

有機物の連用が施設土壌の化学性に及ぼす影響

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	片野, 豊 木下, 忠孝 武井, 昭夫
巻/号	20号
掲載ページ	p. 324-328
発行年月	1988年10月

有機物の連用が施設土壌の化学性に及ぼす影響

片野 豊*・木下忠孝**・武井昭夫*

緒 言

閉鎖系環境下でしかも集約的多肥栽培が行われている施設栽培では、土壌病虫害、塩類集積、土壌養分の不均衡などによる連作障害が発生しやすい。また、生産性向上を目的とした経営規模の拡大に伴って、水分管理や肥培管理がより容易なように土壌の物理性や化学性の改善が重要になっている。このような連作障害対策、栽培管理の向上のため、更には、産地間競争のための品質向上対策にと、各種有機物が土壌改良資材として多量に連用されることが多くなっている。しかし、閉鎖的な施設では多量に施用される有機物により、逆に、養分の過剰蓄積などのマイナスの問題の発生が心配される。従って、本研究では、1983年からビニルハウスで有機物を8作(4年間)連用して、その跡地土壌の化学性及び野菜の養分吸収に及ぼす影響について検討したので報告する。

材料及び方法

ビニルハウス内の隔離床に1区面積1.31m²の試験区を

設けた。隔離床は両サイドを幅30cmのコンクリート板で仕切り、底部は暗きょ排水を埋設した。供試土壌は中粗粒灰色低地土で、第1表にその化学性を示した。栽培は年2作で春夏作にはメロン、秋冬作にはトマトを作付けた。施肥量は、平均1作当たり、3要素(N、P₂O₅、K₂O)を同量でメロン27kg/10a及びトマト32kg/10a、炭酸苦土石灰を135kg/10a施用した。メロン及びトマト共に1区6株植えとして、メロンは4月下旬～6月上旬の間に定植し、トマトは9月後半に定植して5段階心とした。以上の栽培条件において、第2表に示した化学特性を持つ5種類の有機物を、毎作10a当たり豚ふん堆肥1及び2t、牛ふん堆肥2及び5t、パーク堆肥2t、稲わら1t、麦わら1t施用区と対照区の計8区設けた。土壌の分析はpH及びECは1:2.5水浸出法、塩基置換容量(CEC)はショーレンベルガー法、全炭素(T-C)はCNコーダ法、全窒素(T-N)はケルダール法、置換性石灰(CaO)、苦土(MgO)及び加里(K₂O)はpH7の1N酢酸アンモニウムで浸出し、原子吸光度法あるいは炎光度法で測定、可給態りん酸(P₂O₅)はトルオグ法で浸出後硫酸モリブデン法で比色定量、

第1表 供試土壌の化学性

T-C (%)	T-N (%)	C/N	CEC (me/100g)	置換性(mg/100g)			塩基飽和度 (%)	可給態 P ₂ O ₅ (µg/100g)	T-P ₂ O ₅ (mg/100g)	リン酸 吸収 係数
				CaO	MgO	K ₂ O				
0.358	0.0329	10.8	3.2	12.2	1.1	3.5	24	7.85	87.0	300

第2表 供試有機物資材の成分

資材	T-C (%)	T-N (%)	C/N	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	水分 (%)
豚ふん堆肥	38.4	3.98	9.7	6.02	1.29	6.70	1.60	14
牛ふん堆肥	38.9	2.12	18.3	2.44	2.14	1.67	0.98	11
パーク堆肥	44.3	0.70	63.3	0.29	0.10	2.20	0.27	64
稲わら	39.9	0.68	58.8	0.14	1.21	0.32	0.12	5
麦わら	43.9	0.27	160.8	0.14	1.24	0.18	0.06	7

注：豚ふん堆肥、牛ふん堆肥はおがくず混合物
%は乾物当たり

全りん酸(T-P₂O₅)は硫酸分解後バナドモリブ酸法により比色定量した。作物体の分析は、全窒素はサリチル硫酸分解後蒸留法、りん酸はバナドモリブデン酸法による比色法、加里は炎光光度法、石灰、苦土は原子吸光光度法によった。

