

水田輪換畑野菜作における有機物施用技術 (第3報)
土壌およびホウレンソウ収量の変化からみた各種有機物連用時の適正施用量

宗林 正・田中康隆

**Utilization of Organic Matters in Vegetable Cultivation under Paddy-upland
Rotation System (3)
Proper Amount in Successive Application of Several Organic Matters Determined
by Changes of Spinach Yields and Soil Properties**

Tadashi SORIN and Yasutaka TANAKA

Summary

The proper amount of several types of organic matter in successive applications were determined by changes of spinach yield and soil fertility. The yield of spinach decreased with wheat straw application, and increased constantly with cow feces application. Although the yield index increased with organic matter application except wheat straw, real yields of spinach decreased with continuous cultivation.

In the chemical properties of soils, accumulations of exchangeable potassium were advanced by crop residues application. Cow feces application increased available phosphate, exchangeable potassium and magnesium in the soil. Application of sawdust and bark manure composted with chicken waste increased available phosphorous and exchangeable calcium.

In the physical properties of soils, macro pores were generally increased by organic matter application. In bark manure application, easily available water were increased by successive applications. On the other hand, cow feces application increased liquid phase ratio from the start.

It seem to be that the effects of organic matter application to the spinach yield were revealed by mineralized nitrogen and increased water retentivity of the soil. Accumulated available phosphate and exchangeable cations were recognized to hinder spinach growth. Successive applications of the same organic matter made the soil conditions worse with accumulations of certain elements and the rapid changes of soil physical properties. Complex application of several organic matters that combined the each merits of them according to the soil conditions and the amendment purposes was considered a more effective method.

Key words: organic matters, successive application, crop yields, mineral accumulation, available phosphate, physical property of soil

結 言

県内で広く使用されている各種有機質資材の持つ特性を活かした効率的な施用技術を開発するため、有機質資材の無機・有機組成、土壤中での分解特性および分解生成物がホウレンソウの生育に与える影響を明らかにしてきた^{7),8)}。ここでは、土壌および作物反応の変化から、資材施用時の適正施用量を検討した結果について報告する。

材料および方法

農業試験場内の水田輪換畑において、ホウレンソウ・スイートコーンの作付様式(第1図)について、1985年から4年間にわたり連用試験を行った。供試圃場の試験開始前の土壌理化学性は第1表のとおりである。

第1表 試験開始時の土壌化学性

Table 1. Soil chemical properties before examination.

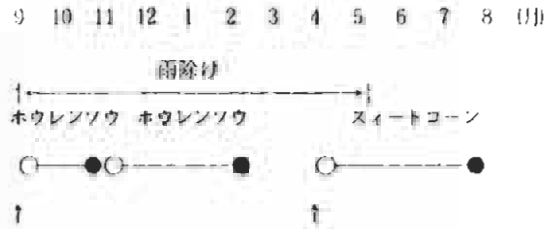
pH (H ₂ O)	T-C %	T-N %	C/N	交換性(me/100g)			CEC (me/100g)	可給態 P ₂ O ₅ (mg/100g)	土壌三相分布(%、pF1.5)			仮比重
				CaO	MgO	K ₂ O			固相	気相	液相	
6.18	0.80	0.09	8.9	6.23	1.08	0.38	8.2	20.2	48.2	26.6	25.2	1.21

供試資材は稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣、乾燥牛ふん(以下牛ふん)、鶏ふん入りオガクズ堆肥(以下オガクズ堆肥)、鶏ふん入りパーク堆肥(以下パーク堆肥)の6種で、その成分組成の代表値を第2表に示す。また、供試品種は、ホウレンソウは“オーライ”(タキイ種苗)、スイートコーンは“ハニーバナム早生209”(サカタ種苗)である。

第2表 供試有機質資材の無機組成(代表値、乾物%)

Table 2. Inorganic components of tested organic matters.

