

家畜ふん堆肥中植物栄養元素の作物生育における有効性

樗木 直也・原 加奈子・堀口 毅

(植物栄養・肥料学研究室)

平成11年8月10日 受理

Availability of Nutrients in Animal Waste Composts for the Growth of Crops

Naoyo CHISHAKI, Kanako HARA and Tsuyoshi HORIGUCHI

(Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer)

緒 言

従来堆きゅう肥は、地力窒素の富化や土壌物理性の改善効果を期待して、土作りのためには場に投入されてきた。しかし堆きゅう肥は、多種類の植物栄養元素を含んでおり、それらの作物への供給源としても当然期待できるはずである²⁾。一方、一口に堆きゅう肥と言っても、その成分はその材料によって大きく異なることは、多くの調査・研究によって明らかになっている^{16, 17)}。例えば一般的にいて、採卵鶏のふんを材料としたものはカルシウムの含有量が多い。植物の養分吸収はその元素の多寡ばかりでなく、K 過剰による Mg の吸収阻害¹⁸⁾ のように共存する元素によっても影響を受ける。従って堆きゅう肥の種類によって、作物への栄養元素の供給特性は異なるものと考えられるが、この点について検討した研究はほとんどない。

一方最近、健康と食物への関心の高まりに伴い、有機農産物・有機農業が脚光を浴びている。化学肥料を使わない有機農業を展開していくためには、堆きゅう肥の特性を理解し、有効に利用していくことは不可欠である。また他方では、畜産の盛んな南九州では家畜ふん尿の積極的な利用が課題となっており、堆きゅう肥のブレンド・ペレット化等の高品質

化が検討されているが⁹⁾、そのためにも堆きゅう肥の肥料的特性を知ることは重要である。

本研究の目的は、従来あまり注目されてこなかった堆きゅう肥の窒素以外の植物栄養元素に着目し、それらの作物への供給特性を明らかにすることである。そこで有機栽培を想定し、豚ふん・牛ふん・鶏ふんを材料に作られた堆肥だけを施用してダイズ (*Glycine max* Merr.) とホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L.) を栽培し、作物のこれ等堆肥からの栄養元素吸収量を比較して、各堆肥の栄養元素の供給特性について検討した。

材料と方法

1. 家畜ふん堆肥中無機栄養元素の夏ダイズに対する供給特性

供試したのは、鹿児島県農業試験場土壌肥料部より提供していただいた豚ふん堆肥・牛ふん堆肥・鶏ふん堆肥で、「新機能性有機質肥料開発事業」で使用しているものである。その元素の含有率を、Table 1. に示した。

栽培は1/5000aワグネルポットを用いて行った。対照区には施肥量が1 haあたり N: 50kg, P: 65.5 kg, K: 82.7kg, Ca: 210kg, Mg: 30kgとなるように硫酸アンモニウム、リン酸二水素カリウム、炭酸

Table 1. Nutrient contents of animal waste composts
($\times 10 \text{ g kg}^{-1}$ F.W.)

	N	P	K	Ca	Mg
Swine	4.31	2.68	2.42	4.02	1.10
Cattle	1.27	0.76	2.07	0.74	0.41
Poultry	2.69	2.12	3.56	5.60	0.85

カルシウム、硫酸マグネシウムを施用した。一方、炭酸カルシウムを施用しない -Ca 区を設けた。各堆肥区は、肥料としては堆肥のみで栽培した。生育をそろえるため、肥効率を豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥で0.5、牛ふん堆肥で0.2と想定して、各堆肥から1 haあたり50kgのNが供給されるようにTable 2. に示した量を施用した。その際堆肥によって投入された無機元素の量をTable 2. に示した。土壌は鹿児島県農業試験場のシラス畑の土壌を、1ポットあたり4.2kg詰めた。各試験区は、4反復とした。

品種としてはオリヒメを使用した。1998年6月2日に、ろ紙上で発芽した種子を1ポットあたり3粒播種した。1週間後間引きをし、1ポット1本立ちとした。土壌表面が乾く都度、適宜イオン交換水をかん水した。

