

蓄積リン酸を異にする厩肥連用露地畑における野菜の収量とリン酸の施用効果

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	大橋, 恭一 岡本, 将宏
巻/号	58巻2号
掲載ページ	p. 139-143
発行年月	1987年4月

蓄積リン酸を異にする厩肥連用露地畑における 野菜の収量とリン酸の施用効果*

大橋 恭一**・岡本 将宏**

キーワード 野菜, 厩肥連用, リン酸

前報^{1,2)}では野菜の収量に及ぼすおがくず入り牛ふん厩肥連用の影響を土壌の化学性および土壌水分との関連で検討した。その結果、野菜の収量は毎作 2~4 t/10 a のおがくず入り牛ふん厩肥の施用によって高まること、厩肥の連用が土壌中の全炭素、全窒素、カリウム、可給態リン酸を増大させることなどが明らかになった。なかでもリン酸は土壌中から流亡、溶脱しがたく、作物による吸収量も窒素、カリウムに比べ少ないために土壌中に多量集積することが確かめられた。

土壌中に可給態リン酸が多量に集積すると、それに対応して水溶性リン酸も高まるため³⁾、可給態リン酸の増大は水系におけるリン酸の負荷を増大させるおそれがある。したがって、水系のリン酸の負荷を抑制するとともに野菜の高位収量を維持するための土壌中の可給態リン酸含量を明らかにすることは、合理的なリン酸施用法を確立するうえで必要であると思われる。しかし現実には野菜に対し、土壌中のリン酸を考慮せず慣行的な施肥の上に、土壌改良資材や有機物の施用が行われているため経年的にリン酸の集積が進行しつつある。

そこで本報では厩肥の連年施用量の多少によって生じたリン酸蓄積量を異にする圃場を用いて、各種野菜に対する適切なリン酸施用を土壌の可給態リン酸含量との関連において検討することを試みた。またリン酸過剰条件下では作物によるマンガン、亜鉛の吸収低下が生じるといわれており⁴⁾、これらの吸収と可給態リン酸含量との関係についても若干の検討を行った。

1. 実験材料および方法

1) 耕種概要

本実験に供した厩肥連用圃場の来歴は前報¹⁾に示したが、その概要は次のとおりである。すなわち、1976年から作付ごとに化学肥料とおがくず入り牛ふん厩肥を 10 a 当たり現物で 0, 1, 2, 4 t をそれぞれ施用 (1 区面積 15 m²) し、主としてダイコン (春作)、ハクサイ (秋

作) を作付けた。

同圃場の 10 作終了跡地土壌、すなわち本試験開始時の土壌の化学性は第 1 表に示すとおりである。本試験では上記の厩肥連用圃場の 0~4 t 施用区をリン酸施用区と無施用区に 2 分し、第 2 表にしたがって野菜を栽培した。なお厩肥施用区ではこれまでどおり毎作ごとに 10 a 当たり 0~4 t の厩肥施用を行った。

2) 土壌および作物体分析法

可給態リン酸は土壌を風乾後、2 mm の篩を通した風乾細土をトルオーグ法で浸出し、アスコルビン酸還元法⁵⁾で比色定量した。作物体のリンは粉砕した試料を 500°C で乾式灰化し、バナドモリブデン酸法⁶⁾によって比色定量した。作物体の亜鉛、マンガンの定量は原子吸光光度法によった。

2. 実験結果および考察

ダイコンの収量と作物体中の養分含有率を第 3 表に示す。厩肥施用の効果は 1~4 t 施用で地上部において認められたが、地下部については一定の傾向は認められなかった。また 4 t 区における地上部生育に対する効果はリン酸施用の有無にかかわらず認められたため、その原因はリン酸以外の窒素やその他の成分の富化によるものと推察される。また、作物体中のリン含有率は地上部、地下部ともリン酸施用の有無、厩肥の施用量の違いなどによって大きな差異は認められなかった。第 1 表に示すように試験開始時の土壌中の可給態リン酸含量は 76.8~251.5 mg/100 g 乾土と高く、そのために施肥リン酸は作物体中のリン含有率に反映しなかったものと考えられる。このことは、本試験では各処理区ともダイコンにとって十分な土壌リン酸が供給されていたことを示している。

景山⁷⁾らはダイコンのリン酸要求量は低く、リン酸を 5 kg/10 a 施用することで十分な生育が得られ、土壌中の可給態リン酸含量が 1.6 mg/100 g 乾土以下の場合において初めて収量が低下することを報告している。第 3 表に示したように厩肥 1 t・リン酸無施用区の収量は対照区より低かったが、土壌中の可給態リン酸含量は 93.3 mg/100 g 乾土と対照区の 76.8 mg/100 g 乾土を上回り、

