEC	me/100g	38.6	34.5	38.3	37.5	33.1	45.3	46.7	47.0
		Ca	2.55	2.55	1.57	3.24	2.88	10.25	7.10	5.84
置 換 性	Exchangeable base	Mg	0.66	1.40	0.01	0.33	0.25	1.11	1.46	1.34
塩 基		K	0.22	0.33	0.28	0.09	0.08	0.16	0.15	0.12
		Na	0.04	0.61	0.11	0.21	0.15	0.04	0.52	0.16
塩 基 飽 和 度	Base saturation degree	%	8.99	14.17	5.14	10.32	10.15	25.47	19.76	15.87
磷酸吸収 係 数	Phosphoric acid absorption coefficient		2525	2500	2304	2651	2675	2437	2681	2497
等 電 点	Iso-electric-point		3.40				3.82	3.68		
有効態磷	Available P ₂ O ₅	mg/100g	1.32	3.79	3.77	2.88	1.98	1.31	1.02	0.92
	NH ₄ -N	mg/100g	4.39	4.01	3.15	2.06	1.81	3.78	4.02	2.29

3, 5作後にはそれぞれ開始時の26%, 18%, 12%, 7.6%と低下し, 100 t 区の減少速度はさらに早く, 2, 3, 5作後には7%, 4%, 1%と急速に減少し, 48 t, 100 t 区いずれも3作跡地では三要素区の1/10~1/20となる。

磷酸吸収係数, 等電点: 次第に高くなる。原土, 100 t 5年連用跡地及びその後の2.5年無肥料栽培により(2525, 3.40)⇒(1592, 2.76)⇒(2182, 3.02)と判然と増減の傾向を示している。

したがって100 t 5年施用により Acidoid 的方向に変化した土壌コロイドの性格は, 2.5年無肥料栽培で Basoid 的に戻りつつあるが, なお改良された Acidoid 的性格は残っていると考えられよう。

有効態磷酸, NH₄-N: 明らかに減少する。100 t 区の有効態磷酸は, 2.5年後でも約1/4に減少するが, 10.9mg/100gと三要素区に比し極めて高い含量を示している。

4. 生牛糞多量連用による土壌の全炭素・全窒素の増加と, その後の無肥料栽培による全炭素・全窒素の減少

第7表に, 牛糞施用時における土壌の全炭素(有機物含量の正確な指標と見なしうる), 全窒素含量の推

移を, 第8表に無肥料栽培期間における変化をそれぞれ示した。

土壌の全炭素定量に際して, 微細植物根をどの程度除去するかにより, 土壌特に耕地表層土の全炭素・全窒素の測定値は大きく変動する(第7表)。他方では, 除去は微細根に付着している土壌個有の, あるいは新たに生成した有機無機複合体の一部を同時に除去するであろう。しかし, 第7表に見るごとく, 植物生育が旺盛であった48 t, 100 t 区は微細根を除去すると, 全炭素・全窒素はかなり小さな値を得た。よって, 土壌固有の全炭素・全窒素の推移を検討するために, 肉眼で目視しうる長さ 2 mm 程度までの微細植物根を, 先の尖った細いピンセットで可能な限り除去して全炭素・全窒素を定量した。第8表以下の全炭素・全窒素及び算出数値はいずれも微細根除去土壌の分析値である。

第7, 8表に示した値から, 生牛糞連用5年10作, その後の無肥料栽培2.5年5作跡地の全炭素・全窒素の増減率を算出し, 第9表に示した。全炭素の増加, 減少率は極めて小であるが, 全窒素は100 t 10作連用により約47%増加し, 無肥料栽培により11.3%減少する。炭素率については後述する。