開花が始まった7月9日と子実が肥大した8月5日に、植物体を収穫した。根粒のアセチレン還元能を測定するため、地際から地上部と根を切断し、水道水で洗浄し、湿らせたろ紙を入れた500ml容の三角フラスコに入れ、ガス採取用キャップ付きガラス管を付けたシリコン栓で密封した。フラスコ内の空気をアスピレーターで排気し、容積の約10%のアセチレンを注入し、1気圧になるまで空気を吸い込ませた。28℃の恒温室で2～4時間反応させた後、フラスコ内の空気を0.2～1ml採取し、ガスクロマトグラフでエチレンを定量し、アセチレン還元能を測定した。その後、株あたりの根粒の個数と風乾重を測定した。

地上部は葉と茎（8月5日は子実も）に分け、通風乾燥機で乾燥し、風乾重を測定し、粉碎した。Nの定量はサリチル硫酸分解法⁷⁾を用いた。硝酸と過塩素酸による湿式灰化法¹⁾で分解し、K・Ca・Mgは原子吸光法で、Pはバナドモリブデン酸法¹¹⁾で定量した。

ポットの土壌は2mmの篩を通して風乾し、常法に

従ってpH、電気伝導度(EC)、ハーパー法³⁾によってアンモニア態・硝酸態窒素、シェーレンベルガー法⁵⁾によって陽イオン交換容量(CEC)、交換性Ca・Mg・K、およびトルオーグ法¹⁰⁾によって有効態リン酸を定量した。

2. 家畜ふん堆肥中無機栄養元素のホウレンソウに対する供給特性と微生物資材施用の影響

栽培は1/5000aワグネルポットを用いて行った。対照区には施肥量が1 haあたりN:100kg, P:65.5kg, K:165kg, Ca:340kg, Mg:50kgとなるように硫酸アンモニウム、リン酸二水素カリウム、炭酸カルシウム、硫酸マグネシウムを施用した。供試した堆肥は、前記1.で使ったものと同じである。各堆肥区は、肥料としては堆肥のみで栽培した。生育をそろえるため、肥効率を鶏ふん堆肥で0.6、牛ふん堆肥で0.3として各堆肥から1 haあたり100kgのNが供給されるようにTable 3. に示した量を施用した。その時に堆肥によって投入された無機元素の量はTable 3. に示した。また根の成長を促進し、堆肥中の無機元素の吸収を促進するという微生物資材(片倉チッカリン:ピオリザー)を1 haあたり200kgと1000kg、各堆肥と併用した区を設けた。土壌は前記1.で使ったものと同じである。各試験区は、4反復とした。

品種としてはアトラスを使用した。1998年10月24日に、一昼夜流水に浸漬した種子を1ポットあたり20粒播種した。10日後間引きをし、1ポット5株とした。土壌表面が乾く都度、適宜イオン交換水をかん水した。

12月28日、植物体を収穫した。地際より地上部と根に分け、根は水道水でよく洗い、交換水ですすいで水を切った。植物体の無機元素の含有量および栽培後のポットの土壌を、前記1.と同様に分析した。

Table 2. Amounts of nutrients applied from composts

Treatment	Compost* ²	N	P	K	Ca	Mg
Control* ¹		50	66	83	210	30
Swine	2318	100	62	56	93	26
Cattle	19748	250	150	409	145	82
Poultry	3716	100	79	132	208	32
-Ca* ¹		50	66	83		30

*¹ Applied by fertilizers. *² Fresh weights.

