

# おが屑堆肥の有効利用 (第1報)

## 野菜に対するおが屑堆肥の連用効果

黒島忠司・井内 晃・福岡省二

### Application of compost from mixtures of cattle excrements and sawdust to field crops I. Effect of successive application of compost on the growth and yield of some vegetables

Tadashi Kuroshima, Akira Iuchi and Shoji Fukuoka

#### はじめに

徳島県の露地野菜は吉野川中下流の沖積平野を中心に、ハウレンソウ・シロウリ・西洋ニンジンなどが栽培され、京阪神市場の生鮮野菜の供給基地として発展してきた。この地帯ではいろいろな野菜を上手に輪作したり、連作しながら年間3毛作している地域であり、また比較的経営規模が大きいいため、各種有機物の施用を軽視あるいは回避する方向で農業経営が進められてきた。その結果、土地生産性の低下とそれに伴う作物の生育障害・品質の低下などがみられるようになり、農家の“土作りの必要性”の気運は高まるようになった。

しかしながら、土作りに従来から使われていた稲わらは稲作転換による水稻栽培面積の縮小に伴って、生産量が減少し、個々の農家でさえ、田畑に施用する稲わら量の確保が難しい。また、家畜ふん尿を昔は大切な肥料として重要視していたが、今日では農業の分化・専門化に伴い耕種部門から畜産部門が分離して、耕種部門(耕種農家)は家畜ふん尿、特に生ふん尿を悪臭・汚物感などの問題でだんだん利用しなくなり、土壤に施用される有機物量は減少傾向にある。

この問題点を解決するために、家畜ふん尿・糞穀・樹皮・おが屑などから、工業の副産物・廃棄物などについて種々の検討がなされている。その

中でも有機物資源の量として最も多い家畜ふん尿をおが屑・糞穀などと混合して、堆積発酵させた堆肥化物(発酵おが屑家畜ふん堆肥・発酵糞穀家畜ふん堆肥)が注目されるようになった。発酵おが屑家畜ふん堆肥(以下おが屑堆肥とする)を田畑に施用する場合にはおが屑の特性を把握するとともに、フェノール類・タンニン等の物質による発芽・生育障害<sup>1,4,6,12)</sup>などについて注意しなければならないといわれ、この面からの研究は少しずつされているが、おが屑堆肥の施用についての報告は少ない。

そこで、筆者らはおが屑堆肥の連用効果について、施用量・施肥量・土壌別の観点から検討しており、第1作ハウレンソウから第7作レタスまでの試験結果をとりまとめたのでここに報告する。

この試験の遂行にあたり種々の御教示を賜わった当試験場阿部泰典次長および環境科永井洋三科長に対し、ここに記して深く感謝の意を表する。

#### 試験方法

おが屑堆肥の連用が野菜の生育・収量、土壤に与える影響について、1970年に圃場整備した場内圃場(砂質土壌・粘質土壌)を使って、次に示す試験区を設け、種々の野菜を供試して試験を実施する。

##### 1. 圃場条件

砂質土壌：圃場整備時に粘質土壌約50cmを取り

除き、その後地に吉野川沖積平野の土（砂壤土）を客入した。1作水稻栽培後、深さが5~7cmになるように海砂を入れて、表土と混合した。この圃場を1972、73年には花木の育苗圃場として利用していた。従って、この土は非常に有機物が乏しく脊薄な土壤である（第1表）。

粘質土壤：圃場整備後、1作水稻栽培し冬の期間に深さ約2cm程度になる量の海砂を客土した。その後の作付は水稻を栽培した後、1年間休耕した。圃場整備した直後、水稻のできむらが生じたが、徐々に少なくなり、3年目には生育むらはなくなった。この土も有機物含量の少なく、物理性の悪い土壤である（第1表）。

第1表 供試土壤の理化学性

土壤	土壤	T-C	T-N	C/N	pH (KCl)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/±100g	置換性塩基me/±100g		
							CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
砂質土壤	S L	0.48%	0.046%	10.4	6.5	12	1.7	0.5	0.1
粘質土壤	C L	1.24	0.136	9.1	5.7	54	4.5	1.1	0.1

第2表 おが屑堆肥作付け別施用量 (t/10a)

区名	1974年		1975		1976		1977		累計 堆肥 総量
	第1作 冬作	第2作 夏作	第3作 冬作	第4作 夏作	第5作 冬作	第6作 夏作	第7作 冬作		
無施用・標肥区	0	0	0	0	0	0	0	0	0
〃・減肥区	0	0	0	0	0	0	0	0	0
標準量連用・標肥区	3	3	3	3	3	3	3	3	21
〃・減肥区	3	3	3	3	3	3	3	3	21
多量連用・残効・標肥区	15	15	15	15	0	0	10	10	70
〃・減肥区	15	15	15	15	0	0	10	10	70

第3表 堆肥連用畑の作付けと標準施肥量

作付け	第1作	第2作	第3作	第4作	第5作	第6作	第7作	
供試作物	ハウレンソウ (ニューアジア)	カンラン (長交60日)	カンラン (春ひかり七号)	スイートコーン (ハニーバンタム)	タマネギ (貝塚極早生)	スイートコーン (ハニーバンタム)	レタス (グレートレ ークス366)	
播種 定植	10月30日	6月4日 7月9・10日	10月3日 11月12・18日	5月7日	9月1日 11月10日	5月16・30日	9月19日 10月19日	
収穫期	2月26日	—	4月2~21日	7月26~30日	5月9日	8月3~16日	1月12~30日	
標準施肥 の三要素 (kg/10a)	要素	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	
	基肥	12 8 11	15 20 14	15 20 14	20 15 20	10 15 9	15 20 15	15 10 13
	追肥	7 0 7	5 0 5	5 0 5	5 0 5	7.5 0 7.5	7.5 0 7.5	7 0 7
	追肥	6 0 6	— — —	5 0 5	5 0 5	7.5 0 7.5	7.5 0 7.5	— — —
合計	25 8 24	— — —	25 20 24	30 15 30	25 15 24	30 20 30	22 10 20	

## 2 試験区の構成

おが屑堆肥の施用量として、0 t/10a（無施用区）、3 t/10a（標準量連用区）、10~15 t/10a（多量連用・残効区）を施用し、それぞれの系列に各作物の標準施肥量を施した区（以下標肥区とする）と標準施肥量の $\frac{2}{3}$ を施した区（以下減肥区とする）を組合せて、試験区を設定した。

試験規模は砂質土壤・15m<sup>2</sup>（3m×5m）、粘質土壤・20m<sup>2</sup>（3m×6.67m）であり、各土壤とも2連制で実施した。

## 3 おが屑堆肥の施用・施肥量・施肥方法

堆肥の施用量は第2表に示したとおり施用し、施用時期としては、ハウレンソウ・播種7日前、夏カンラン・定植3日前、冬カンラン・定植14日前、スイートコーン・播種10日前、タマネギ・定植40日前、スイートコーン・定植3日前、レタス・定植16日前に施用し、その後耕耘した。

施肥は窒素25kg/10aを基準にして、第3表に示した通り行なった。なお減肥区は標肥区の $\frac{2}{3}$ の施肥量である。

## 4 堆肥連用畑の作付けと耕種概要

第3表に示した作物を供試して、試験を行なった。1区2畝（畝幅1.5m）とし、ハウレンソウ・4条の直播、カンラン・株間38cmの2条植え、

スイートコーン・株間35cmの2条直播，タマネギ・株間11cmの4条植え，レタス・株間35cmの3条植えで12月21日からビニールで被覆した。なお，スイートコーンの仕立ては第3作・1株1本仕立て2穂取り，第5作・1株2本仕立て2穂取りにした。その他は第3表に示したとおりである。