資 材	T-C	T-N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
稲 わ ら	42.3	0.78	54.2	0.17	2.22	0.24	0.08
小 麦 稈	43.1	0.29	148.6	0.12	1.67	0.42	0.13
ス イ ー ト コ ー ン 残 渣	46.0	1.85	24.8	0.91	2.91	0.32	0.28
牛 ふ ん	38.4	2.36	16.3	1.30	1.92	1.79	0.81
オ ガ ク ズ 堆 肥	37.5	1.08	34.7	2.45	0.16	11.31	0.36
パ ー ク 堆 肥	44.3	1.45	30.6	1.24	0.82	3.53	0.39



第1図 栽培概要(↑資材施用時)

Fig.1 Outline of culture. (↑ organic matter application)

- 播種 seeding time
- 収穫 harvest time

有機質資材は毎年2回、4月中旬および9月初旬に施用し(第1図)、無施用区を対照に、10aあたり稲わらおよび小麦稈は0.5tおよび1t、スイートコーン残渣は0.5t、牛ふん、オガクズ堆肥およびパーク堆肥は1t、2tおよび3tの計15施用区を設けた。肥料は、ホウレンソウにはリン硝安カリを用いて10a当たり窒素13Kg、リン酸8.3Kg、カリウム10.4Kgを、スイートコーンにはIB化成SI号とリン硝安カリを用いて窒素30Kg、リン酸16.3Kg、カリウム28.8Kgをそれぞれ施用した。ホウレンソウの収量調査は資材無施用区がほぼ出荷基準(最大葉長25cm)に達した時点で行った。

土壌の分析は、各作付終了時に採取した試料について、常法で行った。水溶性リン酸の分析は乾土:水比1:5で浸出後、硫酸-モリブデン法で行った。

結 果

1. ホウレンソウの収量への影響

1985年の資材無施用区を100とした収量指数の推移を第3表に示した。

ホウレンソウの収量は、資材無施用区では9月過ぎ、

第3表 有機質資材の運用による収量比（1985年の無施用を100とした場合）の変化

Table 3. Changes of spinach yield index to control in 1985 as affected by successive organic matters applications.

処 理 区 (乾物 t/10a)	9月播きホウレンソウ					平均 z	11月播きホウレンソウ					平均 z
	1985	1986	1987	1988	1985		1986	1987	1988			
資材無施用 (2.34 Kg/m ²)	100	99	82	63	86 _{ns}	100	64	102	61	82 ^{bc}	(3.78 Kg/m ²)	
稲 わ ら 0.5	111	101	94	46	88	121	64	110	62	89 ^{bc}		
” 1	123	107	99	47	94	128	73	108	63	93 ^{bc}		
小 麦 稈 0.5	120	78	106	39	86	87	54	73	46	65 ^c		
” 1	110	59	124	34	82	94	59	68	49	68 ^c		
スイートコーン残渣 0.5	108	111	102	74	99	106	96	124	63	97 ^{bc}		
牛 ふ ん 1	126	113	99	68	102	104	117	130	99	113 ^{bc}		
” 2	130	126	119	66	110	140	122	136	128	132 ^{ab}		
” 3	109	125	105	90	107	129	139	230	192	173 ^a		
オガクズ堆肥 1	117	124	123	85	112	133	93	143	71	110 ^{bc}		
” 2	125	104	125	77	108	161	112	162	77	128 ^{ab}		
” 3	133	94	130	75	102	163	124	115	94	124 ^{ab}		
バーク堆肥 1	149	62	110	85	102	116	91	132	71	103 ^{bc}		
” 2	155	81	126	77	110	123	123	147	67	115 ^{ab}		
” 3	137	58	108	97	100	148	138	126	111	131 ^{ab}		

z は Duncan の Multiple Range Test (P=0.01) における有意差を示す。

11月播きともに連作年数を重ねるに従い減少した。資材無施用区に対し、9月播きでは小麦稈以外の各資材の施用区では増収し、平均収量指数から、稲わらでは1t、牛ふんでは2t、オガクズ堆肥では1t、バーク堆肥では2tが最も高い値を示した。小麦稈の施用では減収することが多く、その1t施用区で顕著であった。しかしながら収量の実数値は資材の種類、施用量によって異なるが施用開始後、一定年次に最高収量を示し、以後減少する傾向を示した。

11月播きにおいても、小麦稈以外の各資材の施用区で増収し、いずれも各最高施用区で高い傾向を示した。オガクズおよびバーク堆肥区の収量指数は2年目までは上昇したが、4年目になるとオガクズ堆肥では全処理で、バーク堆肥では1tおよび2t施用区で著しく低下した。収量の実数値の年次変動は、9月播き同様の傾向を示したが、牛ふん3t施用区ではその影響は少なく、収量指数は最高を示し、資材無施用区初年目の2.3倍にも達した。