結 果

1. 家畜ふん堆肥中無機栄養元素の夏ダイズに対する供給特性

Table 4. にダイズ開花期の土壌の化学性を示した。堆肥を施用した区では、炭酸カルシウムを施用した対照区と同等に、pH が上昇していた。CEC は、牛ふん堆肥区が他の区よりも大きくなった。交換性陽イオンの含量は、ほぼ各区の投入量の大小を反映しており、特に施用量が多く、投入量も他の区の3~7倍となった牛ふん堆肥区の交換性K含量は、他の区の約2倍となった。有効態Pの含量も、ほぼ各区の投入量の大小を反映していた。

Table 5. に、開花期夏ダイズの根粒着生状況とアセチレン還元活性の測定結果を示した。牛ふん堆肥区は他の区と比べて一株あたりの根粒風乾重が小さく、株あたり・単位根重あたりアセチレン還元活性が低かった。このことは牛ふん堆肥区では、重さの重い充実した根粒の着生が少なく、根粒のアセチレン還元活性も低く、その結果個体全体としてもアセチレン還元活性が低いことを示している。

Fig.1. に、開花期夏ダイズの地上部元素含有量を示した。これは収穫した時点までの元素の吸収量を反映しているものと考えられる。牛ふん堆肥区では土壌中の交換性Kの含量を反映して、Kの吸収量が他の区より多かった。堆きゅう肥を施用した区

Table 3. Amounts of nutrients applied from composts and microbial material (M.M.)*¹

(kg ha⁻¹)

Treatment	Compost* ³	Microbial material* ³	N	P	K	Ca	Mg
Control* ²			100	66	165	340	50
Cattle	26330		333	200	546	194	109
Cattle + Microbial material	26330	200	339	206	546	194	109
Cattle + Large amount of M. M.	26330	1000	363	230	546	194	109
Poultry	6193	200	167	132	220	347	53
Poultry + Microbial material	6193	1000	173	138	220	347	53
Poultry + Large amount of M. M.	6193		197	162	220	347	53
-Ca* ²			100	66	165		50

*¹ The microbial material contained 30 g kg⁻¹ of nitrogen and 30 g kg⁻¹ of phosphorus.

*² Applied by fertilizers. *³ Fresh weights.

Table 4. Chemical properties of treated soils at flowering stage of soybean

Treatment	pH	EC (dSm ⁻¹)	Inorganic NH ₄	N (mgkg ⁻¹) NO ₃	Exchangeable Ca	cation Mg	(cmolkg ⁻¹) K	CEC (cmol(+)kg ⁻¹)	Available P (mgkg ⁻¹)
Control	5.38 ^{bc}	0.12 ^a	1.4	24.1 ^{ab}	2.08 ^a	0.30 ^c	0.34 ^c	10.08 ^{bc}	190 ^{bc}
Swine	5.39 ^{ab}	0.04 ^c	1.7	12.5 ^c	1.72 ^d	0.28 ^d	0.31 ^c	10.02 ^c	173 ^c
Cattle	5.30 ^c	0.09 ^b	2.1	31.1 ^{ab}	1.80 ^c	0.46 ^a	0.70 ^a	10.69 ^a	253 ^a
Poultry	5.47 ^{ab}	0.05 ^c	2.3	16.0 ^{bc}	1.97 ^b	0.30 ^b	0.38 ^b	10.34 ^{bc}	212 ^{bc}
-Ca	4.98 ^d	0.10 ^b	1.5	25.7 ^{ab}	1.67 ^e	0.29 ^c	0.34 ^c	10.22 ^{bc}	183 ^c

Values within a vertical column not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at P=0.05
Values without a letter did not differ.

では化学肥料を施用した対照区・-Ca区より、CaとMg吸収量が少ない傾向があった。Table 6. に、収穫時の土壌化学性と植付け前との差を示した。収穫時の値から植付け前の値を差し引いており、マイナスはその値が減少したことを示している。交換性Caの栽培期間中の変化は、堆肥を施用した区で