		48 t					100 t				
		Start	After				Start	After			
3rd crop	5th crop		1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop		1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop
11.43	10.59	8.31	10.54	12.43	14.41	9.30	7.90	10.58	12.38	10.02	9.72
6.0	5.9	6.0	6.2	6.0	6.4	6.0	6.1	6.2	6.1	6.4	6.2
5.2	5.2	5.5	5.3	5.2	5.4	5.4	5.4	5.3	5.3	5.5	5.4
1.2	0.9	0.7	1.2	1.4	1.1	1.3	0.9	1.5	1.6	1.3	1.4
60.2	63.7	55.5	56.2	55.4	55.7	56.5	53.8	54.6	54.4	54.6	54.9
47.1	46.8	46.1	47.4	46.0	46.7	42.4	48.6	47.4	45.8	45.0	43.5
7.74	7.56	13.73	13.40	13.58	13.32	11.89	19.66	16.69	16.84	17.05	16.59
1.48	1.35	3.52	3.45	3.35	3.01	2.62	9.30	5.98	5.72	4.81	2.72
0.08	0.08	0.78	0.21	0.14	0.10	0.06	2.59	0.28	0.18	0.10	0.04
0.30	0.36	0.08	0.80	0.23	0.45	0.28	0.28	0.97	0.32	0.48	1.20
20.38	19.98	39.28	37.68	37.61	36.15	35.02	55.21	50.46	50.35	49.87	47.24
2672	2698	1998	2205	2041	2282	2623	1592	1955	1670	1848	2182
	3.95	3.02				3.24	2.76				3.02
0.41	0.18	8.09	6.98	6.24	5.40	3.22	43.43	36.01	35.84	17.34	10.89
1.96	1.53	4.6	4.00	2.85	2.15	1.55	5.88	4.08	3.03	1.67	1.42

第7表 生牛糞連用期の、土壌の全炭素、全窒素及び炭素率の変化

Table 7. Changes of total carbon, nitrogen and carbon-nitrogen ratio during successive applications of fresh cow dung (oven dry basis)

Amount of applied cow dung/year			0 t			48 t			100 t			
Removal procedure of fine plant roots	Original soil	3rd crop	After			After			After			
			3rd crop	7th crop	10th crop	3rd crop	7th crop	10th crop	3rd crop	7th crop	10th crop	
T-C	%	+	8.46	9.32	9.53	9.51	8.87	8.98	9.14	9.53	8.86	9.03
		-	8.90	9.92	9.96	9.51	9.64	9.47	9.88	9.79	10.02	10.33
T-N	%	+	0.36	0.40	0.40	0.40	0.44	0.45	0.46	0.51	0.49	0.53
		-	0.40	0.44	0.40	0.40	0.51	0.46	0.51	0.58	0.55	0.61
C/N		+	23.5	23.3	23.8	23.8	20.2	20.0	19.9	19.7	18.1	17.0
		-	22.3	22.5	24.9	23.8	18.9	20.6	19.4	16.9	18.2	16.9

*微細植物根は先端の尖ったピンセットで除去した。
Fine plant roots were removed by sharp tip pincette.

もしも、牛糞中の有機物が全く分解されず土壌に残存すると仮定すれば、100 t 10作跡地では全炭素42%となり、原土の4.96倍に、全窒素は2.6%と原土の6.4倍と算出される（原土の仮比重を第4表のごとく0.693とし表層下20 cm までに残留するとして計算）。

さらに単純計算を重ねると、5年間で500 t 牛糞を施用しても、その全炭素の約98%が消失したことに

なる。前記の分析値ならびに計算値から考察すると、元来、腐植化度の高い腐植に富む南九州の黒ボク土では牛糞の多量連用による土壌腐植（全炭素×1.724）の増加はほとんど期待し得ないと結論しうる。

100 t 区的全窒素も約92%が植物に吸収あるいは消失したと算出できる。100 t 区の牧草の窒素吸収量を年間100 kg と仮定しても、施用牛糞中の窒素の約16

第8表 無肥料栽培(1/5000aポット), 1作, 2作, 3作, 5作跡地土壌の全炭素, 全窒素及び炭素率の変化
Table 8. Changes of total carbon, nitrogen and carbon-nitrogen ratio of the soils after each crop without any fertilizer (1/5000a pot cultivation) (oven dry basis)