2. 土壤理化学性への影響

1) 化学性

第9作目栽培跡地土壤の化学性を第4表に示した。栽培跡地土壤のpHはオガクズ堆肥施用区で7.2~7.3と高い値を示したが、その他の処理では5.5~6.5の範囲にあった。

全炭素含有率は、試験開始前は0.8%であったが、資材施用量とともに増加し、第9作収量時には稲わらおよび小麦稈1t施用区が1.5%、牛ふんおよびオガクズ堆肥3t施用区が約3%、バーク堆肥3t施用区が約4%であった。

全窒素含有率も上昇し、第9作終了時にはスイートコーン残渣0.5t、稲わらおよび小麦稈1t施用区では約0.1%強、オガクズおよびバーク堆肥3t施用区が約0.2%、牛ふん3t施用区が約0.3%であった。可給態窒素量は牛ふん3t施用区で最も高く、資材無施用区で低かった。

土壤のC/N比はバーク堆肥施用区で15前後の高い値

第4表 第9作跡地土壌の化学性

Table 4. Soil chemical properties after 9th cultivation.

処 理 区 (乾物t/10a)	pH	T-C (H ₂ O)	T-N %	C/N	交換性(me/100g)			CEC (me/100g)	Ca/Mg	Mg/K	P ₂ O ₅ (mg/100g)		無機態 N(mg/ 100g)	可給態 N(mg/ 100g)
					CaO	MgO	K ₂ O				可給態	水溶性		
無 施 用	5.9	1.17	0.10	11.1	6.82	1.14	0.49	11.5	6.0	2.3	71.0	6.2	0.9	1.8
稲 わ ら0.5	6.2	1.44	0.11	12.5	7.47	1.39	0.85	13.1	5.4	1.6	60.7	5.1	1.4	3.3
“ 1	6.3	1.67	0.13	13.3	7.33	1.52	0.79	12.8	4.8	1.9	75.2	5.7	1.4	3.2
小 麦 稈0.5	6.1	1.43	0.11	13.0	6.67	1.23	0.66	12.7	5.4	1.9	63.3	5.5	0.7	2.0
“ 1	6.1	1.65	0.13	13.1	7.21	1.37	0.89	13.3	5.3	1.6	73.5	5.6	1.6	3.6
ス イ ー ト コ ー ン 残 渣0.5	5.8	1.54	0.13	11.8	6.47	0.99	1.00	13.2	6.5	1.0	59.8	7.0	1.5	2.9
牛 ふ ん 1	6.0	1.91	0.19	9.9	8.24	2.29	1.41	15.1	3.6	1.6	129.9	13.6	9.4	2.1
“ 2	6.0	2.23	0.23	9.7	9.00	2.91	2.16	16.1	3.1	1.4	144.5	18.0	10.7	4.6
“ 3	6.0	3.02	0.31	9.6	9.85	3.74	2.75	17.9	2.6	1.4	210.3	26.3	14.6	11.2
オ ガ ク ス 堆 肥 1	7.2	2.08	0.22	9.3	12.69	2.20	1.82	13.1	5.8	1.2	284.7	12.2	3.4	2.1
“ 2	7.3	2.42	0.20	12.1	14.97	2.56	1.46	14.9	5.8	1.8	341.1	10.5	2.6	3.5
“ 3	7.3	2.92	0.25	11.8	15.08	3.03	1.59	15.2	5.0	1.9	441.1	13.2	1.9	4.5
バ ー ク 堆 肥 1	6.4	2.11	0.14	15.0	8.86	1.29	0.67	14.6	6.9	1.9	113.7	7.1	1.0	3.2
“ 2	6.3	3.15	0.21	15.3	11.36	2.17	0.85	16.6	5.2	2.5	219.7	10.4	1.9	3.0
“ 3	6.5	3.62	0.25	14.8	12.32	2.43	1.15	17.5	5.1	2.1	254.8	10.8	4.4	3.9

を示したが、その他の資材施用区および資材無施用区では10~13の値であった。

可給態リン酸は資材の施用の有無に関わらず増加し、とくにオガクズ堆肥で著しく、第9作終了時には3t施用区で100g乾土あたり440mgに達し、牛ふん、パーク堆肥がこれに付いた。作物残渣施用区では無施用区とはほぼ同程度であった。また水溶性リン酸は牛ふん施用区で高い傾向を示し、オガクズ堆肥施用区では可給態リン酸の値に比べて低い値を示した。