* 厩肥連用による露地畑土壌の改善 (第 3 報)

** 滋賀県農業試験場 (521-13 滋賀県蒲生郡安土町大中 516)
昭和 61 年 6 月 6 日受理
日本土壌肥科学雑誌 第 58 巻 第 2 号 p. 139~143 (1987)

かつ、この値は景山⁷⁾らの示した値に比べて著しく高かった。したがって、上記の処理区の収量低下はリン酸以外の要因によると考えられた。

ところでリン酸の過剰条件下では亜鉛やマンガンなど

第 1 表 供試土壌の化学性

	厩肥施用量 (t/10 a)				
	0	1	2	4	
T-C (%)	1.30 (100)	2.71 (208)	3.25 (250)	5.09 (391)	
T-N (mg/100 g 乾土)	129.5 (100)	197.8 (152)	210.0 (162)	269.5 (208)	
C/N	10.0	13.7	15.5	18.9	
可給態 P ₂ O ₅ (トルオーグ法) (mg/100 g 乾土)	76.8 (100)	93.3 (121)	151.9 (197)	251.5 (327)	
T-P ₂ O ₅ (mg/100 g 乾土)	222.9 (100)	338.6 (151)	392.1 (175)	537.9 (241)	
交換性塩基 (mg/100 g 乾土)	CaO	169.6 (100)	192.2 (113)	218.6 (128)	245.0 (144)
	MgO	13.4 (100)	19.6 (146)	33.1 (247)	55.7 (415)
	K ₂ O	22.5 (100)	29.2 (129)	42.5 (188)	92.8 (412)
pH (H ₂ O)	5.1	5.2	5.5	5.6	
EC (mS/cm)	0.15	0.19	0.16	0.20	

深さ 0~10 cm の作土の測定値を示す (1981 年 6 月採取)。

() 内は厩肥無施用区に対する指数。

の微量元素の吸収が抑制されることはよく知られている⁸⁾。第 3 表をみると、ダイコン収穫期の作物体中の亜鉛含有率は厩肥施用量が同じ場合には地上部、地下部ともにリン酸施用区のほうが無施用区に比べて明らかに低下していた。越野⁹⁾は施用亜鉛が施肥リン酸と難溶性塩を形成することによって土壌中での亜鉛の移動性や溶解性が低下することを報告している。本試験においては厩肥連用区のみ可給態リン酸含量が高く、これが作物体の亜鉛含有率を低下させた原因と推察した。ダイコン地下部の亜鉛含有率の適正濃度は 40~70 ppm とされている¹⁰⁾が、それより低い濃度を示した厩肥 1 t・リン酸施用区の収量は低下しておらず、本試験ではリン酸施用に伴う亜鉛の吸収抑制が生じた可能性はほとんど認められなかった。

マンガンについても亜鉛と同様にリン酸施用によっていずれの厩肥施用区でも作物体の濃度は低下した。しかし、ダイコンの地下部ではマンガンの適正濃度といわれている 30~100 ppm¹⁰⁾をほとんどの区で下回っていたが、外観上マンガン欠乏の症状は認められなかった。

ハクサイの収量、作物体中の養分ならびに跡地土壌中の可給態リン酸の分析結果を第 4 表に示す。ハクサイの収量に対する厩肥の施用効果は 4 t 区では認められた

第 2 表 各種野菜の耕種概要

供試野菜	栽培期間	施肥量 (kg/10 a)			備考
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
ダイコン (品種:美濃早生)	1982年 4月~6月	12.8	8.0	11.4	リン酸施肥区の元肥はリン 硝安カリ、追肥には NK 化成を用いた。またリン酸無施用区では元肥、追肥とも NK 化成を用いて左記と同量の N, K ₂ O を施用した。 厩肥については今までどおり 1, 2, 4 t を毎作施用した。
ハクサイ (品種:玉符)	1982年 8月~12月	30	9.4	32	
コマツナ	1983年 4月~5月	10	6.3	8.8	
キャベツ (品種:さざなみ)	1984年 8月~12月	30	9.4	32	