	原土 Original soil	Control	0 t							
			After				Start	After		
			1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop		1st crop	2nd crop	3rd crop
T-C	%	8.46	8.28	8.15	8.06	7.89	9.51	9.45	8.72	9.15
T-N	%	0.36	0.34	0.34	0.33	0.32	0.40	0.35	0.32	0.34
C/N		23.5	24.0	24.0	24.4	24.7	23.8	27.0	27.3	27.3

第9表 生牛糞連用5年10作後の土壌全炭素, 全窒素の増加割合並びにその後の無肥料栽培(1/5000aポット) 5作後の減少割合

Table 9. Increasing and decreasing ratio of total carbon and total nitrogen after the 10th crop with successive applications of fresh cow dung and after the 5th cultivation without any fertilizers

	Increasing		Decreasing	
	After 10th crop		After 5th crop	
	T-C %	T-N %	T-C %	T-N %
48 t	8.0	27.8	4.3	13.1
100 t	6.7	47.2	4.7	11.3

%が利用されたに過ぎず, 土壌に残留した約7.5%を差し引くと, 牛糞中の約76%が溶脱, 脱窒などにより消失したことになる。

無肥料連続栽培による土壌の窒素含量の減少割合は全炭素のそれよりも大きい, 施用時の増加割合よりも小である。

5. 土壌の粒径別画分中の炭素, 窒素の分布

第10表に示したように, 土壌有機物を全く分解せずに得られた粒径組成と, 常法により有機物を H_2O_2 で分解して得られたそれとはかなり異なり, <0.002 mm (以下粘土画分と記す) では, 有機物未分解試料(以下 Org. -Inorg. 試料と記す)の含量が多く, 0.02 ~ 0.002 mm (以下シルト画分と記す)でも, 明らかに Org. -Inorg. 試料の含量が多い。また, 100 t 区では, Org. -Inorg. 試料の粘土画分量が牛糞施用により増加し, 無肥料栽培により明らかに減少する。

第11表には, Org. -Inorg. 試料の各画分中の炭素・窒素含量と炭素率を, 第12表に各画分中の炭素・窒素の総量が土壌の全炭素, 全窒素に占める割合を示した。第12表の値の算出に用いた土壌の全炭素・全窒

第10表 土壌の粒径組成(土壌有機物を分解した場合, 未分解の場合)

Table 10. Particle size distribution of the soils with and without decomposition procedure of soil organic matter (1/5000a pot cultivation without fertilizer) (oven dry basis)

Decomposition of soil organic matter	size	+				-			
		Particle size distribution oven dry organic matter free basis				Separated only with H_2O oven dry basis			
		2-0.2mm %	0.2-0.02mm %	0.02-0.002mm %	<0.002mm %	2-0.2mm %	0.2-0.02mm %	0.02-0.002mm %	<0.002mm %
Control	Start	7.5	57.1	18.6	16.8	9.9	47.8	25.2	17.1
	After 5th crop	6.6	55.9	20.8	16.7	11.9	45.4	26.4	16.3
0 t	Start	7.0	54.1	18.7	20.2	11.6	51.7	22.5	14.2
	After 5th crop	6.8	51.7	21.3	20.2	13.2	47.9	23.2	15.7
48 t	Start	7.5	52.5	20.4	19.6	9.7	48.3	25.0	17.0
	After 5th crop	9.1	50.8	19.8	20.3	12.1	46.3	26.2	15.4
100 t	Start	7.2	50.3	19.6	22.9	13.2	44.3	22.2	20.3
	After 5th crop	7.8	53.6	19.8	18.8	11.9	44.6	25.0	18.5

5th crop	48 t					100 t				
	Start	After				Start	After			
		1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop		1st crop	2nd crop	3rd crop	5th crop
9.13	9.14	9.00	9.23	8.76	8.74	9.03	9.78	9.07	8.64	8.60
0.33	0.46	0.42	0.43	0.42	0.40	0.53	0.52	0.49	0.48	0.47
27.7	19.9	21.4	21.5	20.9	21.9	17.1	18.8	18.5	18.0	18.0