交換性カリウムは、第9作終了時には牛ふん3t施用区で100g乾土あたり130mgと最も高く、他の資材施用区では30~80mgの範囲にあった。いずれも資材無施用区の23mgに比べると高く、集積が認められた。

交換性カルシウムは、第9作終了時にオガクズ堆肥3t施用区が100g乾土あたり420mg、パーク堆肥3t施用区が300mg、牛ふん3t施用区が270mgであった。作物残渣施用区および資材無施用区では200mg前後の値を示した。同じくマグネシウムは牛ふん3t施用区が100g乾土あたり75mgと高い値を示し、オガクズおよ

びパーク堆肥施用区がこれに付いた。作物残渣施用区および資材無施用区では20~30mgの値を示した。

2) 物理性

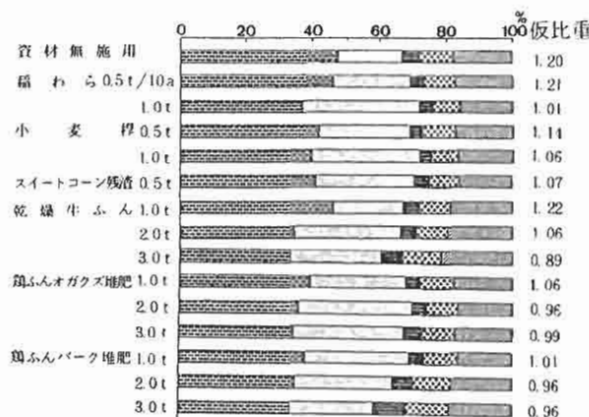
第2図に第9作終了時の土壌の水分特性および仮比重を示した。

土壌の固相率は資材無施用区が高く48%であった。資材施用区では施用量の増加とともに低下し、とくにパークおよびオガクズ堆肥施用区の低下割合が大きかった。

水分特性では、稲わらおよび小麦稈で施用量の増加に従い、重力水(pF 1.5以下)が増加し、有効水(pF 1.5~4.2)および非有効水(pF 4.2以上)が減少した。牛ふんおよびパーク堆肥では施用量の増加とともに、重力水の減少と有効水の増加が認められ、有効水は資材無施用区の15%に対し、その3t施用区ではそれぞれ18%と20%であった。その中でも、特にパーク堆肥では有効水(pF 1.5~2.7)の増加が著しく、3t施用区では約14%と最も高い値を示した。また、牛ふん3t施用区ではpF 4.2以上の非有効水部分の増加も大きく、21%

と高い値を示した。

土壌の仮比重は試験開始前には1.21であったが、資材無施用区では第9作終了時には1.29にまで上昇した。一方、資材施用区では試験開始当初に比べて0.1~0.3程度低下し、牛ふん3t施用区で0.89と最も低い値を示した。



第2図 第9作栽培跡地の土壌水分特性及び仮比重

Fig.2 Soil water property and bulk density after 9th cropping.

- 固相 Solid phase
- 重力水 Gravitational water
- ▨ 易有効水 Easily available water
- ▤ 難有効水 Slightly available water
- ▥ 非有効水 Non-available water

考 察

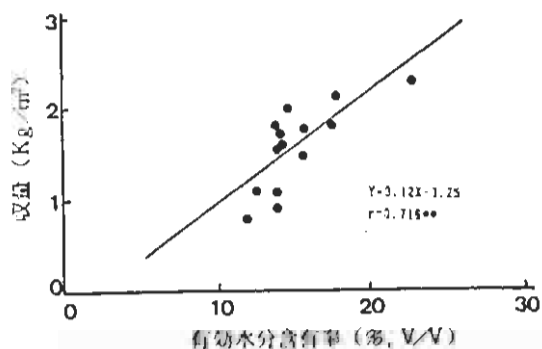
軟弱野菜の生産には、とくに有機質資材が窒素肥沃度の向上、土壌物理性の改善等の点から効果的であることが報告されている¹⁴⁾。本試験においても、有機質資材の連用により資材無施用区に対して概ね増収し、その効果は明らかである。しかしながら有機質資材の種類によって効果の程度は異なり、前報²⁾でのポットおよびインキュベート実験の結果と同様に、今回の圃場実験においてもホウレンソウの生育は資材からの窒素の無機化速度の違い、すなわちC/N比の影響が大きいことがわかる。作物残渣の施用では、C/N比が極めて高い小麦稈の施用で減収し、それより低い稲わらとスイートコーン残渣の施用では無施用と同程度あるいはやや増収した。また、窒素の無機化の顕著な牛ふんやオガクズ、パークの木質堆肥（鶏ふん入り）の施用では、増収率が高い。また、前報²⁾で危惧されたオガクズおよびパーク堆肥での降雨等