5 供試したおが屑堆肥の種類と組成

この試験に用いたおが屑堆肥は牛ふんとおが屑の混合物を堆積発酵させたものであり，第1～4作に用いたおが屑堆肥はおが屑を敷料とした時生じるおが屑牛ふん尿混合物を90日間堆積発酵させたものを，第5～7作には牛ふんとおが屑を混合させて60日間堆積発酵させたおが屑堆肥<sup>5)</sup>を用いた。このおが屑堆肥の成分組成(7作間の平均値)は第4表に示したとおりである。

第4表 供試おが屑堆肥の成分組成(現物%)

項目	月日							
	水分	T-C	T-N	C/N	りん酸	カリ	石灰	苦土
おが屑堆肥	65	16.7	0.49	34.0	0.46	0.52	0.48	0.20

注) 第1～7作まで用いたおが屑堆肥の平均値

6. 土壌の採取と分析法

分析土壌は作物収穫後，株と株の中間地点で表土約2cmの土壌を除き，その下の作土層7～8cmの土壌を1処理区から5か所採取し，よく混合した。その土壌を風乾して，分析試料とした。

分析方法は pH (H<sub>2</sub>O)・EC (乾土：水=1：2)，pH (KCl) (乾土：水=1：2.5)，全炭素(チューリン法)，全窒素(ケルダール法)，りん酸(トルオーグ法)，置換性カリ・ナトリウム(炎光光度法)，置換性石灰・苦土(原子吸光度法)。

試験結果および考察

おが屑堆肥の連用について，砂質土壌と粘質土壌における効果，連用と施肥，土壌と野菜の生育などの面から，年次別・野菜別にみると次のようである。

1. 砂質土壌における生育と収量

ハウレンソウ，カンラン，タマネギ，スイートコーン，レタスにおいて，堆肥無施用・標肥区の収量を100とした場合の標準量連用区，多量連用・残効区の収量指数は第1図のとおりである。

ハウレンソウ(第1作)：播種前後の降雨にもかかわらず，その後2週間余り雨がなかったため，ハウレンソウの発芽不揃が生じた。特に堆肥を多く施用した区ほど発芽の遅れたものが多かった。しかし，その後における堆肥施用区の生育は無施用区より旺盛になり，1月17日には堆肥施用区が同程度又はや・優り，収穫時における生育は無施用区より優り，多量連用区，標準量連用区の順であった(第5表)。

このような生育結果，標肥・減肥系列ともに，収量は多量連用区が最も多く，次いで標準量連用区であった。標肥系列の方が減肥系列より堆肥施用効果は大きかった。

第5表 ハウレンソウの生育(砂質土壌)  
(15株平均)

区名	月日	1月7日		2月26日		同左 指数
		葉長	1個 体重	葉長	1個 体重	
標肥	無施用	14.9cm	11.1g	24.5cm	30.8g	100
	標準量連用	15.1	12.0	26.0	36.4	118
	多量連用・残効	14.5	11.2	26.0	38.5	125
減肥	無施用	14.1	9.9	24.4	29.5	96
	標準量連用	14.7	8.8	25.2	32.8	106
	多量連用・残効	14.8	11.1	23.2	33.4	108

カンラン(第3作)：定植後，2回の降雨に恵まれ，植傷みも全くなく，生育は順調であった。11月下旬から1月中旬までは気温も低く，雨量も少なかったため処理間の差はあまり認められなかった。しかし，1月下旬頃から処理間に差が現われた。すなわち堆肥施用区のカンランは葉が大きく，葉数も多く形成され，球の肥大もよく，生育が非常に良かった。その後，気温の上昇とともに，堆肥施用区のカンランは生育が旺盛になり，無施用区との生育差は生育が進むにつれて大きくなった(第6表)。堆肥施用区の標準量連用区と，多量連用区を比較すると，2月24日におけるカンランの生育は標肥・減肥系列ともに多量連用区が優ったが，4月2日において，標肥系列では標準量連用区>多量連用区，減肥系列では多量連用区>標準量連用区になり，施肥量によって異なる結果になったが，減肥系列ではその差が非常に少なかった。

時期別収穫個数をみると，多量連用区は初日に

標肥系列で92%, 減肥系列で87%も収穫でき、4月2日時点での収穫は遅い位であり、5日には全て収穫できたが、標準量連用区、無施用区ともに多量連用区に比べて収穫期が遅れた。特に減肥系列において遅れた(第7表)。その結果、多量連用区に比べると10日程度収穫時期が遅れたが、4月上旬は日ごとに気温が上昇し、作物の成長は日増しに早くなるため、期間以上の開きがあると思われた。

全収量をみると、標肥・減肥系列ともに、収穫

時期の遅い無施用区が最も収量が多く、次いで標準量連用区、多量連用区で、生育調査結果とはかなり異なった。これは4月1~21日間に降雨日が8日もあったこと、4月6~21日にかけて最低気温が0.2~6℃(平均3.1℃)も高かったことなどから、収穫の遅れていたカンランの生育が日毎に旺盛になり、収穫初期のものよりも、球が大きくなったためと思われる。

なお、第2作目のカンランは長雨などのために、生育むらが生じて、調査しなかった。

第6表 カンランの生育(砂質土壌)

(15株平均)

区名	項目	2月24日					4月2日				
		全重	球		葉数		全重	同左指数	球		
			球重	球径	外葉	内葉			球重	同左指数	球径
標肥	無施用	333 g	42.4 g	6.8 cm	11.6 枚	7.4 枚	1040 g	100	625 g	100	12.1 cm
	標準量連用	376	55.6	7.4	12.1	8.4	1225	118	821	126	12.9
	多量連用・残効	411	60.8	7.8	12.8	8.9	1208	116	776	119	12.5
減肥	無施用	312	39.9	6.8	12.1	7.1	1023	98	606	93	12.0
	標準量使用	328	41.1	7.0	12.3	7.8	1126	108	678	104	12.4
	多量連用・残効	408	63.4	7.3	10.9	8.6	1142	110	691	106	12.0

タマネギ(第5作目): 定植してから2月中旬まで、タマネギの生育はほとんど停滞し、処理間の生育差はなかった。12月から2月下旬までの雨量は42.0mm(農試調査)で、平年の161.5mm(徳島気象台調査)に比べて、極端に少なかった。そのために処理間によ

って土壌表面の塩類集積が異なったものと思われる。すなわち、無施用区では塩類の集積のため土壌表面が白くなったが、標準量連用区ではほとんどみられなかったし、多量残効区は土壌中に塩基が多いにもかかわらず、土壌表面の塩類集積は少なかった(第2図)。

1・2月は平年より気温が低かったが、3月になると気温が平年以上に上昇し、タマネギの生育は旺盛になり、3月30日の生育調査において堆肥施用区と無施用区との差がみられ、その生育差は生育が進むにつれて大きくなり、5月6日の調査では、草丈が大きだけでなく、生体重も重く、球の肥大も早かった。

第7表 カンランの時期別収穫累計個数と全収量(砂質土壌)

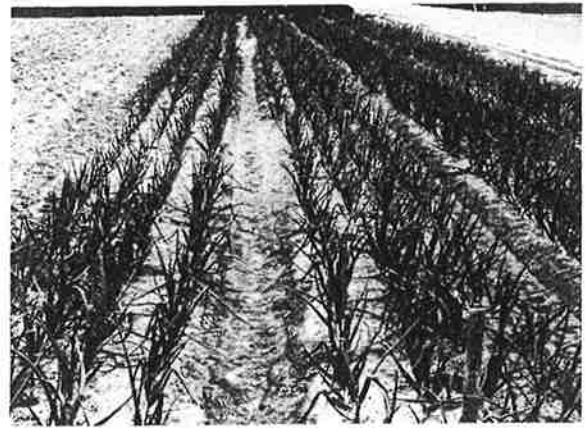
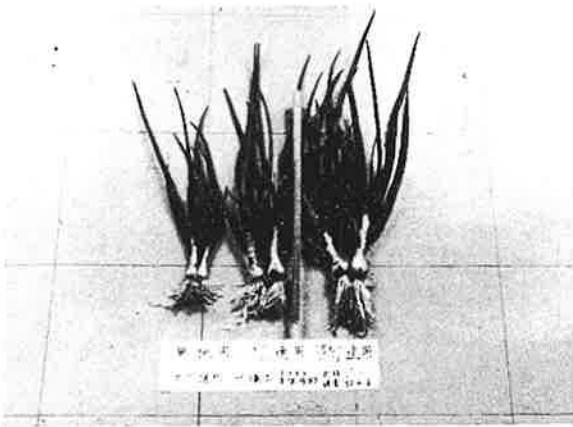
(18m<sup>2</sup>当り)