第11表 有機物未分解の各土壌画分の全炭素，全窒素及び炭素率

Table 11. Carbon, nitrogen content and carbon-nitrogen ratio of each fraction of the soils (1/5000a pot cultivation without fertilizer)

(oven dry basis)

Particle size		2-0.2mm			0.2-0.02mm			0.02-0.002mm			<0.002mm		
		T-C %	T-N %	C/N	T-C %	T-N %	C/N	T-C %	T-N %	C/N	T-C %	T-N %	C/N
		Control	Start	0.44	0.020	22.0	2.64	0.11	24.0	9.07	0.38	23.9	18.60
	After 5th crop	0.39	0.016	24.4	2.08	0.10	20.8	9.04	0.34	26.6	16.84	0.95	17.7
0 t	Start	1.35	0.046	29.4	4.54	0.15	30.3	10.63	0.45	23.6	18.80	1.03	18.3
	After 5th crop	0.29	0.010	29.0	3.88	0.11	35.3	10.42	0.39	26.7	19.67	1.07	18.0
48 t	Start	0.84	0.041	20.5	4.05	0.18	22.5	9.76	0.50	19.5	17.85	1.28	13.9
	After 5th crop	0.63	0.024	26.3	3.47	0.13	26.7	10.22	0.46	22.2	19.99	1.21	16.5
100 t	Start	1.29	0.060	21.5	3.71	0.20	18.6	9.95	0.53	18.8	19.28	1.40	13.8
	After 5th crop	1.30	0.048	27.1	2.37	0.11	21.5	10.24	0.53	19.3	17.96	1.29	13.9

第12表 各分画中の炭素，窒素の総量が土壌の全炭素，全窒素に占める割合

Table 12. Ratio of carbon and nitrogen in each fraction against the total carbon and nitrogen of the soils (1/5000a pot cultivation without fertilizer)

Particle size		2-0.2mm		0.2-0.02mm		0.02-0.002mm		<0.002mm	
		C %	N %	C %	N %	C %	N %	C %	N %
		Control	Start	0.6	0.6	18.6	15.8	33.8	28.7
	After 5th crop	0.7	0.6	15.1	15.2	38.1	30.0	46.1	54.2
0 t	Start	2.0	1.6	31.0	23.5	31.6	30.5	35.4	44.4
	After 5th crop	0.5	0.5	25.1	16.8	32.7	28.9	41.7	53.8
48 t	Start	1.0	0.8	26.1	20.2	32.5	28.9	40.4	50.0
	After 5th crop	1.0	0.8	21.6	17.1	35.9	29.1	41.5	53.0
100 t	Start	2.2	1.6	21.0	17.8	29.5	23.6	47.3	57.0
	After 5th crop	2.2	1.3	14.9	11.6	36.1	31.1	46.8	56.0

素は，第3表及び第6表に示した値ではなく，第10表と第11表から計算し合計した値である。さらに，この合計値を土壌全体として測定した値（第3表，第6表）との比較を第13表に示した。

第11表に見るごとく，全土壌試料いずれも粒径が小になるほど，炭素・窒素含量は高くなり，炭素率は粘土画分で明らかに小である。試験開始時（Start）と5作無肥料栽培跡地を比較すると，2，3の例外を除

いては、炭素・窒素含量は低下し、炭素率は大になっている。しかし、100 t 区では無肥料栽培5作後でも、炭素率は13.8⇒13.9とほとんど変化せず、全炭素も約18%、全窒素は1.3%であるゆえ、潜在的窒素地力はかなり高いと推察しうる。

供試黒ボク土の土壤全炭素の約45%、全窒素の約55%が、土壤の約18%のOrg.-Inorg.粘土画分中に含まれている。炭素・窒素の分布は、Org.-Inorg.粘土画分の量にも支配されるのであろうが、炭素率の小さい有機物の大部分はOrg.-Inorg.粘土画分中に含有されることは明らかである。