による窒素の流出後における窒素飢餓は、雨除け栽培では認められなかった。

このように、有機質資材施用の増収効果は認められるが、収量はある年次に最高収量を示し、その後低下する傾向にある。資材無施用区では連作年数を重ねるに従い収量は低下しており、資材施用区においても、稲わら0.5t、1t、小麦稈0.5t、牛ふん2t、オガクズ3t、パーク堆肥3tの各区では9月播き、11月播きともに初年目が最高収量を示している。

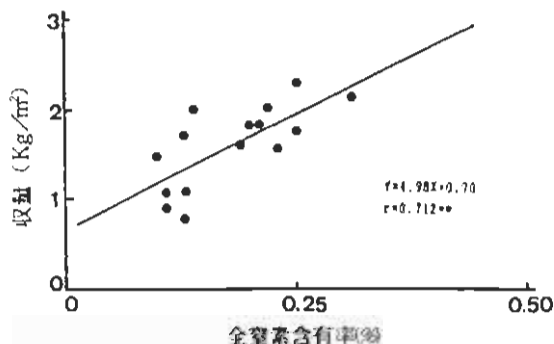
一般に経年的に収量低下をもたらすものとして、いわゆる「連作障害」がある。瀧島¹¹⁾はその要因として土壌養分の消耗、土壌反応の異常、土壌物理性の退化等をあげ、西尾⁴⁾は、最近では土壌中の無機養分が過剰かつアンバランスになり易いことをあげている。そこで土壌、物理性、化学性の変化からみると、資材無施用区では、第9作終了時にはpHは約6、交換性カルシウムは100g乾土当り6.8me、Ca/Mg比6、Mg/K比2と本県の転換畑でのホウレンソウの土壌診断基準値からみて適正域に保たれているが、可給態窒素量は最も少ない。一方、全炭素含有率、可給態リン酸は試験開始前に比べて増加したが、全炭素に比して全窒素含有率はほとんど変化せず、C/N比が上昇した。また、固相率が高まり、水分特性および仮比重からみても土壌の細粒化と、密着化が認められた。吉倉らは、栽培跡地土壌の有機態窒素とホウレンソウの収量との間に強い関係があることを報告しており¹⁴⁾、またホウレンソウは乾燥、湿害に弱く保水性、排水性のよい土壌を好むことが知られている¹⁾。本試験の結果からも、1988年9月播きホウレンソウの収量とその栽培前土壌の理化学性との関係を見ると、全窒素含有率および有効水分量との関係が最も深く（第3、4図）、資材無施用区での収量低下の原因は土壌構造の悪化および全窒素の相対的低下の影響が大きいと推定される。

一方、資材施用区についてみると、稲わらでは収量は資材無施用区を上回り、1t施用区でより効果が高いが、先に述べたように初年目が最も高く、次第に低下し優位性も失われていく。稲わら施用区では土壌の全窒素含有率が高く、また前報²⁾の結果からも窒素は比較的取り込み期間が短く、増収にはこの影響が強いものと考えられる。しかしながら、有効水分量は資材無施用区よりも少なく、やや乾燥気味に働いている。徳橋らも稲わらの施用はパーク堆肥よりも相孔隙の増加が大きいことを報告している¹³⁾、このことが収量低下の一因と考えられる。このため、稲わらでは窒素補給からは1t/10a程度の施用が適当と考えられるが、保水性の高い資材との併用が



第3図 播種前土壌の全窒素含有率とホウレンソウ収量の関係 (1988年9月播種)

Fig.3 Relationship between soil total nitrogen contents before culture and spinach yields seeded at Sept., 1988.