区名	4月2日	5日	7日	12日	15日	全収量	
標肥	無施用	21個	40	45	62	—	52.33 kg
	標準量連用	27	45	55	58	—	50.75
	多量連用・残効	56	61	—	—	—	47.38
減肥	無施用	12	39	42	56	64	62.04
	標準量連用	14	35	38	51	60	48.56
	多量連用・残効	51	59	—	—	—	41.43

堆肥施用間の標準量連用区と多量残効区を比べると、3月30日の調査では標準量連用区と同程度かやや優っていたが、5月6日時点では明らかに標準量連用区は草丈が大きく、球の肥大も良かった(第8表)。

このような生育を受けて、堆肥を施用すると収量は多くなり、無施用区よりも61~110%増収した。また堆肥施用区間では標準量連用区が多量残効区より増収した(標肥・減肥系列ともに)。

スイートコーン(第6作目): 今作のスイートコーンは播種前後に雨が少なく、全体に発芽が遅れ、播種6日目の降雨(13mm)によって、ようやく発芽し、各処理間一斉に発芽した。



第2図 おが屑堆肥の連用と生育・塩類集積

中央の白い部分は堆肥無施用でタマネギの生育が悪い。

発芽後、堆肥施用区のスイートコーンは茎が太く、葉色も濃く、生育がよく、標肥系列では生体重が、減肥系列では全長・生体重が、無施用区より優った。特に減肥系列の多量残効区において生育が旺盛であった。これに反して、無施用区のス

イートコーンは茎が細く、葉色も初期の濃緑色からまもなく淡緑黄色に変わり、追肥を行なうと再び緑色にと、葉色変化が大きかった。特に減肥系列の方が顕著であった(第9表)。

第8表 タマネギの生育(砂質土壌)

区名	項目	3月30日		5月・6日					
		全長	1個体重	全長	1個体重	1個球重	同左指数	球径	球高
標肥	無施用	36.1cm	30.6g	45.3cm	116g	77g	100	6.8cm	3.9cm
	標準量連用	43.7	52.5	62.7	242	165	214	7.9	4.5
	多量連用・残効	44.3	51.9	58.5	201	138	179	7.4	4.5
減肥	無施用	32.4	29.9	53.8	146	98	127	6.3	4.4
	標準量連用	45.4	52.9	67.1	280	186	242	8.2	4.7
	多量連用・残効	42.6	50.6	60.9	23.2	162	210	7.8	4.8

収量は多量残効区が最も多く、次いで標準量連用区であった(標肥・減肥系列ともに)。

スイートコーンの1穂重は標肥系列では多量残効区が、減肥系列では標準量連用区のもの最も重かった。

標肥系列は減肥系列に比べて、全収量が多いが、1穂重

第9表 スイートコーンの生育と1個体重(砂質土壌)(収穫時)

区名	科長	生体重	1穂重	同左指数	
標肥	無施用	174cm	309g	280g	100
	標準量連用	177	344	293	105
	多量連用・残効	175	326	302	107
減肥	無施用	169	294	301	107
	標準量連用	178	302	313	112
	多量連用・残効	182	376	307	108

は軽かった(第9表)。

なお、第4作目のスイートコーンはカラス・害虫などによる被害のため、調査成績を除外した。

レタス(第7作):カンラン(第3作)同様定植後の生育は堆肥を多く施用した区ほどよく、球も大きくなった。生育が進むにつれて無施用区との生育差は広がった。また減肥系列の方が標肥系列より生育がよかった(第10表)。

注) 生体重とはスイートコーンの実を除いた地上部の重さである。

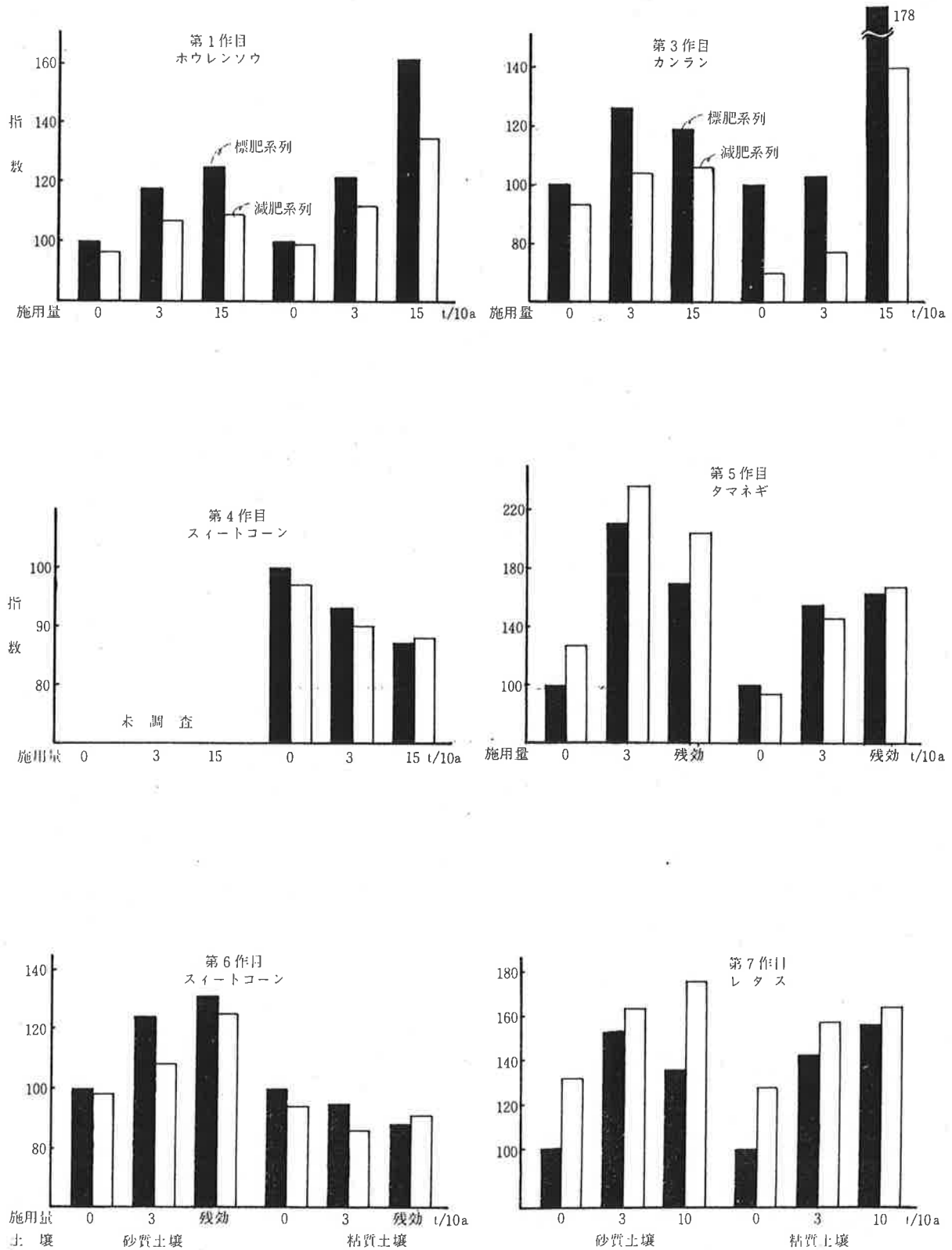
1穂重とはスイートコーンの実1個体の重さである。

第10表 レタスの生育と収量(砂質土壌)