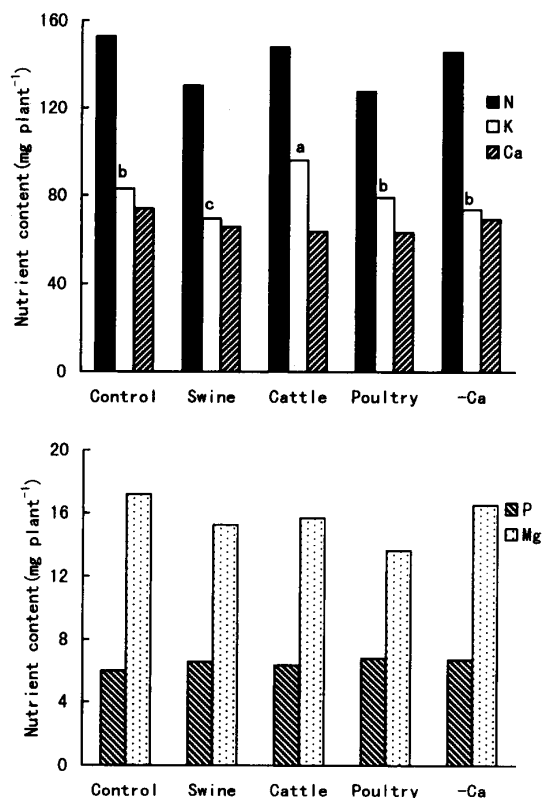


Fig.1. Contents of nutrient elements of aerial part of soybean at flowering stage. Bars not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at $P=0.05$. Bars without letter did not differ.

は対照区より小さくなっており、特に鶏ふん堆肥区では小さかった。交換性Mgの変化は、豚ふん堆肥区と鶏ふん堆肥区で対照区より小さかった。

2. 家畜ふん堆肥中無機栄養元素のホウレンソウに対する供給特性と微生物資材施用の影響

Fig.2. にホウレンソウの地上部乾物重と元素含有量を示した。鶏ふん堆肥を施用した区は外観からも葉色が薄く、地上部乾物重も他の区と比べて小さく生育が悪かった。データは示していないが、N含有率が低くN欠乏の状態であったと考えられる。気温の低下する秋冬期の栽培であったため、0.6という肥効率の設定は高すぎたものと思われる。生育が悪かったために鶏ふん堆肥を施用した区では、すべての元素の含有量が他の区に比べて少なかった。

牛ふん堆肥を併用した区においても鶏ふん堆肥を併用した区においても、微生物資材の施用によって生育が良くなる傾向があった。(Fig.2) これは微生物資材が含むNの効果で、他の元素吸収についてははっきりした傾向はみられなかった。牛ふん堆肥を施用した区では、化学肥料を施用した区に比べて地上部のCa含有量が少なかった。牛ふん堆肥を施用した区では、Kの施用量が多いことに伴って作物体のK吸収量も多い傾向が見られた。(Fig.2)

Table 7. に、収穫時の土壌化学性と植付け前との差を示した。収穫時の値から植付け前の値を差し引いており、マイナスはその値が減少したことを示している。牛ふん堆肥を施用した区では、化学肥料を施用した区に比べて交換性Kと有効態P含量の減少量が大きかった。

Table 5. Numbers, weights and activities of the nodules on soybean root in treated soils

Treatment	Number plant ⁻¹	Weight mg plant ⁻¹	Ethylene production	
			μ mol h ⁻¹ plant ⁻¹	μ mol h ⁻¹ mg ⁻¹
Control	30.0	34.1 ^{ab}	3.94 ^a	0.11 ^a
Swine	28.5	47.7 ^a	6.59 ^a	0.15 ^a
Cattle	22.5	15.8 ^b	0.83 ^b	0.06 ^b
Poultry	29.0	44.0 ^a	4.42 ^a	0.12 ^a
-Ca	17.5	33.5 ^{ab}	4.84 ^a	0.14 ^a

Values within a vertical column not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at $P=0.05$

Values without a letter did not differ.

Table 6. Changes in chemical properties of treated soils during the growth of soybean