第4図 播種前土壌の有効水分含有率とホウレンソウ収量の関係 (1988年9月播種)

Fig.4 Relationship between soil available water contents before culture and spinach yields seeded at Sept., 1988.

望まれる。

小麦畑では、土壌の変化は稲わらとほぼ同様であるが、前報³⁾で明らかのように窒素の取り込み期間が長く、吸収したものと考えられ、より窒素富化量の多い資材との併用あるいは窒素の増施が必要である。

スイートコーン残査でも、土壌の変化は稲わら、小麦畑とほぼ同様であるが、前報⁴⁾で明らかのように窒素の放出が顕著であり、施肥量に比較して増収効果は高く、0.5 t/10a以上の施用も可能と考えられる。

牛ふんでは、施肥量の増加にともなって収量も増加し、

第9作終了時の土壌分析結果から、増収効果は全窒素含有率、可給態窒素、有効水分によるものと考えられる。しかし、牛ふん施用区においても9月播きでは2~3年目から、11月播きでは4年目から収量の低下が認められた。また、牛ふん施用区では交換性のカリウム、マグネシウムが高く、そのためCa/Mg比3、Mg/K比1.4と低く、本県の土壌診断基準値それぞれ4~7、2~3から逸脱している。土壌中の塩基バランスの乱れが作物の生育を阻害し¹³⁾、とくに、牛ふん尿の施用ではカリウムの集積によりマグネシウム欠乏を招いて減収するといわれているが¹⁴⁾、本試験期間ではその影響は判然としなかった。牛ふん施用区では水溶性リン酸が高く、吉倉らは水溶性リン酸とホウレンソウの収量が関係が深いことを報告しているが¹⁵⁾、本試験では明瞭な傾向は認められない。4年程度の連用では毎年3 t/10aの施用が可能であり、より長期の連用では減量する必要があると考えられる。

オガクズ堆肥では、3 t施用区で9月播き、11月播きともに初年目の収量が最高を示し、平均収量が高いものの連用時の適正量は3 t未満であることが解る。オガクズ堆肥施用区では土壌のpHが高く、交換性カルシウム、可給態リン酸の増加が著しく、土壌診断基準値のpH 6~7、カルシウム9~10 me、リン酸30~50を大きく超えている。また、大橋ら⁹⁾はオガクズ入り牛ふん堆肥の連用で易有効水分量の増加が認められるが大量施用では気相の増加も大きく過干過程の恐れがあることを報告しているが、本試験においても重力水部分が多く、易有効水分量は資材無施用区より少ない。以上から、オガクズ堆肥の施用も窒素富化の効果が高いが、土壌が乾燥気味になること、pHが高く塩類の富化が大きいくことなどから、連年施用に当たっては1 t/10a程度の施用が適当と判断される。

パーク堆肥ではオガクズ堆肥同様に3 t施用区で初年目の収量が最も高い。土壌養分ではオガクズ堆肥と同じく鶏ふん入り堆肥ということもあり、量は少ないがほぼ同様の傾向を示している。全窒素含有率はオガクズ堆肥と同水準であるが、全炭素含有率は著しく高く、C/N比も高い。有効水分量は3 t施用区で22%と高く、パーク堆肥では窒素富化と連用による有効水分の増加が増収要因と考えられる。オガクズ堆肥同様、カルシウム等の集積は阻害要因として働くものと考えられ、連年施用では1 t/10a程度が適当であるが、4年程度の連作を目標にすると2 t/10a程度の施用も可能である。

以上のように、ホウレンソウでは有機質資材を施用せずに連作すると、土壌物理性の悪化、土壌窒素の低下を

溜き生産性は著しく低下するが、稲わら等の作物系内で産出される自給有機質資材だけでは生産力の維持向上は困難であり、窒素補給効果あるいは保水性向上効果の高い他の補完資材との組合せが必要である。また家畜ふんは、その養分補給効果は高いが、反面、同一資材の多量施用や連年施用では、多量含有成分の土壌中での集積が著しく、とくにリン酸は著しい増加を示した。その集積は収量・品質の低下を招くという報告が多い³⁾。また、一方で影響が判然としない報告もあるが⁴⁾、本試験では、可給態リン酸と水溶性リン酸量の増加は資材の種類によって異なり、その集積形態には差異があるものと推定され、可給態リン酸量のみでは一律に評価はできないと考えられる。今後は、これらの集積リン酸の特性を整理して、生育への影響の判定、有効利用法の策定を行う必要がある。