第 3 表 ダイコンの収量および作物体のリン、亜鉛およびマンガンの含有率

厩肥施用量 (t/10 a)	リン酸施肥の有無	平均収量 (g/本)			P (%)						Zn (ppm)		Mn (ppm)	
					5/7		5/18		6/3		6/3		6/3	
		地上部	地下部	(同左比)	地上部	地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部	地上部	地下部	
0	+P	220	270	(100)	0.66	0.51	0.53	0.85	0.53	176	66	102	22	
1	-P	268	226	(84)	0.65	0.64	0.61	0.96	0.55	42	79	146	34	
	+P	258	286	(106)	0.62	0.58	0.59	0.87	0.55	36	28	86	21	
2	-P	267	276	(102)	0.66	0.53	0.60	0.79	0.58	172	64	121	29	
	+P	270	314	(116)	0.65	0.55	0.60	0.81	0.57	90	48	94	15	
4	-P	345	278	(103)	0.66	0.55	0.59	0.93	0.59	142	72	101	29	
	+P	339	262	(97)	0.66	0.54	0.58	0.78	0.56	86	63	55	15	

地上部: 茎葉部, 地下部: 肥大根部. 収穫日: 1982 年 6 月 3 日.

第4表 ハクサイの収量と作物体のリン、亜鉛、マンガンの含有率および跡地土壌の可給態リン酸含量

厩肥施用量 (t/10 a)	リン酸施肥 の有無	収 量 (kg/個)		収 穫 期						可 給 態 P ₂ O ₅ * (mg/100 g 乾土)
		外葉重	結球重 (同左比)	P (%)		Zn (ppm)		Mn (ppm)		
				外葉部	結球部	外葉部	結球部	外葉部	結球部	
0	-P	0.67	1.28 (67)	0.48	0.61	56	42	206	61	31.5
	+P	0.61	1.92 (100)	0.71	0.75	45	42	167	42	46.5
1	-P	0.80	1.85 (96)	0.75	0.83	78	43	197	55	63.6
	+P	0.66	1.77 (92)	0.83	0.91	51	40	119	53	92.3
2	-P	0.72	1.90 (99)	0.85	0.88	63	43	193	47	77.3
	+P	0.61	1.90 (99)	0.91	0.86	54	43	148	44	114.9
4	-P	0.88	2.01 (105)	0.67	0.81	65	42	186	53	141.9
	+P	0.71	2.30 (120)	0.82	1.03	54	60	87	27	193.2

* 跡地土壌。

が、その他の区では判然としなかった。厩肥 0 t・リン酸無施用区の収量は対照区(厩肥 0 t・リン酸施用区)の 67% とかなり低かった。また上記の試験区の作物体中のリン含有率はその他の区に比べて低かった。ハクサイのリン含有率は栽培時期、品種、土壌条件等によって変動することが考えられるが、高橋ら¹⁰⁾はリンの欠乏の生ずる濃度は外葉において 0.1% 以下、適正濃度範囲は 0.2~0.4% であるとしている。本試験では、厩肥 0 t・リン酸無施用区の収量はリン酸を施用した対照区に比べて著しく劣っていた。

しかし、同区の作物体中のリン含有率は外葉部 0.48%、結球部 0.61% であり、また跡地土壌の可給態リン酸含量も 31.5 mg/100 g 乾土を示すなど、ハクサイがリン酸欠乏の状態にあったとは考えられない。このことは可給態リン酸含量が 40 mg/100 g 乾土以上の場合にはリン酸の施用効果が不明確となった福島県農業試験場の成績¹¹⁾ および本試験の跡地土壌の可給態リン酸含量が対照区の 46.5 mg/100 g 乾土を上回った場合であっても、収量が可給態リン酸含量の増大と必ずしも対応していなかったことなどからも明らかである。しかし、ハクサイの収量を対照区と同等あるいはそれ以上に高めるためには第4表からわかるように、ハクサイの収穫期のリン含有率は外葉部、結球部それぞれが 0.67, 0.75% 以上となるよう肥培管理することが望まれる。そのためには、土壌の可給態リン酸含量は 50 mg/100 g 乾土程度に保つ必要があると考えた。

また、結球部の亜鉛含有率は処理区間にほとんど差が認められなかったが、外葉部ではダイコンと同様にリン酸施肥により含有率が低下する傾向が認められた。マンガン含有率についても外葉部、結球部ともにリン酸施肥により低下し、その傾向は亜鉛の場合より顕著であっ

た。しかしながら、それらの養分含有率の低下によると思われる欠乏症状や収量低下は認められなかった。したがって、これら養分含有率(外葉部の亜鉛 45~78 ppm, マンガン 87~206 ppm, 結球部の亜鉛 40~60 ppm, マンガン 27~61 ppm)は適正な範囲内にあったと考えられる。