Treatment	pH	EC (dSm ⁻¹)	Inorganic NH ₄	N (mgkg ⁻¹) NO ₃	Exchangeable Ca	cation Mg	(cmolkg ⁻¹) K	CEC (cmol(+)kg ⁻¹)	Available P (mgkg ⁻¹)
Control	0.19 ^a	-0.08 ^b	0.3 ^{ab}	-34.3	-0.19 ^a	-0.04 ^a	-0.07 ^b	0.02	66 ^d
Swine	0.36 ^c	-0.09 ^b	-0.1 ^a	-35.2	-0.06 ^{bc}	-0.03 ^b	-0.05 ^b	-0.06	-10 ^b
Cattle	0.27 ^{ab}	-0.10 ^a	1.2 ^{bc}	-38.6	-0.09 ^b	-0.04 ^a	-0.13 ^a	0.02	-69 ^a
Poultry	0.32 ^{bc}	-0.08 ^b	1.6 ^c	-27.1	0.00 ^d	-0.02 ^c	-0.07 ^b	0.21	27 ^c
-Ca	0.26 ^{ab}	-0.09 ^b	0.2 ^a	-32.7	-0.04 ^a	-0.03 ^{ab}	-0.05 ^b	0.05	7 ^{bc}

Values were obtained by subtraction the values of chemical properties before seeding from these at flowering stage.
 Values within a vertical column not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at P=0.05
 Values without a letter did not differ.