試験結果と考察

メロンとトマトの8作後の跡地土壌の養分分析結果を第3表と第4表に示した。

1 pH, EC, 全炭素及び全窒素

pHは各区とも対照区と差がなく有機物施用の影響は認められなかった。ECは家畜ふん堆肥施用各区で対照区に比べ高く、特に、牛ふん堆肥5t区は1.55msと一般的に跡地土壌としては高い値を示した。しかし、バーク堆肥及び麦わら施用区は逆にやや低かった。また、有機物施用の各区は、対照区に比べ全炭素、全窒素含量が増加した。全炭素及び全窒素の両土壌含量は、施用量の差の影響を別にして有機物の種類による差は希少であった。ただし、バーク堆肥区の窒素含量は施用量の割に低く、

従って、C/N比は、その他の区が11~16の範囲であったのに対して21と高かった。

2 りん酸

土壌の全りん酸含量は試験開始前87mg/100gであったのが、8作目の跡地土壌では各区とも215mg/100g以上と増加していたが、有機物施用の影響はバーク堆肥、稲わら及び麦わら施用区では対照区の98~108%であり、これらの有機物施用による全りん酸蓄積の影響は小さかった。一方、豚ふん堆肥1t及び2t区の全りん酸含量は172、264%、牛ふん堆肥2t及び5t区は144、205%とこれら家畜ふん堆肥施用による顕著なりん酸含量の増加が見られた。この違いは、家畜ふん堆肥のりん酸含有率が乾物で2~6%と高いのに対して家畜ふん堆肥以外の有機物のそれは0.3%未満と低いことによると思われる。

可給態りん酸も全りん酸と同様の傾向を示したが、家畜ふん堆肥施用区の可給態りん酸含量は、対照区に対して豚ふん堆肥1t及び2t区が213、420%、牛ふん堆肥2t及び5t区が175、308%となり、家畜ふん堆肥施用は、全りん酸以上に土壌中の可給態りん酸含量を高

第3表 有機物連用土壌の化学性(8作跡地) - I

資 材	施肥量 (t/10a)	pH	EC (ms/cm)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	可給態 P ₂ O ₅ (mg/100g)	T-P ₂ O ₅		可給態 P ₂ O ₅ /T-P ₂ O ₅
								(mg/100g)	(比率)	
豚ふん堆肥	1	6.6	0.80	1.20	0.084	14.2	165.3	378.7	(172)	43.6
	2	6.5	0.80	1.60	0.140	11.4	326.6	578.6	(264)	56.4
牛ふん堆肥	2	6.7	0.93	1.37	0.099	13.8	136.2	316.5	(144)	43.0
	5	6.7	1.55	2.40	0.146	16.4	239.5	449.2	(205)	53.3
バーク堆肥	2	6.5	0.35	1.36	0.064	21.2	61.6	215.8	(98)	28.5
稲わら	1	6.4	0.60	0.90	0.071	12.6	60.7	215.8	(98)	28.1
麦わら	1	6.7	0.40	1.03	0.069	14.9	84.3	237.1	(108)	35.5
対 照		6.8	0.58	0.55	0.045	12.2	77.6	219.1	(100)	35.4

第4表 有機物連用土壌の化学性(8作跡地) - II

資 材	施肥量 (t/10a)	CEC (me/100g)	水溶性(mg/100g)			置換性(mg/100g)			CaO/MgO	MgO/K ₂ O	CaO/K ₂ O	塩基飽和度(%)
			CaO	MgO	K ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O				
豚ふん堆肥	1	5.6	4.85	2.28	1.6	218.6	56.1	4.2	2.8	34.7	97.3	188
	2	7.6	3.93	2.14	2.1	304.5	78.7	5.6	2.7	35.5	98.6	195
牛ふん堆肥	2	7.5	3.02	1.60	1.13	226.6	62.3	3.16	2.6	4.6	12.0	157
	5	9.8	1.89	15.7	64.2	251.5	82.7	124.1	2.1	1.5	3.4	158
バーク堆肥	2	6.9	2.32	8.6	1.3	184.8	35.8	3.2	3.7	29.5	109.8	121
稲わら	1	6.0	3.33	1.38	2.1	181.6	40.5	11.6	3.2	8.3	26.9	145
麦わら	1	5.7	1.88	7.3	2.5	161.7	31.5	14.3	3.6	9.9	35.8	203
対 照		4.7	41.3	11.7	1.4	204.2	32.3	5.9	4.5	13.3	60.6	189