区名	生育調査(1月9日)		収量(10.5㎡当り)		
	全重量	球重	全収量	同左指数	
標肥	無施用	553g	268g	15.77kg	100
	標準量連用	822	450	24.18	153
	多量連用・残効	899	524	21.27	135
減肥	無施用	694	343	20.70	131
	標準量連用	845	492	25.70	163
	多量連用・残効	978	645	27.89	177

減肥系列では生育調査と同様に、多量連用区が最も増収し、次いで標準量連用区であったが、標肥系列では標準量連用区、多量連用区、無施用区の順であった。

無施用区の土壌が特に低いpHを示したので苦土石灰を300kg/10a施用した結果、標準量連用区より高いpHを示したが、生育・収量はかなり劣った。



第1図 砂質土壌・粘質土壌におけるおが屑堆肥の施用効果  
 (各土壌の堆肥無施用・標肥区を100とした場合の  
 収量指数または生育指数を示した)

第11表 カンランの生育 (粘質土壌)

(15株平均)

区名		2月24日					4月2日				
		全重	球		葉数		全重	同左指数	球		
			球重	球径	外葉	内葉			球重	同左指数	球径
標肥	無施用	307 g	37 g	7.1 cm	12.1 枚	5.6 枚	919 g	100	572 g	100	11.3 cm
	標準量連用	358	52	7.5	12.4	6.9	1059	115	589	103	11.1
	多量連用・残効	490	106	8.6	11.8	8.6	1421	155	1018	178	14.1
減肥	無施用	229	25	6.2	12.0	5.4	719	78	400	70	11.1
	標準量連用	279	27	6.5	13.1	5.4	776	84	440	77	10.9
	多量連用・残効	480	88	7.9	12.4	8.9	1298	141	795	139	13.0

2. 粘質土壌における生育と収量

砂質土壌と同様に、粘質土壌の堆肥無施用・標準肥区の収量を100とした場合の標準量連用区、多量連用・残効区の収量指数は第1区のとおりである。

ハウレンソウ (第1作)：砂質土壌と同様にやや発芽不揃が生じたが、その後の生育は順調に進み、堆肥を多く施用した区ほど、生育が良かった。このような生育を受けて、標肥・減肥系列ともに、堆肥を施用すれば増収した。特に多量連用区は収量が多かった。

カンラン (第3作)：1月中旬頃から、多量連用区のカンランは生育が旺盛になり、2月24日の調査では無施用区に比べて、全重で60%も重く、結球の始まりも早く、球重は2.9倍にもなっていた。その後、気温の上昇とともに、無施用区のカンランも生育がよくなったが、堆肥区の生育がずっと旺盛で、4月2日の調査でも2月時点と同様かなりの生育差を示した (第11表)。特に多量連用区のは砂質土壌の多量連用区、標準量連用区のものよりも生育が進み、結球も早かった。

生育の進んだ区ほど、収穫も早く、多量連用区は4月10日に全て収穫できたが、無施用区や標準量連用・減肥区は21日によろやく、収穫が終えた。このように堆肥施用によって収穫期日が10日も早くなった。

全収量を見ると、標肥系列では多量連用区が最も収量多く、次いで標準量連用区、無施用区であったが、減肥系列では多量連用区>無施用>標準量連用区の順になり、生育調査結果と少し異った。

スイートコーン (第4作)：播種直後の雨で一

応揃って発芽したが、多量連用区は少し発芽不揃がみられた。これはおが屑堆肥15t/10aを4作連用した結果、土壌の表層1~2cmが乾きやすくなったために生じたものと思われる。しかし、この不揃も生育が進むに従って、生育差はなくなり、7月末の生育調査において標肥系列では、多量連用区のもものが草丈最も大きく、次いで標準量連用区、無施用の順であったが、減肥系列では多量連用区のもものが草丈も短かく、生体重も軽くて、最も生育が悪かった。また雄穂の出穂率を時期別にみると、無施用区が施用区より、10%程度早く出穂し、出穂期は2日位早かった。

収量は無施用区が最も多く、次いで標準量連用区、多量連用区の順であった (標肥・減肥系列ともに)。標肥系列の無施用区は収穫個数も多く、1穂重も重く、逆に、多量連用区は個数も少なく、1穂重も軽かった。減肥系列でも無施用区は収穫個数が多かったが、1穂重は標準量連用区が重かった (第13表)。

タマネギ (第5作)：定植から2月中旬までは、タマネギの生育が停滞し、処理間の生育差もなかったが、3月になり、気温が上昇するにつれて、生育が徐々に旺盛になり、生育差も現われ始めた。3月の調査では堆肥を多く施用するほど生育がよく、多量残効区は無施用区の2倍以上 (1個体重) になり、非常に生育がよかった。この生育差は収穫期の調査でもみられた。特に多量残効区は草丈が大きく、1個体重も重くて、球の肥大も非常に良かった (第14表)。

このような生育を受けて、収量は多量残効区が最も多く、次いで標準量連用区であった。無施用区のみは鱗片が薄く、小形でしかも球の小

さいものが非常に多く、品質が劣ったのに反して、施用区のもの品質が非常によかった。また標肥系列は減肥系列より、無施用区・標準量連用区では収量が優ったが、多量残効区では劣る結果となった。

スイートコーン（第6作）：砂質土壌と同時に播種したが、カラス・ハトなどの被害を受けて、その対策を立てた後、2週間遅れて再度播種した。

発芽やその後の生育は全体によく、無施

第12表 カンランの時期別収穫累計個数と全収量（粘質土壌）（18m<sup>2</sup>当り）

区名	4月5日	10日	14日	21日	全収量	
標肥	無施用	18個	41	53	59	37.67 kg
	標準量連用	21	46	65	—	40.29
	多量連用・残効	56	60	—	—	51.52
減肥	無施用	13	20	49	63	40.18
	標準量連用	9	14	41	59	36.09
	多量連用・残効	48	57	—	—	52.25

用区のスイートコーンでも砂質土壌の無施用区のもののように肥切れ症状はなく、順調に生育し、草丈もかなり大きくなった。堆肥区のもの無施用区より、茎が太く、葉も大きくて非常に生育が良かった。また標肥系列の方が減肥系列より生育が全体に旺盛であった（第15表）。

収量は無施用区が施用区よりも多かったが、その収量差はわずかであった（標肥・減肥系列とも）。堆肥施用間において、標肥系列では標準量連用区が多量残効区より、減肥系列では、逆に多量残効区がわずかに収量が多かった。

スイートコーンの1穂重についてみると、無施用区のもの重く、堆肥施用区のものわずかに軽かった。また、この作でも前作タマネギ、前々

第14表 タマネギの生育（粘質土壌）（15株平均）

区名	月日 項目	3月30日		5月6日					
		全長	1個体重	全長	1個体重	1個球重	同左指数	球径	球高
標肥	無施用	32.5 cm	24.8 g	57.1 cm	156 g	104 g	100	6.4 cm	4.2 cm
	標準量連用	41.1	42.5	63.8	237	157	151	7.7	4.4
	多量連用・残効	47.1	54.3	64.2	270	175	168	8.1	4.5
減肥	無施用	30.5	20.7	56.4	153	99	95	6.1	4.2
	標準量連用	42.2	36.7	62.7	230	149	143	7.5	4.4
	多量連用・残効	45.7	46.5	65.0	268	179	172	7.7	4.5

第13表 スイートコーンの生育と収量（粘質土壌）（40m<sup>2</sup>当り）

区名		生育調査(7/30)		収量調査			
		稈長	生体重	個数	収量	指数	1穂重
標肥	無施用	178 cm	535 g	140	48.8 kg	100	349 g
	標準量連用	183	530	138	45.8	94	332
	多量連用・残効	184	523	129	42.6	87	330
減肥	無施用	182	519	140	46.8	96	335
	標準量連用	179	527	126	42.9	88	340
	多量連用・残効	176	471	131	42.9	88	327