6. 土壤の全炭素、全窒素の定量に際しての微細植物根の除去について

微細植物根を可能な限りピンセットで除去した後土壤の全炭素・全窒素を定量した値と、蒸溜水のみで4画分に分離し、それぞれの炭素・窒素を定量し合計した値の比と、それぞれの炭素率を第13表に示した。Org.-Inorg.画分の分離に大量の蒸溜水を使用し、粘土画分以外は上澄液の透明な水(水溶性成分を含むかもしれぬ)をサイフォンオフするので、土壤の全炭素・全窒素定量時に除去されずに残った極めて細かな植

第13表 有機物未分解の各画分から計算した土壤の全炭素、全窒素の回収率並びに各画分より算出した土壤の炭素率と、土壤そのものを分析した土壤の炭素率の比較

Table 13. Recovery ratio of carbon and nitrogen, and comparison of calculated C/N by each fraction with C/N by determination of the soils
(1/5000a pot cultivation without fertilizer)

		Recovery ratio*1		C/N	
		C %	N %	of the soils	
Control	Start	80	93	20.3*2	23.5*3
	After 5th crop	79	94	20.9	24.7
0 t	Start	79	83	22.9	23.8
	After 5th crop	81	95	23.5	27.7
48 t	Start	82	94	17.3	19.9
	After 5th crop	85	93	20.1	21.9
100 t	Start	88	94	15.9	17.1
	After 5th crop	83	89	17.0	18.0

*1 Recovery ratio (sum of carbon and nitrogen content in each fraction against to total carbon and nitrogen of the soils).

*2 Calculate by C/N of each fraction.

*3 Calculate by T-C and T-N of the soils.

物根はほぼ完全に除去されたと見なしうる。Org.-Inorg.画分の全炭素および全窒素の回収率は、それぞれ平均約82%、92%であり、炭素率は各画分の実測値を計算して算出した値は、土壤そのもの実測値より得た値よりも明らかに小である。すなわち、本研究で供試した土壤の有機物の約18%が、窒素の約8%が、主として残留微細植物根に由来すると考え得る。

実際の農業では、前作、前々作等の残留植物根は土壤肥沃度に強く影響を与えるであろう。しかし、植物根と土壤をほぼ完全に分離してそれぞれの組成などを検討した研究報告は無いようである。第11, 12, 13表は、植物根を除いた土壤有機物、とくに易分解性有機物の動きを考察する場合の貴重な資料となるであろう。

考 察

1. 黒ボク土に対する牛糞の多量連用の肥効と土壤改良効果

単に、植物の生長との観点からみれば、牛糞の多量連用は明らかに肥効があり、牧草では100 t 施用しても濃度障害による牧草の生育障害は認められない。しかし、12 t 区以上の施用区では、牧草のNO₃-Nが0.4%以上になり、また牧草のK/Ca+Mg(当量比)が3、あるいは4となり、反すう家畜のグラスチタニーを惹起する可能性も考えられる。

尾形¹⁹⁾は、糞尿施用限界量は、糞尿を大量に施用しても、植物の生育、収量にマイナスを生じないと観点よりも、施用が作物の品質、収量に最大のプラス効果をもたらす観点から糞尿施用限界量を定めなければならないと述べている。

1975年9月に設定された“九州地域家畜ふん尿施用基準”により、畑地における飼料作物への牛糞尿の農地還元量は5 t/10 a/年と定められた。

土壤学的には牛糞多量連用により、添加有機物中の成分のほとんどが無機化し、無機化した成分の大部分は消失するが、有効態の窒素、リン酸は増加し、有効態となり易い有機態窒素は明らかに増加、集積し、塩基飽和度が高くなり、リン酸吸収係数は低下し、等電点も低下する、などの改良効果は明らかである。したがって、牛糞連用に際して、Base statusの不均衡是正、硝化抑制等を併せ実施すれば限界施用量は5 tよりも多い方がよいと推察しうる。

2. 黒ボク土に多量施用された生牛糞の残効

1/5000 a ポット無肥料栽培試験では、100 t 区も3作まで収量が高かったが、5作では明らかに標準区よりも低くなった。一方、現地圃場での残効試験^{13,14)}に