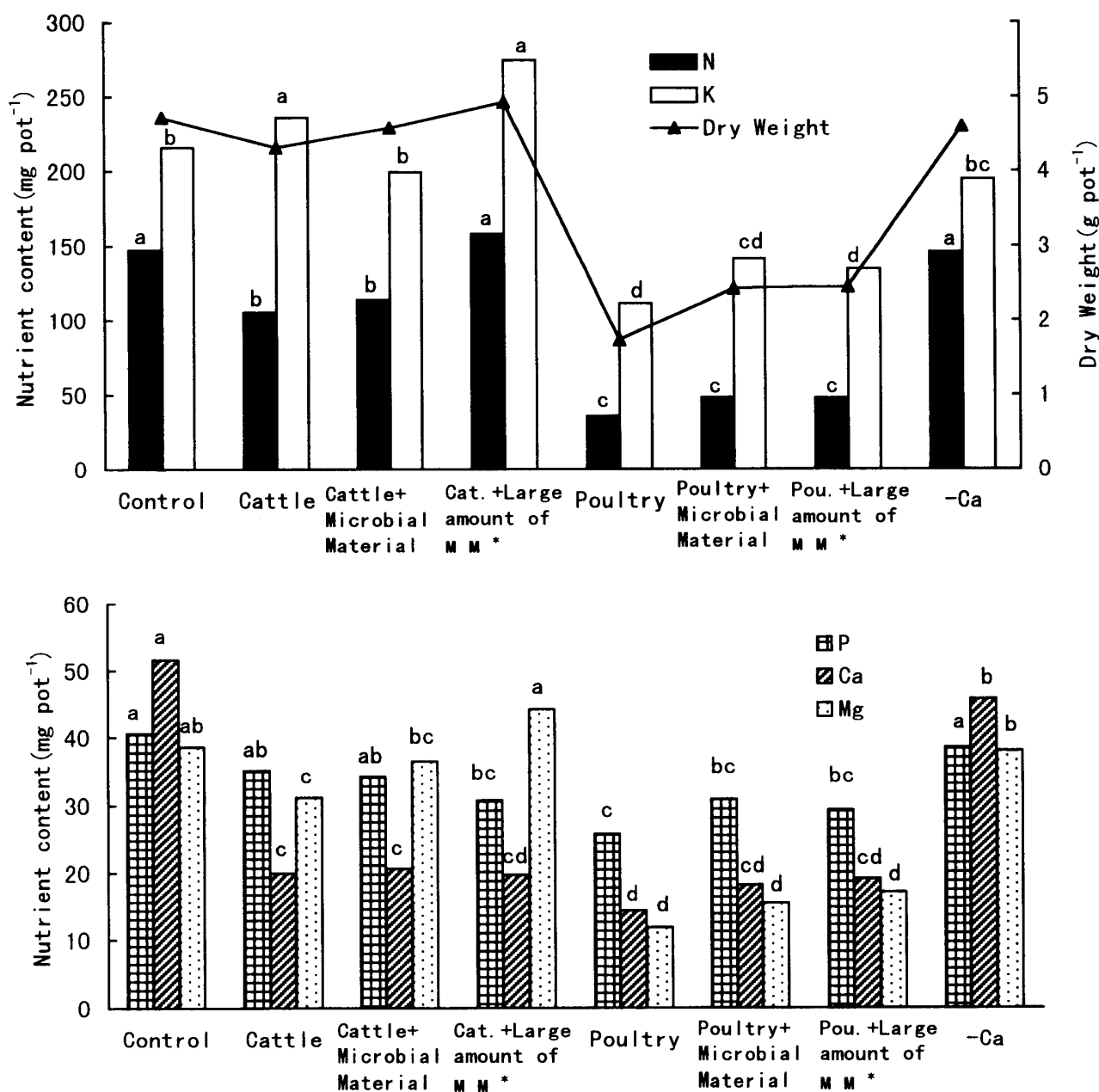


Fig.2. Contents of nutrient elements of aerial part of spinach at harvest.
 Bars not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at P=0.05.
 Bars without letter did not differ.
 M.M.* is the abbreviation of microbial material.

Table 7. Changes in chemical properties of treated soils during the growth of spinach

Treatment	pH	EC (dSm ⁻¹)	Inorganic NH ₄	N (mgkg ⁻¹) NO ₃	Exchangeable Ca	cation Mg	(cmolkg ⁻¹) K	CEC (cmol(+)kg ⁻¹)	Available P (mgkg ⁻¹)
Control	0.33 ^a	-0.12 ^d	-1.4	-67.2 ^c	0.05 ^{abc}	-0.09 ^b	-0.28 ^c	0.01 ^c	-13 ^d
Cattle	0.46 ^b	-0.12 ^{cd}	-1.1	-65.8 ^c	-0.04 ^{cd}	-0.07 ^c	-0.42 ^b	-0.10 ^{bc}	-54 ^c
Cattle + Microbial material	0.51 ^b	-0.14 ^b	-0.5	-69.7 ^c	-0.03 ^{bcd}	-0.09 ^b	-0.44 ^b	-0.27 ^{ab}	-82 ^b
Cattle + Large amount of M. M.*	0.49 ^b	-0.15 ^a	-1.3	-83.8 ^a	-0.11 ^a	-0.13 ^a	-0.51 ^a	-0.32 ^{ab}	-129 ^a
Poultry	0.30 ^a	-0.05 ^a	-0.5	-31.9 ^f	-0.03 ^d	-0.04 ^d	-0.21 ^a	-0.41 ^a	-9 ^d
Poultry + Microbial material	0.32 ^a	-0.06 ^f	-1.1	-35.1 ^e	-0.08 ^{ab}	-0.07 ^c	-0.24 ^{ab}	-0.12 ^{bc}	-20 ^d
Poultry + Large amount of M. M.*	0.36 ^a	-0.08 ^e	-0.5	-43.6 ^d	-0.05 ^{bcd}	-0.07 ^c	-0.24 ^a	-0.31 ^{ab}	-9 ^d
-Ca	0.32 ^a	-0.13 ^c	-0.5	-73.1 ^b	-0.12 ^a	-0.12 ^a	-0.22 ^{ab}	0.37 ^d	-20 ^d

Values were obtained by subtraction the values of chemical properties before seeding from these at harvest.

Values within a vertical column not sharing a common letter differed significantly when separated by LSD at P=0.05

Values without a letter did not differ.

*M.M. is the abbreviation of microbial material.

考 察

牛ふんを材料とした堆肥を連用すると作物体の Ca 含有率が低下する現象はハウス栽培トマト^{12, 13)}や飼料用トウモロコシ・イタリアンライグラス⁴⁾等で報告されており、トウモロコシでは Ca 欠乏症の発生も観察されている。これらの現象の原因は K を多量に投入することによる、K 吸収との拮抗による Ca 吸収の低下によると考えられている。ダイズやハウレンソウにおいて見られた、牛ふん堆肥施用区が対照区より Ca 含有量が少なかったことは (Fig.1., Fig.2.)、牛ふん堆肥区の交換性 K 含量や植物体の K 含有量が対照区と比べて多いことから、やはり K 吸収との拮抗が原因と考えられる。しかし豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥を施用した場合の Ca 含有量の減少は、交換性 K 含量や植物体の K 含有量に対照区と差がないことから、K 吸収との拮抗とは考えられない。