収量調査は1個 200g 以上のものを調査し、それ以下のものは、調査外とした。

第15表 スイートコーンの生育と1個体重（粘質土壌）

区名	稈長	生体重	1穂重	同左指数	
標肥	無施用	202 cm	460 g	299 g	100
	標準量連用	221	525	288	96
	多量連用・残効	228	514	296	98
減肥	無施用	211	415	299	100
	標準量連用	212	461	275	91
	多量連用・残効	206	489	280	93

注) 生体重とはスイートコーンの実を除いた地上部の重さである。

1穂重とはスイートコーンの実1個体の重さである。

作のスイートコーン同様、多量残効区において、標肥系列が減肥系列よりわずかに減収となった。

レタス（第7作）：砂質土壌のレタス同様、生育が進むにつれて、堆肥施用区のレタスは生育が良く、無施用区との生育差を大きくした。その結果、収量も多量連用区が最も多く、次いで標準量連用区であった。堆肥を施用した多量・残効区と標準量連用区との収量差は小さかったが、無施用区との収量差は大きかった。

標肥系列は減肥系列に比べて、生育がやや劣り、減収した（同堆肥施用量間では）（第16表）。また無施用区の土壌だけ、苦土石灰を 300kg/10a 施用した結果、pHは標準量連用区より中性に近づいたが、生育はかなり劣った。



第16表 レタスの生育と収量 (粘質土壤)

区名	生育調査(1月9日)		収量(10.5㎡当り)		
	全重量	球重	全収量	同左指数	
標肥	無施用	777 g	396 g	24.12kg	100
	標準量連用	955	569	34.14	142
	多量連用・残効	1226	746	37.68	156
減肥	無施用	776	422	30.90	128
	標準量連用	1026	645	37.75	157
	多量連用・残効	992	637	39.89	165

3. 作物の生育からみた堆肥の連用と施肥

砂質土壤、粘質土壤の堆肥連用試験結果から、各作物・各連用区毎に、標肥系列の生育(又は収量)に対する減肥系列の生育(又は収量)の増減割合を第3図に示した。

砂質土壤：第1作ホウレンソウ・第3作カンランでは、堆肥施用の有無にかかわらず、施肥量を減らすと減収になったが、作物栽培年数が3年目(第5作タマネギ)、4年目(第7作レタス)と長くなると、どの処理区とも標肥系列が減肥系列より生育が抑制されて、収量が劣った。

粘質土壤：第1・3作では砂質土壤同様、堆肥連用の有無にかかわらず、施肥量を減らせば減収した。その減収する割合も砂質土壤より大きく、特に第3作カンランでは標肥系列に比べ、20%以上も減収した。

第4・5・6作では施肥量を減らせば、無施用区・標準量連用区で数%減収したが、多量連用・残効区では数%増収し、減肥系列は標肥系列との生育(又は収量)差が徐々に小さくなった。第7作になると施肥量を減らして栽培した方が標準施肥量を施した場合より、生育がよくなった。特に堆肥を施用していない無施用区において著しかつ

た。

堆肥連用量：堆肥を施用した標準量連用区と多量連用・残効区を比較すると、第1作ホウレンソウでは多量連用・残効区が標準量連用区より減収率が大きかったが、第3作カンラン・第4・6作スイートコーン、第5作タマネギ、第6作レタス(砂質土壤のみ)では多量連用・残効区の方が減収率が小さかった(又は増収率が大きかった)。これらのことから、多量連用・残効区の堆肥は第3作目以降、標準量連用区より多く分解されて、肥効を示したものと推測される。

砂質土壤・粘質土壤の無施用区における標肥区と減肥区を比較すると、砂質土壤では第1・3作で標肥区の生育が減肥区より優っていたが、第5・7作では逆に生育が劣った。粘質土壤では第1・3・4・5・6作で標肥区の生育が減肥区より優り、第7作目になって初めて減肥区より劣った。

この無施用区の土壤は肥沃度に乏しい土であり、一般に増肥すれば増収する傾向がみられるが、砂質土壤では第5作目から、粘質土壤では第7作目からは増肥効果が現われなくなった。無施用区のタマネギ・レタス(標肥・減肥区とも)は堆肥施用区のものに比べて生育が非常に抑制されているようであり、土地生産力の低下の兆しが現われたように思われた。

なお、スイートコーンは夏栽培するものであり、ホウレンソウ、レタスなどの秋冬野菜とは若干生育相を異にしたので除いた。

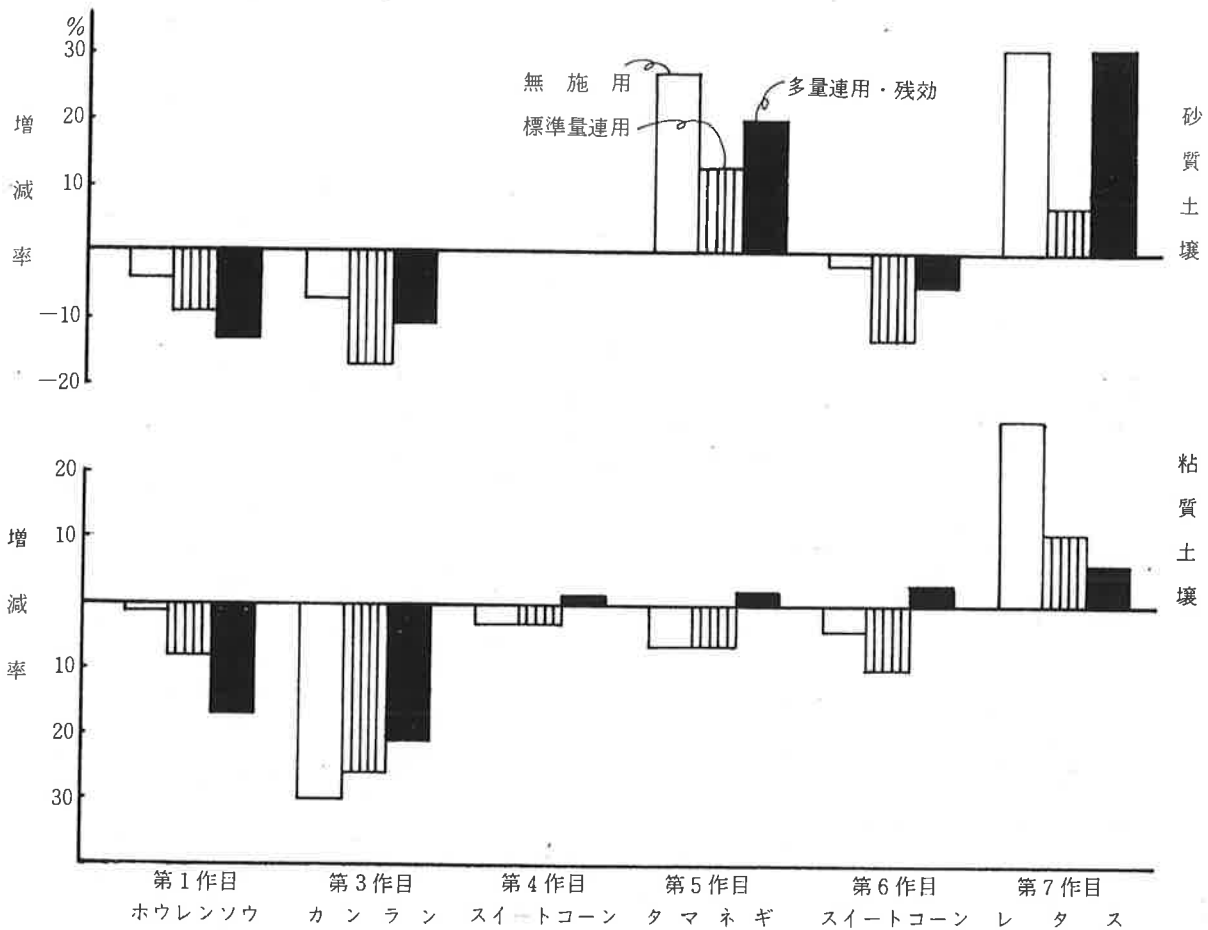
4. 土壤・栽培年数と野菜の生育

ホウレンソウ・カンラン・タマネギ・レタスに対する堆肥連用効果は砂質土壤・粘質土壤ともに高かった。またこれらの野菜は秋冬野菜であるこ

第17表 土壤と野菜の生育 (標肥系列)