注：CaO/MgO, MgO/K₂O, CaO/K₂Oは置換性塩基の当量比

い割合で増加させた。それにより、全りん酸に占める可給態りん酸の割合は対照区が35%であったのに対して家畜ふん堆肥の少施用区が43%、多施用区が53~56%と高くなった。このように家畜ふん堆肥の連用は土壤の可給態りん酸含量を顕著に増加させることが認められた。これは、細粒グライドのほ場栽培試験における大橋ら⁽⁵⁾の、鉍質酸性土壤での施設栽培試験における大西ら⁽⁷⁾の報告と一致した。しかし、橋元ら⁽²⁾は火山灰土で試験し、可給態りん酸含量の増加は微増であったと報告しているが、これは、火山灰土のりん酸吸収係数が非常に高いのに対して、逆に、本試験に用いた土壤のそれは特に低く、このりん酸吸収係数の違いによるものと考えられる。

北村ら⁽⁴⁾は、家畜ふん堆肥多投によるりん酸富化土壤始め6種の土壤を使って施用りん酸の肥効を調査し、作物体のりん酸吸収量に占める施肥りん酸の割合は、土壤のトルオーグリン酸含量の多いほど低く、その含量が200mgを越すとき、その割合はハウレンソウで4~5%と低かったと報告している。即ち、可給態りん酸富化土壤では作物はりん酸の大部分を土壤由来のものを吸収するので、施肥りん酸の肥効は小さかったとしている。

りん酸過剰による生育障害、収量低下は、窒素、加里に比べて顕著には現れにくいこともあって土壤りん酸含量を考慮して施肥されることは少ないが、以上のように、家畜ふん堆肥連用土壤では蓄積したりん酸の大部分が可給態りん酸として存在しており、しかも、りん酸富化土壤で施肥りん酸の肥効が小さいことは、りん酸肥料の合理的施肥の観点から考慮する必要がある。

3 石灰、苦土、加里

8作目跡地土壤の置換性石灰含量は161~304mg/100gであったけれども、有機物資材の石灰含量増加に対する影響が認められたのは家畜ふん堆肥のみで、しかも、その影響は、最も土壤含量の多かった家畜ふん堆肥多施用区でも対照区の23~49%増と小さかった。

置換性苦土含量は、りん酸と同じ傾向を示した。苦土含有率の低かったパーク堆肥、稲わら及び麦わら施用による土壤苦土含有量増加の影響はほとんどなかった。それに対して苦土含有率の高かった家畜ふん堆肥では豚ふん堆肥1t、2t区は対照区の173、243%、牛ふん堆肥2t、5t区は対照区の192、256%と、家畜ふん堆肥施用による苦土含量の増加が認められ、しかも、施用量の増加に伴ってその含量も増加した。

置換性加里含量では、それに影響した資材は牛ふん堆肥のみであった。特に、牛ふん堆肥5t区は124mg/100gにもなり、牛ふん堆肥施用による土壤加里の増加が認められた。これは大橋ら⁽⁵⁾のほ場試験の結果とも一致した。

塩基バランスのうちCaO/MgO比は各区とも愛知県の土

壤診断基準値2~4(施設)⁽¹⁾の範囲にあった。他方、試験開始前に比べ対照区も含め各区とも苦土含量が増加したのに対して加里含量は微増な区が多かったので、MgO/K₂O比は土壤診断基準値2~3に対して8.3以上と大きくバランスをくずした区が多かった。しかし、土壤の加里含量を増加させた牛ふん堆肥区のみはMgO/K₂O比は1.6~4.6と土壤診断値に近い値を示した。

家畜ふん堆肥施用量増加によって置換性加里、苦土、石灰は増加した。しかし、水溶性加里は同様に増加したけれど、水溶性苦土は変化なく、水溶性石灰は逆に減少した。木下ら⁽³⁾も堆肥(おがくず混合豚ふん堆肥)施用量の増加に伴って土壤溶液中の石灰が減少したことを報告していて、堆肥施用により、有機質起源の負荷電を増加させ、更に、この負荷電は苦土に比べて石灰の吸着力が強いことが関与して、土壤溶液中のカルシウム濃度が低下したのではないかと述べている。このように、家畜ふん堆肥施用によって置換性含量と水溶性含量は塩基の種類によって異なった動きを示すことが認められた。