コマツナの生育調査および化学分析の結果は第5表に示した。表に示したように厩肥の 0 t および 1 t 施用した両リン酸無施用区の生育収量は、対照区ならびに他の処理区に比べて明らかに劣った。このうち厩肥 0 t・リン酸無施用区では栽培跡地土壌の可給態リン酸含量は 43.5 mg/100 g 乾土であったが、5月13日の作物体のリン含有率は 0.38% と他の処理区より明らかに低く、本区の収量低下の原因の一つは生育初期におけるリン酸の供給不足によるものと考えられた。一方、厩肥を連用した場合には施用量の多いほど収量は高く、可給態リン酸含量も明らかに高まる傾向にあった。しかし、収穫時の各処理区の作物体のリン含有率はほぼ似かよっており、厩肥増施による増収はリン酸以外の要素の効果によるものと推察された。以上の結果から、コマツナの高収量をうるには可給態リン酸含量が 40 mg/100 g 乾土程度ではリン酸の施用が必要と考えられた。また、亜鉛含有率は各時期ともリン酸無施用に比べてリン酸施用区のほうが低い傾向を示したが、収量とは一定の関係は認められなかった。

キャベツの収量と作物体のリン含有率を第6表に示した。厩肥 0 t・リン酸無施用区の収量はリン酸を施用した対照区の 72% と低く、リン含有率は外葉部、結球部それぞれ 0.24, 0.27% と他の処理区に比べて明らかに低かった。キャベツの外葉部のリンの適正濃度は 0.3~0.4%, 0.2% 以下は欠乏とされており¹⁰⁾、厩肥 0 t・リン酸無施用区のリン含有率は欠乏濃度に近かった。景

第 5 表 コマツナの収量と作物体のリン, 亜鉛含有率および跡地土壌の可給態リン酸含量

厩肥施用量 (t/10 a)	リン酸施肥 の有無	5/13				5/17				可給態 P ₂ O ₅ * (mg/100 g 乾土)
		新鮮重(g/本)	(同左比)	P(%)	Zn(ppm)	新鮮重(g/本)	(同左比)	P(%)	Zn(ppm)	
0	-P	4.05	(82)	0.38	30	19.7	(81)	0.55	49	43.5
	+P	4.93	(100)	0.46	28	24.3	(100)	0.57	47	82.1
1	-P	3.24	(66)	0.47	81	17.0	(70)	0.50	57	79.5
	+P	5.18	(105)	0.52	33	22.4	(92)	0.51	58	150.5
2	-P	5.45	(111)	0.52	56	27.4	(113)	0.54	73	113
	+P	5.82	(118)	0.55	36	31.7	(131)	0.54	49	148
4	-P	7.04	(143)	0.53	61	32.5	(134)	0.53	54	190
	+P	6.27	(127)	0.54	35	25.3	(104)	0.51	37	248

収穫日: 1983年5月17日. * 跡地土壌.

第 6 表 キャベツの収量と作物体のリン含有率

厩肥施用量 (t/10 a)	リン酸施肥 の有無	平均収量 (kg/個)				P (%)	
		外葉部	結球部	(同左比)	外葉部	結球部	
0	-P	0.73	1.40	(72)	0.24	0.27	
	+P	0.82	1.94	(100)	0.30	0.36	
1	-P	0.85	1.92	(99)	0.31	0.30	
	+P	0.87	2.12	(109)	0.39	0.37	
2	-P	0.85	1.97	(99)	0.36	0.36	
	+P	0.82	1.92	(102)	0.40	0.39	
4	-P	0.91	2.15	(111)	0.33	0.36	
	+P	0.93	2.39	(123)	0.37	0.39	

収穫日: 1984年12月13日.

山⁷⁾はキャベツについて土壌中の可給態リン酸含量と収量との関係を検討し、可給態リン酸含量が 20.6 mg/100g 乾土の場合、リン酸無施用区のキャベツの収量指数はリン酸施用区の 65 であったこと、キャベツに対する可給態リン酸の適量値は 20.6 mg/100g 乾土以上であったことを報告している。本試験におけるキャベツ作付前、すなわちコマツナ栽培後の土壌の可給態リン酸含量は厩肥 0 t・リン酸無施用区では 43.5 mg/100g 乾土であり、景山らが検討した可給態リン酸の量を上回っていた。しかしながら同区の外葉部のリン含有率は欠乏値に近く、収量もリン酸を施用した対照区に比べ明らかに劣っていた。したがってキャベツにとって土壌中の可給態リン酸含量は 50 mg/100g 乾土程度以上にすることが必要と考えられる。