区名	土壤	ホウレンソウ			カンラン			タマネギ			レタス		
		全体重	粘質 砂質	粘質※ 砂質	球重	粘質 砂質	粘質※ 砂質	全重	粘質 砂質	粘質※ 砂質	球重	粘質 砂質	粘質※ 砂質
無施用	砂質	30.8 g			625 g			116 g			268 g		
	粘質	21.0	0.68	0.71	572	0.92	0.66	156	1.35	1.01	396	1.48	1.23
標準量連用	砂質	36.4			821			242			450		
	粘質	25.7	0.71	0.73	589	0.72	0.65	237	0.95	0.80	569	1.26	1.31
多量連用・残効	砂質	33.4			776			201			524		
	粘質	32.7	0.98	0.74	1018	1.31	1.15	270	1.27	1.10	746	1.42	0.99

※ 減肥系列における比率



第3図 堆肥施用土壌における標準施肥に対する減肥の収量増減

とから、同じ堆肥施用量間における砂質土壌と粘質土壌の生育差や作付け回数による違いなどを第17表に示した。スイートコーンの場合、砂質土壌と粘質土壌で施用効果が異なったので、土壌とスイートコーンの生育・収量の関係を第18表に示した。

葉菜類・タマネギ：粘質土壌における野菜の生育は砂質土壌のものに比べて、第1作目は全処理間で劣ったが、第3作では多量連用・残効区が、第5作目には無施用区・多量連用・残効区が優り、第7作目に全ての処理間で生育が良かった。また、第1作ホウレンソウでみられるように粘質土壌の生育は砂質土壌のものに比べて、無施用区で68%、標準量連用区で71%、多量連用区で98%と劣るが、堆肥の施用量が多くなるにつれて、生育差は少なくなった。

多量連用・残効区において、粘質土壌の生育を砂質土壌のものに比べると、第1作で少し劣った

が、第3・5・7作でははるかに優る生育をした。標準量連用区では、粘質土壌の生育は畑土壌に比べて、第1・3・5作で劣り、ようやく第7作目に優った。このことから、粘質土壌でもおが屑堆肥を多施用すれば短期間に物理性の改善ができ、砂質土壌に劣らないものが生産できるが、標準量(3 t/10a)の施用では長期間にわたって連用する必要があるように思われた。

スイートコーン：葉菜類・タマネギとは逆に粘質土壌が砂質土壌よりも、全体に生育がよく、収量も多かった。生育の良かった粘質土壌においては、草丈が小さく、生体重の軽かった無施用区が最も増収し、次いで標準量連用区・多量連用・残効区の順であったが、その収量差はわずかであった。生育の劣った砂質土壌では、草丈が短くまた生体重も軽かった無施用区は非常に収量が少なかったが、堆肥を施用している標準量連用区、多量連用・残効区は粘質土壌と同等の収量を得た。

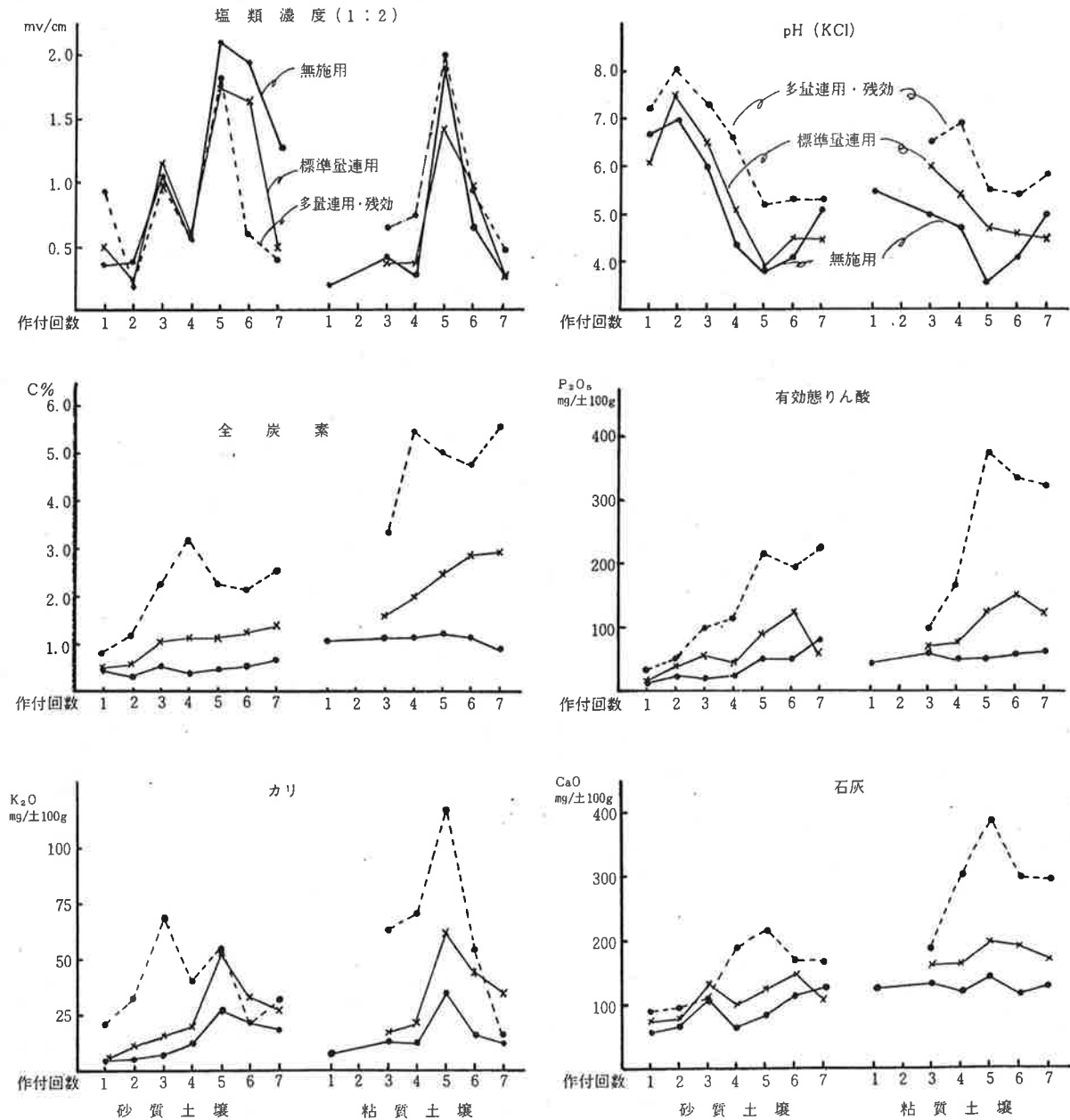
第18表 土壌とスイートコーンの生育・土壌中の全炭素 (標肥系列)

区名	生育		収量(60株当り)		土壌中の全炭素	
	稈長	生体重	全収量	1穂重		
砂質土壌	無施用	174cm	309g	16.8kg	280g	0.54%
	標準量連用	177	344	21.1	293	1.24
	多量連用・残効	175	326	22.4	302	2.10
粘質土壌	無施用	202	460	22.7	299	1.14
	標準量連用	221	526	21.6	288	2.81
	多量連用・残効	228	515	21.3	296	4.75

5. 堆肥連用畑における土壌成分の変化

第1作ホウレンソウから第7作レタスまでの収穫時における土壌成分(標肥系列)の経時変化を第3図に、第6作スイートコーンにおける土壌分析結果(砂質土壌)を第19表に示した。