よれば、牛糞施用停止後の飼料作物の無窒素栽培（年平均 P_2O_5 : 25 kg, K_2O : 20 kg 施用）では、24, 48, 75, 100 t 区いずれも、12作目の夏作のローズグラスで三要素区より高い収量を示し、冬作では48 t 区以上の区で3作まで三要素区よりも高い。したがって、現地圃場での窒素の残効は、冬作で3作まで、夏作では12作以上継続していると考えうる。有効態 P_2O_5 は、100 t 無肥料3作跡地で、17.3 mg, 5作跡地でも10.9 mg であり現地試験100 t 無磷酸区12作（夏作）（収量指数198）跡の有効 P_2O_5 は10.7 mg である。したがって、本研究で行った土壌分析結果のみから判断すると、1/5000 a ポット試験における100 t 区の5作目からの収量低下は有効性 K_2O の減少などに基づくと考えたい。

要 約

鹿農試大隈支場の黒ボク・黒ニガ混合土圃場で、1972年から5年間行われた飼料作物に対する生牛糞連続単用試験地土壌の中、0 t, 48 t, 100 t 区の3作, 7作, 10作跡地土壌の理化学性の変化を調べた。次に、前記の5年間（0, 48, 100 t/10 a/年）生牛糞を連用した土壌を用い、1978年から3年間、夏作陸稲、冬作小麦の無肥料栽培（1/5000 a ポット）試験を行い、1, 2, 3, 5作跡地の化学性の変化を調べた。

以下に100 t 区について得られた結果を要約する（毎年100 t を5年10作連用した跡地土壌を100 t 10作と記し、その後、無肥料ポット栽培5作跡地土壌を100 t 無肥料5作と記す）。

1. 100 t 10作後で土壌有機物は7%しか増加せず、施用牛糞の全炭素の98%が消失する。また、100 t 無肥料5作後でも有機物は5%しか減少しない。

2. 100 t 10作後に土壌の全窒素は47%増加する。施用牛糞中の窒素の約7.5%が土壌に残留し、植物に吸収された分を差引くと約75%の窒素が消失する。100 t 無肥料5作後には全窒素は約11%が消失する。

3. 土壌の炭素率は100 t 10作で23.5から17.0と低下し、100 t 無肥料5作後に18.0と大になる。微細植物根がほぼ完全に除去された土壌試料では、100 t 10作で20.3から15.9へ100 t 無肥料5作後に17.0と変化した。

供試土の炭素の約47%、窒素の約55%が有機物未分解の <0.002 mm（粘土画分）中に存在し、その炭素率は100 t, 10作で17.4から13.8まで低下し、100 t 無肥料5作後でも13.9であり、窒素の残効期間はか

なり長いと推察しうる。

4. 100 t 10作後に CEC はわずかに増大し、置換性各塩基含量は明らかに多くなり、塩基飽和度は9%から55%に増大する。100 t 無肥料5作後でも塩基飽和度は55%から47%へとわずかしこ低下しない。各塩基含量の低下様相は著しく異なる。Ca は5作無肥料によりほとんど低下しない。Mg は各作毎に漸減する。K は100 t 10作で0.22 me/100 g が2.59 me/100 g に増加するが、無肥料2作後には0.18, 5作後には0.04 me と急減する。

5. 有効性磷酸は100 t 10作で1.3→43.4と増加し、100 t 5作後でも10.9とかなり高い値を示す。磷酸の残効もかなり長いことを示唆している。

6. 磷酸吸収係数、等電点は100 t 10作後には(2525, 3.40) から(1592, 2.76) に低下し、100 t 無肥料5作後では(2182, 3.02) と変化した。

7. 仮比重は100 t 10作で0.695から、0.605と変化し、固相率も低下し、透水係数も小になった。

8. 無肥料ポット（1/5000 a）試験では、毎年100 t 5作連用した生牛糞の残効は3作で終わった。しかし、土壌肥沃度の観点からみると、ポット試験における残効期間が短いことは、主として有効態加里の欠乏に起因すると考えられる。したがって、現地の圃場試験では、潜在的窒素地力、有効磷酸、置換性 Ca, 低下した等電点と磷酸吸収係数の残効はかなり長期間続くと考え得る。