木下等はおがくず混合豚ふん堆肥を施用したタマネギにおいても Ca 吸収量の減少を観察し、有機物の土壌施用に伴い増加した土壌の負荷電は特に Ca を強く吸着することを見出し、土壌溶液中の Ca 濃度が低下することが原因であろうとしている⁶⁾。しかし今回の実験では、豚ふん堆肥区、鶏ふん堆肥区

ともに CEC の増加がほとんどなく、Ca 含有量の減少に土壌の有機物に由来する負電荷が関係しているかどうかは明かではない。

堆肥施用が作物の Ca 吸収に有効でない原因として、堆肥中の Ca の形態も考慮する必要があるかも知れない。今回使用した豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥は P の含有率が比較的高い。Ca のリン酸塩は溶解度が低いことから、水溶性のリン酸の存在が土壌溶液中の Ca 濃度を低下させる可能性がある。Lu 等は、鶏ふんを施用してキャベツを栽培した後の土壌では、水溶性の Ca・Mg・P が減少し、pH の上昇による沈殿生成が原因ではないかと推測している⁸⁾。堆きゅう肥中の栄養元素の存在形態については知見が少なく、今後検討すべき課題であろう。

土壌中の化合窒素濃度が高いと根粒の着生が抑制され¹⁵⁾、特に硝酸態窒素はダイズにおいて根粒の肥大を強く抑制し、窒素固定能も低くなることが知られている¹⁴⁾。夏ダイズの開花期において、牛ふん堆肥区では他の区より土壌中の硝酸態窒素含量が高く (Table 4.)、そのために根粒の着生、特に一株あたりの根粒重が小さく (Table 5.) 根粒の肥大が悪いことを示しており、窒素固定活性が低くなっているものと思われる。有機農産物を生産するため化学肥料を使わず堆きゅう肥のみで栽培しようとする場合、

窒素の含有率が低く肥効率も低い牛ふん堆肥の場合施用量が非常に多くなる。牛ふん堆肥中の無機態窒素はほとんど硝酸態であり²⁾、牛ふん堆肥の施用量が多くなると、土壌中の硝酸態窒素濃度が高くなりマメ科作物の窒素固定能が低下する可能性がある。また元素の投入量も多くなり、特に土壌中の交換性K含量が非常に高くなり、土壌中の交換性塩基量がアンバランスになる可能性もある⁴⁾。また牛ふん堆肥を施用した区では、植物のK吸収量も大きくなることから (Fig.1, Fig.2.)、養分吸収の拮抗によるCaやMgの欠乏が起こり易くなる可能性もある。これらのことは有機農業において牛ふん堆肥を使用する場合、留意すべき点であると考えられる。

要 約

家畜ふんを材料とした堆肥中の窒素以外の栄養元素の作物への供給特性を明らかにするために、肥料として豚ふん堆肥、牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥のみを施用してダイズとホウレンソウを栽培し、作物の栄養元素含有量と土壌化学性の変化を検討した。

ダイズ、ホウレンソウにおいて牛ふん堆肥区では対照区に比べ、K含有量が多くCa含有量が少なかった。土壌交換性K含量も高く、K吸収の増加によるCa吸収の拮抗的な阻害がみられた。

豚ふん堆肥区、鶏ふん堆肥区では、ダイズのCa・Mg含有量が対照区より少なかった。K含有量は少なく土壌交換性Kにも差がないことから吸収の拮抗ではなく、堆肥中のCaの形態などが吸収量が少ない原因ではないかと思われた。牛ふん堆肥区では、土壌中の硝酸態窒素含量が多く、根粒の着生やアセチレン還元活性が抑制された。

謝辞：ダイズのアセチレン還元活性の測定にあたって便宜を図っていただいた、鹿児島大学理学部生命機能講座の東四郎教授、阿部美紀子教授、内海俊樹助教授に感謝いたします。