全炭素は砂質土壌・粘質土壌ともに、堆肥施用量が多くなるにつれて多く、また連用回数が増すほど、土壌中の全炭素は多かった。標準量(3t/10a)の連用でも全炭素はかなり増加し、連用4



第4図 砂質土壌・粘質土壌中における各成分の経時変化 (標準施肥系列の場合)

第19表 堆肥連用第6作における土壌分析（砂質土壌）

区名	EC	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	T-N	T-C	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
無施用 標肥	1.95	4.5	4.1	0.071	0.54	7.6	52	21	116	41
〃 減肥	1.87	4.9	4.6	0.062	0.60	9.7	51	16	139	44
標準量連用 標肥	1.64	4.9	4.5	0.110	1.24	11.3	140	33	148	39
〃 減肥	0.79	5.9	5.4	0.133	1.66	12.5	133	26	134	31
多量連用・残効 標肥	0.58	5.8	5.3	0.146	2.10	14.4	194	21	169	22
〃 減肥	0.64	6.4	5.9	0.153	2.29	15.0	204	23	179	27

注) EC, pH(H<sub>2</sub>O) 1:2浸出, pH(KCl) 1:25浸出, N C……%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O CaO, MgO……mg/土.100g

作目には砂質土壌で全炭素1.13%（最初0.45%）、粘質土壌で全炭素2.02%（最初1.07%）と約2倍の炭素含有量になった。その後も堆肥を連用すると砂質土壌では、ほとんど増加しなかったが、粘質土壌では2.49→2.84→2.91%とかなり増加した。

多量連用・残効区は標準量連用区より土壌中の全炭素が多く、また連用するほど増加した。土壌中における全炭素の分解をみるために、第5・6作に堆肥を連用しなかった結果、この1年間に砂質土壌では全炭素が1.1%（減少率34%）、粘質土壌では全炭素0.7%（減少率13%）減少して、砂質土壌は粘質土壌に比べて全炭素の蓄積が少なく、消耗も激しかった。

有効態りん酸は堆肥の施用量が多いほど多かった。また多量連用・残効区の5作以降では、300mg/土100g以上と非常に多く蓄積していたが、現在それに伴う生育障害はみられないように思われた。

置換性カリ（水溶性カリも含む）は野菜の種類、生育期間、土壌採取時期、条件などによって変動が大きかった。第4作目までは堆肥施用量の多いほど、土壌中に置換性カリは多く蓄積されていたが、第5作目から各処理間に一定の傾向がみられなくなり、各処理間のカリ含量の差は少なくなった。

置換性石灰は粘質土壌において、堆肥施用量が多いほど多く含まれた。砂質土壌でもほぼ同じ傾向がみられた。第7作に無施用区だけ苦土石灰300kg/10aを施用した結果、砂質土壌では無施用区が標準量連用区よりも多くなったが、粘質土壌では堆肥施用による影響が大きかった。

電気電導度（EC）をみると、堆肥の施用量に

よる変動よりも、土壌の採取時期による変動が大きかった。特に生育後期や収穫期に雨量が少ない場合に非常に高い電気電導度を示した。

pH(H<sub>2</sub>O)の変化をみると、第1作ハウレンソウ、第2作カンランにおいて各々苦土石灰を150kg/10a施用した結果、高い値を示したが、その後、苦土石灰の施用をやめるとpHは徐々に低下し、第5作目には4.0以下の処理区もみられた。処理間を比較すると、堆肥を多く施用した多量連用・残効区が最も中性に近く、次いで標準量連用区、無施用区の順に低い値を示した。第7作レタスの無施用区に苦土石灰を300kg/10a施すと、pHは少し中性に近づき、標準量連用区よりも砂質土壌・粘質土壌ともに高い値を示した。

標肥系列と減肥系列の土壌（第6作目の砂質土壌）を比較すると、標肥系列の土壌は減肥系列のものに比べて、pH(H<sub>2</sub>O)、pH(KCl)が低い値を示し、電気電導度はや、高い値を示した。この傾向は粘質土壌でもみられたし、他の野菜栽培時にもみられた。

### 総合考察

おが屑を利用した家畜ふん尿の堆肥化は比較的簡単に汚物感をなくし、悪臭も除去できるために、かなり普及しつつある。しかしながら、これを利用する耕種側ではおが屑堆肥連用による障害、おが屑由来するフェノール類・タンニン等による生育障害、また堆肥化の期間や腐熟度などさまざまな問題<sup>1, 4, 6, 12)</sup>について懸念しているが、ここ数年おが屑堆肥の利用研究も行なわれるようになり、少しずつながらこれらの問題点が解決されつつある。

著者らはおが屑堆肥の連用における野菜の生育・収量と土壌変化について、砂質土壌と粘質土壌を用いて検討した。

葉菜類（ホウレンソウ・カンラン・レタス）およびタマネギでは、堆肥を施用すれば生育もよく、収量も多かった。しかし、堆肥を施用した標準量連用区と多量連用・残効区において、粘質土壌と砂質土壌では、若干異なった連用効果となった。粘質土壌では多量連用・残効区が標準量連用より生育が優り、収量も多く（標肥・減肥系列ともに）、特に第1・3作には施用効果が大きかった。また堆肥を連用して、土壌中に有機物がかなり蓄積してもなお堆肥連用効果は現われたことから、この土壌では堆肥が物理性改善効果、特に孔隙量の増加として働いたものと思われた。また限界施用量は非常に多いものと推測された。一方、砂質土壌では施肥法によって堆肥の連用効果が異なった。すなわち、標肥系列では標準量連用区が多量連用・残効区より収量が優り（第1作を除いて）、減肥系列では多量連用・残効区が標準量連用区より優った（第5作を除いて）ことから、粘質土壌に比べて、砂質土壌は限界施用量が少なく、また施用された堆肥はかなり分解されて、肥料的効果を現わしたものと思われる。

スイートコーンは他の供試作物と異なり、砂質土壌では堆肥を連用すれば増収につながったが、粘質土壌では少しながら減収となった。粘質土壌で栽培したスイートコーンが砂質土壌のものより、はるかに生育が旺盛で、生体重が重かったこと、また土壌によって施用効果が違ったことなどから、スイートコーンは粘質な土壌を好む作物か、吸肥性・吸水性の強い作物であるように思われた。

堆肥を施用した場合の施肥法について、この連用試験結果からみると、第1・3作では施肥量を $\frac{1}{2}$ 減らすと10~20%減収したが、第4・5・6作では減量施肥しても収量はほとんど変わらず、むしろ増収した区さえみられた。第7作になると、減量施肥を続けた方が標準施肥量を施し続けた場合より、10~30%増収した。沢田ら<sup>9)</sup>はおが屑堆肥が初作では基肥の代替とはなり得ない（飼料作の場合）と、また早川ら<sup>2)</sup>はおが屑堆肥の窒素取り込みが完全になくなるまで2年間の経過を必要とすると述べていること、下記の窒素飢餓問題など

から察して、おが屑堆肥の連用第1~3作までは堆肥を施用しても各作物の標準施肥量を施した方がよく、それ以降（第7作レタスまでであるが）は施肥量を標準施肥量の $\frac{2}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 程度に減らした方がよいように思われる。

著者らが行なった試験において、おが屑堆肥施用による窒素飢餓状態は標肥系列の処理区でも、減肥系列でもみられなかったが、早川ら<sup>2)</sup>によると、おが屑堆肥施用後における施肥窒素の取りこみは10t/10a（乾物換算すると著者らの15t/10aに相当）区で24か月目に1度みられただけでほとんどみられていないこと、30t/10a区は施用後24か月間窒素のとりこみが行なわれたが、その後全く起らず、取りこまれる窒素は土壌100gあたり数mgの範囲であると述べている。徳橋ら<sup>11)</sup>のおが屑入り牛ふん堆肥の無機化率によると、施用後40日間窒素の取りこみはおこっていないが、その後1度だけ取りこみのピーク（堆肥の種類によってピークの時期が異なる）がある（著者らの計算では現物約10t/10a施用において窒素の取りこみ量0.1~6.9kg/10a）。また、栽培試験でも、早川ら<sup>1)</sup>は裸地栽培のタマネギにおいて窒素欠乏症状（マルチ栽培下ではその症状がみられなかった）を、松本ら<sup>6)</sup>も10t/10a（乾物換算すると著者らの15t施用に相当）施用で窒素飢餓症状を……認めたと報告していることから、窒素を施した条件下における窒素飢餓の発生する発件や対策を明らかにする必要があるように思われた（著者らのタマネギ裸地栽培条件下では発生しなかった）。