謝辞 土壌の物理性を測定して頂いた農地工学研究室難波直彦教授、若松千秋助手に深甚なる謝意を表す。また、牛糞施用過程における試料採取、並びに研究遂行に助言を賜った鹿児島県農業試験場土壌肥料部前部長窪田広氏に深謝する。さらに教室職員として協力して頂いた佐野貴子氏、治田広子氏並びに学部学生あるいは大学院生として助力して頂いた中村信幸、内村仁幸、大島賢明の諸氏に感謝する。

文 献

- 1) 橋元秀教：地力と有機物。日本草地学会九州支部会報，第5巻，第1号，28-37（1974）
- 2) 橋元秀教：家畜ふん尿の大量連続施用における問題点。畜産の研究，30，199-204（1976）
- 3) 伊東祐二郎・塩崎尚郎・橋元秀教：多腐植黒ボク土の畑地における牛ふん尿肥の大量連用と土壌の肥沃性。九農試報告，22(2)，259-320（1982）
- 4) 鹿児島県農業試験場：きゅう肥多施土壌における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究。昭和48年度春夏作試験成績書（土壌肥料），1-33（昭和49年3月）
- 5) 鹿児島県農業試験場：きゅう肥多施土壌における

- 作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和48年度秋冬作試験成績書(土壤肥料), 32-94 (昭和49年9月)
- 6) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和49年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 75-127 (昭和50年3月)
- 7) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和50年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 31-56 (昭和51年3月)
- 8) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和50年度秋冬作試験成績書(土壤肥料), 85-121 (昭和51年10月)
- 9) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和51年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 77-114 (昭和52年3月)
- 10) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和51年度秋冬作試験成績書(土壤肥料), 142-168 (昭和52年11月)
- 11) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和52年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 62-88 (昭和53年2月)
- 12) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和52年度秋冬作試験成績書(土壤肥料), 72-91 (昭和53年10月)
- 13) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における作物の生理生態と有機物施用の必要性に関する研究. 昭和53年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 66-96 (昭和54年2月)
- 14) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における生産力に関する試験. 昭和53年度秋冬作試験成績書(土壤肥料), 147-165 (昭和54年9月)
- 15) 鹿児島県農業試験場: きゅう肥多施土壤における生産力に関する試験. 昭和58年度春夏作試験成績書(土壤肥料), 164-172 (昭和59年3月)
- 16) 九州地域技術連絡会議事務局(九州農業試験場): 家畜排泄物の処理と利用をめぐって(家畜ふん尿処理・利用研究会議議事要旨), 1-36 (1983)
- 17) 九州農業試験場: 九州における土壤診断基準(1978)
- 18) 農林水産技術会議事務局編: “家畜ふん尿及びその処理物の土壤還元に関する試験研究の既往成果” 集録, 1-840 (1975)
- 19) 尾形保: 家畜排泄物の土壤還元利用(1). 畜産の研究, 30, 195-198 (1976)
- 20) 植木健至・品川昭夫: 南九州の黒ボク土に多量施用された生牛糞の残効について一陸稲の地上部及び根の生育様相の変化一. 鹿大農学術報告, 34, 1-7 (1984)
- 21) Umetsu, K.: *Beitrage zur Elektroendosmose durch Kolefilter*, *Biochem. Zeitschr.*, Bd. 135, Heft. 416, 412-479 (1923)

Summary

From 1972 to 1977, Kagoshima Agricultural Experiment Station carried out the cultivation experiment of forage crops (winter-Italian rye grass, summer-Sorgham) to elucidate the fertilizer efficiency of the successive applications of fresh cow dung. The dung was applied to the black volcanic ash soil (Andosols) for five years (0t, 48t, 100t/10a/year) (10th crop).