文 献

- 1) 後藤重義：灰化法，植物栄養実験法編集委員会編，植物栄養実験法. p.125-128, 博友社，東京（1990）
- 2) Harada, Y.: Composting and land application of animal wastes. *Asian-Australasian J. Animal Sci.*, 5, 113-121 (1992)
- 3) 日高伸：窒素，土壌環境分析法編集委員会編，土壌環境分析法. p.231-255, 博友社，東京（1997）
- 4) 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, 22, 259-320 (1982)
- 5) 亀和田國彦：土壌交換能 (CEC, AEC), 交換性陽イオン・陰イオン，土壌環境分析法編集委員会編，土壌環境分析法. p.208-222, 博友社，東京（1997）
- 6) 木下忠孝・浅野峯男・有澤道雄・稲垣育雄：野菜に対するおがくず混合家畜ふん堆肥の利用に関する研究（第3報）堆肥の施用量が土壌の塩基組成に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 12, 171-176 (1980)
- 7) 木内知美：全窒素，作物分析法委員会編，栄養診断のための栽培植物分析測定法. p.63-69, 養賢堂，東京（1975）
- 8) Lu, Ningping and Edwards, J. H.: Poultry litter quantity influences collard growth in pots and affects cabbage growth and nutrient uptake. *HortScience*, 29, 1143-1148 (1994)
- 9) 松元順：畜産集中地域における家畜ふん尿処理・利用の現状と展望. 土肥誌, 70, 487-492 (1999)
- 10) 南條正巳：可給態リン酸，土壌環境分析法編集委員会編，土壌環境分析法. p.267-273, 博友社，東京（1997）
- 11) 岡部達雄：りん，作物分析法委員会編，栄養診断のための栽培植物分析測定法. p.69-73, 養賢堂，東京（1975）
- 12) 大西成長・吉田光二・佳山良正：施設栽培における厩肥連用が土壌の化学性に及ぼす影響. 土肥誌, 55, 311-315 (1984)
- 13) 大西成長・吉田光二・佳山良正：施設栽培における厩肥連用が土壌溶液および溶脱水に及ぼす影響. 土肥誌, 55, 316-320 (1984)
- 14) 大山卓爾：ダイズにおける硝酸の吸収代謝と窒素固定. 化学と生物, 29, 433-443 (1991)
- 15) 田中明・斎藤豊：根箱を用いたダイズに対する窒素肥料施肥位置の研究. 土肥誌, 52, 469-474 (1981)
- 16) 宇田川義夫・上村幸廣・吉留昭夫：鹿児島県内の“堆肥センター”において生産されるきゅう肥の化学的特性. 鹿児島農試研報, 13, 61-69 (1985)
- 17) 脇門英美・和合由員・永田茂徳・森田重則・柳川辰己・松元順：鹿児島県において生産・流通されている家畜ふん堆肥の特性. 鹿児島農試研報, 27, 17-27 (1999)
- 18) 山口金栄：山形県における野菜畑土壌の実態. 土肥誌, 58, 89-91 (1987)

Summary

In this study soybean (*Glycine max* Merr) and spinach (*Spinacia oleracea* L.) were grown in the pots supplied with nothing but animal waste composts, aiming to ascertain the availabilities, excepting that of nitrogen, of the nutrients contained in the animal waste composts, for the growth of crops. And then, the nutrient uptakes of these crops were put under estimation.

More K and less Ca than those in the crops grown with chemical fertilizers were contained in the soybean and spinach grown with cattle waste composts. Higher K was contained in the soil supplied with cattle waste composts. The higher K was assumed to inhibit antagonistically the Ca uptakes of the plants.

Less Ca, Mg and K than those in the plants grown with chemical fertilizers were contained in the soybean grown with the poultry waste composts or the swine waste compost. The K contents of the soils supplied with poultry waste compost or with swine waste compost were similar to those of the soils supplied with chemical fertilizers. The low uptake of Ca was assumed to be attributed to the chemical form of Ca in these composts rather than to the antagonism against K.

High $\text{NO}_3\text{-N}$ content in the soil supplied with the cattle waste compost inhibited the nodulation and the acetylene reduction-activity of the soybean plant.