おが屑堆肥は上記の窒素飢餓問題、フェノール類や有機酸類による生育阻害、未熟なおが屑の撥水性による干ばつなどの被害を受けることがあると尾形<sup>7)</sup>は述べている。著者らの連用試験の第1作ホウレンソウ、第4作スイートコーンにおいて、少し発芽不揃が認められた。これはおが屑堆肥施用によって粗孔隙が増大し、土壌表面が非常に乾燥しやすくなって生じたものと思われる。その他の供試作物は移植栽培であつたり、連用回数が重なり保水力の増加などが相まって、生育障害は起らなかったものと思われた。従って本圃に直播する野菜の場合、おが屑堆肥をできるだけ早く土壌施用したり、施用量を減らすか、前作に堆肥を施用しておくなどの注意が必要であると思われた。

粘質土壌における野菜(スイートコーンを除く)の生育は砂質土壌のものに比べて、第1・3作では劣ったが、第5・7作と作付けを続けると優った。これは粘質土壌を畑作状態にした結果、土壌が乾燥と湿潤を繰り返して、土壌膠質物の質的变化が起り、その上に野菜根の作用、石灰の施用が加わって、団粒化が進行し、土壌孔隙量も増加するという作用<sup>10)</sup>が徐々に起り、さらに標準量連用区、多量連用・残効区では堆肥施用効果まで加わり、第5作目から現われたものと推定される。一方、砂質土壌の無施用区は粘質土壌の無施用区に比べて、全炭素含量が少なく、同じ作付けでは全炭素の消耗が激しいために土が非常に硬くしまっており、耕耘の際その差が明らかに感じられた。特に第5作タマネギでは土壌蒸散が激しく、土壌表面に塩類の集積が非常に多かったこと、第6作スイートコーンでは肥切れが激しかったことなどが観察され、砂質土壌は粘質土壌よりも土地生産性の低下が早く現われるものと思われた。

堆肥を連用すると土壌中の全炭素は増加し、全窒素も同じように増えて、土壌中の有機物が蓄積されることが認められた。この量は砂質土壌よりも粘質土壌が多かった。また、第5・6作の残効試験から、粘質土壌は砂質土壌より全炭素の分解量が少なく、分解率も低かった。このように全炭素の蓄積量や分解率が違うのは土壌の通気性の違いによる影響が大きいものと推測される。

土壌中のりん酸・石灰・苦土含量は堆肥の連用によって、漸増傾向を示したが、カリ・ナトリウム含量は少し異った。カリ含量は夏野菜を栽培した土壌より秋冬野菜の方が多く、特にカンラン・タマネギ栽培時の多量連用・残効区において非常に高い値を示した。また、カリ含量の経時的変化をみると、第1～4作まで堆肥の施用が多いほど多く蓄積されていたが、第5作以降は各処理間に一定傾向がみられなくなった。これは堆肥の連用によって、土壌の物理性がよくなり、カリの流亡・溶脱量が増えたこと、また土壌表面から水分の蒸散が少なくなった(砂質土壌の無施用区における土壌のカリ含量・物理性・観察から)ことなどによるものと推測されたが、橋元<sup>3)</sup>はカリの施肥量を慣行量のものに減らせば年間5～10t/10aの堆肥連用では蓄積されたカリは容易に除去される

が、20t/10a以上の多量連用では作土層になお多く残存・蓄積されて、土壌中の塩基間の不均衡を招くだけでなく、作物の品質に及ぼす影響も大きい(土壌:腐植質火山灰土壌畑地)と述べている。一方、大森ら<sup>8)</sup>の家畜ふん尿の多量施用試験では、土壌中のカリ含量が非常に多いにもかかわらず、施用効果を現わしていることから、今後も土壌中のカリ含量の推移について検討する必要があるように思われた。

## 摘 要

おが屑堆肥の連用が野菜の生育・収量および土壌に及ぼす影響について、砂質土壌(砂壤土)・粘質土壌(埴壤土)を用いて検討した。

1. 砂質土壌における堆肥連用効果は認められた。また、施用量については、数種の野菜や施肥法によって、多量連用・残効(10～15t/10a)区が標準量連用(3t/10a)区より生育・収量で劣ることがあったことから、砂質土壌のように物理性のよい土壌では3t/10a程度か、若干多い施用量で十分であるように思われた。

2. 粘質土壌においても堆肥連用効果は認められ、しかも多量連用・残効(10～15t/10a)区が標準量連用(3t/10a)区より生育・収量で優った。また多量連用・残効区は連用の初め頃において特に効果が高く、第6・7作と多量連用を重ねても標準量連用区より、生育・収量で少しながら優った。これらのことから、粘質土壌では初め10～15t/10a施用して、物理性の改善に務める必要があると推察した。

3. 砂質土壌・粘質土壌に対する堆肥連用試験から、堆肥の施用効果は作物の種類や土壌の種類によって違うだけでなく、施肥量によっても異なった。

4. 各作物の標準施肥量を施した区は減量施肥した区に比べて、堆肥連用第1・3作では生育が優ったが、第4・5・6作では生育差がなくなり、第7作では明らかに生育が抑制されていた。このことから、堆肥の連用1～3作間は各作物の標準施肥量を、その後においては少し施肥量を減らした方がよいものと推測した。

5. 粘質土壌における野菜の生育は砂質土壌のものに比べて、第1・3作では生育が劣ったが、

第5・7作と野菜の作付けを続けると優った。

6. 堆肥の施用量が多いほど、全炭素・有効態りん酸・石灰などは土壤中に多く蓄積された。土壤中のカリ含量は第4作まで施用量が多いほど、多かったが、その後は一定傾向がみられなくなった。また土壤中のpHは堆肥施用区が無施用区より、減量施肥区が標準量施肥区より、中性に近い値を示した。

7. 砂質土壌は粘質土壌に比べて、土壌中の全炭素の蓄積量少なく、分解率も高かった。また有効態りん酸、カリ、石灰などの成分も土壌中に少なかった。

8. 堆肥の連用試験において、おが屑堆肥を施用すると土壌表面が乾きやすかったが、おが屑堆肥によるその他の障害は認められなかった。

#### 引用文献

1. 早川岩夫・有沢道雄・武井昭夫(1977)：愛知農総試研報，B(8)：23～27.
2. ————・—————・—————・稲垣育雄(1978)：同前，B(9)：43～47.
3. 橋元秀教(1976)：畜産の研究，30(1)：199～204.
4. 小松徹郎(1975)：農業および園芸，50(5)：657～660.
5. 黒島忠司・大江哲・豊田壮逸(1978)：徳島農試研報，16：58～65.
6. 松本佳雄・藤原辰行・前川往亮・藤本治夫(1977)：兵庫農総七研報，26：9～12.
7. 尾形保(1976)：畜産の研究，30(2)：271～274.
8. 大森庄次・杉本正行・小倉功(1972)：神奈川園研報，20：58～66.
9. 沢田守男・岩田久史・森健次郎・加藤虎浩(1978)：愛知農総試研報，A(10)：127～136.
10. 速水昭彦(1976)：水田転換田における土壌生産力の変化，高井康雄ほか編集，植物栄養土壌肥料大事典(養賢堂)：661～663.
11. 徳橋伸(1978)：高知農林報告，10：5～16.
12. 吉田重方(1975)：農業および園芸，50(2)：295～300.