4 塩基置換容量

塩基置換容量は試験開始前3.2me/100gであったのが、4.7~9.8me/100gと有機物施用各区は対照区より高くなり、有機物施用による塩基置換容量増加の効果が認められた。各処理区的全炭素含量と塩基置換容量から相関係数を計算した所 $r=0.96$ と1%水準で高い相関が得られた。従って、塩基置換容量の増加は主に腐植含量の増加によると思われる。

塩基置換容量の増加にもかかわらず、高い塩基蓄積により全処理区で塩基飽和度は高くなり、試験開始前24%であったのが、189~203%の値になった。100%以上の値になったのは、置換性塩基の抽出に用いたN-酢酸アンモニウムの浸出液中には、大西ら⁽⁷⁾が報告しているように置換性塩基以外に水溶性塩基を含むとともに不溶塩基の溶出によると思われる。

有機物連用土壤で栽培された7作目のメロンと8作目のトマトの収量及び無機成分含有率を第5、6表に示した。収量は、豚ふん堆肥1t及び稲わら区を別にしてメロンとトマトで対照区に対する差が+-逆を示し、明確な有機物施用の影響は認められなかった。

両作物の葉部無機成分含有率は窒素、りん酸及び加里については、対照区に対する各区の土壤含量の増減(有機物施用の影響)と同じ傾向であったが、石灰、苦土は明確でなかった。また、果実部についてはメロンのりん酸含有率を別にして傾向は不明確であった。

8作目のトマトの無機成分含有率と跡地の土壤養分含有量との相関を第7表に示した。葉部の窒素及びりん酸において前者は5%、後者は1%の有意な相関が得られた。

第5表 メロンの収量と無機成分含有率

資 材	施用量 (t/10a)	果 重 (kg/株)	葉 部 (%)					果 部 (%)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
豚ふん堆肥	1	1.41	1.86	1.34	2.80	11.9	3.18	2.21	1.46	3.64	0.31	0.40
	2	1.32	1.88	1.82	3.50	11.2	3.39	1.90	1.42	3.26	0.35	0.38
牛ふん堆肥	2	1.20	1.76	1.26	3.67	10.3	2.97	1.69	1.32	3.71	0.27	0.33
	5	1.36	1.82	1.34	4.07	9.1	3.21	2.12	1.82	5.15	0.43	0.49
パーク堆肥	2	1.22	1.71	1.09	2.78	11.8	3.24	1.58	1.10	3.01	0.33	0.36
稲 わら	1	1.40	1.76	1.21	2.77	11.7	2.99	2.01	1.28	3.60	0.37	0.38
麦 わら	1	1.18	1.44	0.94	3.56	11.2	2.90	1.61	1.13	3.80	0.26	0.33
対 照		1.32	1.59	1.18	3.44	11.4	3.07	1.94	1.25	3.94	0.37	0.39

第6表 トマトの収量と無機成分含有率

資 材	施用量 (t/10a)	果 重 (kg/株)	葉 部 (%)					果 部 (%)				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
豚ふん堆肥	1	3.44	2.04	2.23	2.95	7.32	2.03	1.89	1.28	3.51	0.17	0.28
	2	2.59	2.33	2.46	3.31	7.22	2.05	1.96	1.25	3.51	0.16	0.28
牛ふん堆肥	2	2.97	1.90	1.90	5.73	7.02	1.73	2.01	1.18	3.94	0.17	0.30
	5	2.61	2.06	2.01	4.88	6.90	2.14	1.96	1.25	4.06	0.16	0.26
パーク堆肥	2	2.83	1.88	1.38	3.04	7.14	1.94	2.01	1.22	3.87	0.20	0.29
稲 わら	1	3.00	2.10	1.71	3.97	7.58	1.90	2.22	1.37	4.38	0.20	0.32
麦 わら	1	3.36	1.73	1.33	4.05	7.88	1.66	2.11	1.21	4.33	0.15	0.30
対 照		2.82	1.75	1.11	4.01	7.25	1.93	2.12	1.38	4.48	0.18	0.29