一時的な収量増を期待して大量施用を行うことは、長期的にはマイナス効果も多く、施用適量を守ることでより効率的な土壌管理がおこなえると考えられる。

摘 要

水田輪換畑において、6種の有機質資材を4年間連用し、土壌の理化学性およびホウレンソウの収量からその連用時の施用適量を検討した。

1. ホウレンソウの収量は、小麦稈の連用で減少し、乾燥牛ふんが安定的に増加した。鶏ふん入りオガクズ堆肥およびバーク堆肥の連用でも増加したが、効果にバラツキがみられた。
2. 稲わら、小麦稈、スイートコーン残渣の連用ではカリウムがやや増加した。一方、牛ふんでは、リン酸、カリウム、マグネシウムが、鶏ふん入りのオガクズ堆肥およびバーク堆肥ではリン酸、カルシウムの増加がそれぞれ顕著であり、いずれも塩基バランスに大きな差異が認められた。
3. 土壌物理性では、資材の連用により粗孔隙の増加が認められた。とくにバーク堆肥では、易有効水分が、また、牛ふんでは、保水性の増加では最も大きかった。
4. 以上から、ホウレンソウ収量に及ぼす有機質資材の連用効果は窒素肥効、土壌の保水性の向上によるものと考えられ、施用量は年2回施用で1回10a当り稲わら1t、小麦稈0.5t以下、スイートコーン残渣0.5t、牛ふんおよびバーク堆肥2t、オガクズ堆肥では1t程度が適量と考えられた。

引用文献

1. 芦澤正和 1982. ホウレンソウ, 西 貞夫監修「野菜園芸ハンドブック」, pp 970~985.
2. 二見敬三, 藤井 浩 1983. 土壌蓄積りん酸がタマネギ幼植物の生育と養分吸収に及ぼす影響, 近畿中国農研, 66: 44 - 47.
3. 伊東祐二郎, 塩崎尚朗, 橋本秀教 1982. 多腐植黒ボク土の畑地における牛ふん尿糞肥の大量施用と土壌の肥沃性, 九州農試報, 22: 259 - 320.
4. 西尾道徳 1985. 最近の連作障害の実態と発生要因, 化学と生物 23: 582 - 589.
5. 大橋恭一, 岡本将宏 1985. おがくず入り牛ふん糞肥連用による野菜収量と土壌水分環境の変動, 土肥誌 56: 373 - 377.
6. _____, _____, 1985. 野菜の養分吸収と土壌の化学性に及ぼすおがくず入り牛ふん糞肥連用の影響, 同上 56: 378 - 383.
7. 宗林 正, 田中康隆 1991. 水田輪換畑野菜作における有機物施用技術(第1報), 各種有機質資材の有機・無機組成からみた特性及び施用後の分解生成物がホウレンソウの生育に与える影響, 奈良農試研報 22: 49 - 55.
8. 宗林 正, 田中康隆, 北川芳雄 1991. _____(第2報), ガラス繊維推ろ紙筒埋設法による各種有機質資材の分解特性, 奈良農試研報, 22: 57 - 64.
9. 相川, 貞 1981. 北海道における野菜畑土壌の現状と各種野菜の特性に対応した肥培管理法, 北海道立農試研報 56:
10. 杉原 進, 石井和夫, 近藤 照, 1979. 畑地に対する牛ふん糞肥の連年多量施用(第1報), 糞肥の多量施用が畑作物の生育収量及び土壌に及ぼす影響, 東北農試報 60: 17 - 79.
11. 龍島康夫 1965. いや地, 化学と生物 3: 26 - 31.
12. 徳橋 伸, 久保田増榮 1976. ハウス栽培におけるバーク堆肥と稲わらの土壌改良効果の比較, 高知農研報 8: 39 - 47.
13. 上屋一成 1970. 農業資材多投に伴う作物栄養学的諸問題 I, 野菜及び畑作物の要素過剰の実態, 土肥誌 61: 98 - 103.
14. 吉倉惇一郎, 二見敬三, 藤 昌宏, 藤井 浩 1982. 兵庫県における主なホウレンソウ栽培産地の生産性と土壌の化学性について, 兵庫農試研報 30: 23 - 28.