Then, for the succeeding three years, the pot (1/5000a) cultivation experiments of upland rice (in summer) and of wheat (in winter) were carried out by the authors with no fertilizer applied. The soils used were those in which the above-mentioned 10th crop was cultivated with the successive applications of fresh cow dung (0t, 48t, 100t) and the original soil, they were taken on October 13 in 1977,

Mainly the changes of chemical properties in the soils were examined after the 3rd, 7th and 10th crop during the successive applications of cow dung, and then those were examined after the 1st, 2nd, 3rd and 5th crop in the period in which no fertilizer was applied,

Hereafter, the soils after 10th crop during the applications of cow dung are called “soils after the 10th crop” and the soils after the 5th crop during no fertilizer cultivation are called “soils after 5th crop”.

The obtained results about the changes of chemical properties of 100t soil (100t of fresh cow dung was applied) were summarized as follows:

1. The increase of soil organic matter was only 7% after the 10th crop. According to the calculation of the content of organic matter in soils and in cow dungs, 98% of the carbon in cow dungs was lost in 5 years. Whereas, the decrease of soil organic matter was 5% after the 5th crop.

2. The increase of soil nitrogen was about 47% after the 10th crop and the decrease of it was 11% after the 5th crop. During the application period of cow dung, 75% of the nitrogen in the cow dung was lost, and 7.5% of it remained in the soil.

3. After the 10th crop, the carbon-nitrogen ratio of soil was changed from 23.0 to 17.0 and after the succeeding 5th crop, to 18.0.

For the soil the fine plant roots of which were almost completely removed, the value of carbon-nitrogen ratio of the soils changed to 20.3 (original-soil), 15.9 (after the 10th crop) and 17.0 (after the 5th crop) compared with above-mentioned values.

About 47% of soil carbon and 55% of nitrogen were contained in <0.002 mm soil fraction separated only with H_2O , and without applying any decomposition procedure of soil organic matter.

Carbon-nitrogen ratio of above-mentioned <0.002 mm soil fraction changed from 17.4 (original soil) to 13.8 (after the 10th crop) and to 13.9 (after the succeeding 5th crop). Therefore, the residual effects, especially the hidden effects of nitrogen in the excessive applications of cow dung, remained considerable after the 5th crop with no fertilizer applied.

4. After the 10th crop, CEC of the soils became slightly higher. Base saturation degree was clearly higher (9% to 55%) and it was slightly lower (55% to 47%) after the succeeding 5th crop.

Content of exchangeable Ca, Mg, K and Na became clearly higher after the 10th crop, respectively. But after the 5th crop, the decreasing degree of each cation was varied owing to the kind of cation. Ca decreased scarcely, Mg decreased gradually and K decreased rapidly (2.59 me/100 g to 0.18 after the 2nd, 0.04 after the 5th crop).

5. Available P_2O_5 in original soil increased from 1.3 mg/100 g to 43.4 after the 10th crop, and decreased to 10.9 after the 5th crop. It was assumed that the residual effective period of available P_2O_5 depending on the excessive applications of dung was longer, compared with K.

6. Phosphoric acid absorption coefficient and iso-electric-point became smaller after the 10th crop from (2525, 3.40) to (1592, 2.76) and then became larger after the 5th crop (2182, 3.02).

7. After the 10th crop, bulk density, solid phase percent and coefficient of permeability changed from (0.695, 29.16, 2.42×10^{-3} cm/sec) to (0.605, 27.38, 2.97×10^{-2} cm/sec).

8. In the case of the pot (1/5000a) cultivation experiment, the duration of residual effect of the successive and excessive applications of fresh cow dung was relatively short (ending about the 3rd crop), but from the standpoint of soil fertility, the decrease in the plant yield presumed to be mainly due to the deficiency of available potassium.

On the other hand, in the field cultivation experiment, comparatively longer duration of the residual effectiveness was assumed about the following items, namely, accumulation of hidden nitrogen, of available P_2O_5 , and of exchangeable Ca, and the decreasing of phosphoric acid absorption coefficient and of iso-electric-point.