牛ふん堆肥2t、5t区は、トマト、メロンとも葉部の石灰の含有率が対照区より低下した。この原因について橋元⁽²⁾及び大西ら⁽⁶⁾は、土壌中の加里含量の著しい増加により、CaOとK₂Oの塩基バランスがくずれるため、石灰の吸収がきつ抗的に抑制されると考察している。本試験でもこの両区の土壌のCaO/K₂O比は第4表に示すように他区に比べ特に小さかった。

摘 要

施設において5種類の有機物の連用が、8作目の跡地土壌の化学性及び野菜の養分吸収に及ぼす影響について検討した。施用量は10a当たり、毎作豚ふん堆肥1~2t、牛ふん堆肥2~5t、パーク堆肥2t、稲わら1t、麦わら1tであった。

1 土壌の化学性への影響は施用有機物の種類(家畜ふん堆肥とその他の有機物(パーク堆肥、稲わら、麦わら))によって異なることが認められた。

2 家畜ふん堆肥は土壌中の全炭素、全窒素、りん酸、CEC、石灰及び苦土の置換性塩基含量を高めることが認められ、この中で可給態りん酸及び置換性苦土の増加

第7表 トマトの無機成分含有率と
土壌養分含量との相関

	T-N	可給態	置 換 性			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
トマト	葉部	0.72*	0.83**	0.56	-0.59	0.59
	果部	-0.57	0.25	0.09	-0.38	-0.65

が顕著であった。置換性加里は牛ふん堆肥施用によってのみその含量が著しく高まった。

3 パーク堆肥、稲わら及び麦わらも家畜ふん堆肥と同様に土壌中の全炭素、全窒素及びCECを高めた。しかし、りん酸、石灰、苦土及び加里含量の増加は認められなかった。

4 メロン及びトマトの葉部無機成分含有率は、窒素、りん酸及び加里については、有機物施用の影響は土壌含量と同じ傾向であったが、石灰及び苦土は明確でなかった。

5 以上のように、家畜ふん堆肥連用はりん酸、苦土及び加里の作土での蓄積を進めるのでこれら養分の施肥量を減らすなどの対策の必要性が認められた。

引用文献

1. 愛知県編, 1986, 土壤診断の手引き (農業改良普及資料 544号), 付表-VI.
2. 橋元秀教, 1977, 有機物施用の理論と応用, 農文協, 東京, P. 117~196.
3. 木下忠孝・浅野峯男・有澤道雄・稲垣育雄, 1980, 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), 堆肥の施用量が土壤の塩基組成に及ぼす影響, 愛知農総試研報, 12, 171~176.
4. 北村秀教・今泉諒俊・沖村逸, 1982, りん酸富化土壤における施肥りん酸の肥効 (第1報), 愛知農総試研報, 14, 271~277.
5. 大橋恭一・岡本将宏, 1985, 野菜の養分吸収と土壤の化学性に及ぼすおがくず入り牛ふん厩肥連用の影響, 土肥誌, 56 (5), 378~383.
6. 大西成長・吉田光二・佳山良正, 1984, 施設栽培における厩肥連用が土壤の化学性に及ぼす影響, 土肥誌, 55 (4), 311~315.
7. 大西成長・佳山良正, 1980, 施設栽培における過剰厩肥連続施用による土壤中ミネラルの動向, 生物環境調節, 18, 103~109.

The Effects of Successive Organic Matter Applications on Soil Chemical Properties in a Greenhouse

Yutaka KATANO, Tadataka KINOSITA and Akio TAKEI

Summary

Organic matters used in the experiment were swine manure, cattle manure, bark manure, wheat straw and rice straw. Changes in soil chemical properties were measured after organic matters were applied twice a year for 4 years in greenhouse. The results obtained were as follows:

Successive application of swine manure and cattle manure greatly accumulated phosphorus and magnesium in the soil. Therefore, the N-H₂SO₄-extractable phosphorus and exchangeable magnesium increased by 1.7-4.2 times and by 1.7-2.5 times respectively over those of the control.

Successive application of cattle manure also accumulated potassium in the soil, and in the soil received 5t/10a of it exchangeable potassium was measured to 124mg/100g soil.

However, successive application of bark manure, wheat straw and rice straw had only a small or no effect on accumulation of phosphorus, magnesium, potassium and calcium in the soil.