3. 要 約

1976年から1982年にかけておがくず入り牛ふん厩肥を毎作 0, 1, 2, 4 t/10 a 連用することによって土壌中の可給態リン酸含量に差異を生じた厩肥連用畑を用い、

野菜に対する施肥リン酸の肥効を調査した。すなわち、本試験では 1982年に上記の各試験区をリン酸施用区とリン酸無施用区に2分し、厩肥を連用した条件下でダイコン、ハクサイ、コマツナ、キャベツを順次栽培(1982~1984年)した。野菜の収量とリン含有率および土壌中の可給態リン酸含量との関係を調べ、各野菜に対するリン酸施肥の効果を検討した。

1. ダイコンに対する厩肥の施用効果は地上部では明確に認められたが、地下部では一定の傾向は認められなかった。また、地上部・地下部のリン含有率は厩肥施用による変動は少なかった。したがって本試験土壌はいずれの処理区ともダイコンの生育にとって必要とする以上のリン酸肥沃度をもっていたものと考えられた。

2. ハクサイに対する施肥リン酸の肥効は厩肥無施用区においてのみ認められ、厩肥施用区においては一定の傾向は認められなかった。また厩肥 0 t・リン酸無施用区におけるハクサイ収量は対照区(厩肥 0 t・リン酸施用)の 67% であった。ハクサイの収量を対照区と同等以上に高めるためには、外葉部・結球部のリン濃度を 0.67, 0.75% 以上に上げる必要がある。このためには可給態リン酸含量を 50 mg/100g 乾土程度に保つ必要がある。

3. コマツナの厩肥 0 t・リン酸無施用区における収量は対照区の 81% であった。同区では収穫時のリン含有率は他の処理区と似かよっていたが、生育途中のリン含有率は 0.38% と低かった。したがって同区の可給態リン酸レベル(43.5 mg/100g 乾土)では生育初期にリン酸の供給不足が生じたものと考えられた。

4. キャベツの厩肥 0 t・リン酸無施用区における収量は対照区の 72% であり、また外葉部、結球部のリン含有率はそれぞれ 0.24, 0.27% で対照区に比べて低下していた。同区に対する施肥リン酸の肥効は顕著であり、したがってキャベツの栽培では 50 mg/100g 乾土以

上の可給態リン酸が必要と考えた。

5. ダイコン、ハクサイ、コマツナに対するリン酸施用は作物体中のマンガンを、亜鉛含有率を低下させる傾向を示したが、収量に対する影響は認められなかった。

謝 辞 本試験を行うに当たり滋賀県農業試験場西川吉和氏、西沢良一氏、勝木依正氏、圃場管理には井上肇氏に多大のご協力をいただき、また本報告のとりまとめに有益なご助言、ご教示をいただいた名古屋大学農学部名誉教授 谷田沢道彦氏、名古屋大学農学部 吉田重方教授、滋賀県農業試験場長熊谷健氏に厚くお礼申しあげ

文 献

- 1) 大橋恭一・岡本将宏：おがくず入り牛ふん厩肥連用による野菜収量と土壤水分環境の変動，土肥誌，**56**，373～377 (1985)
- 2) 大橋恭一・岡本将宏：野菜の養分吸収と土壤の化学性に
- 3) 中国農業試験場編：昭和59年度近畿中国農業試験研究成績・計画概要集，総合農業・土壤肥料，p. 218 (1985)
- 4) シュコーリニク，M.Ja. 著，原田竹治訳：植物の生命と微量元素，p. 219，農山漁村文化協会，東京 (1982)
- 5) 農林水産省農産園芸局農産課編：土壤，水質及び作物体分析法，p. 86～87 (1979)
- 6) 農林水産省農産園芸局農産課編：土壤，水質及び作物体分析法，p. 166～167 (1979)
- 7) 景山美葵陽：そ菜に関する土壤肥料研究集録，p. 14～16，全国購買農業協同組合連合会 (1966)
- 8) 高木 浩：作物の亜鉛栄養，日本土壤肥料学会編，p. 181～184，博友社，東京 (1984)
- 9) 越野正義：施用亜鉛の土壤中での移動 (第1報)，土肥誌，**44**，217～222 (1973)
- 10) 高橋英一・吉野 実・前田正男：作物の要素欠乏，過剰症，p. 240～241，農山漁村文化協会，東京 (1980)
- 11) 農林水産省野菜試験場：野菜作の土壤養分過剰に関する成績概要，p. 60 (1980)

及ぼすおがくず入り牛ふん厩肥連用の影響，同上，**56**，378～383 (1985)