

深耕と牛ふん堆肥施用がキャベツの収量及び養分 吸収に及ぼす影響

小田原孝治¹⁾・藤田 彰²⁾・黒柳直彦³⁾・酒井憲一⁴⁾・渡邊敏朗
(生産環境研究所)

砂壤土畑における深耕とおがくず入り牛ふん堆肥施用がキャベツの収量と養分吸収に及ぼす効果について検討した。

- 1 牛ふん堆肥施用量が多いほど土壌の全窒素及び全炭素含量, 可給態リン酸及び交換性カリウム含量が多くなった。
- 2 キャベツの根の分布密度は堆肥施用の有無では大きな差はみられなかったが, 30cmの深耕を行うことにより根群域が10cm程度深くなった。
- 3 キャベツの収量及び養分吸収量は, 牛ふん堆肥施用量が多いほど多くなったが, 30cm深耕し牛ふん堆肥を3t/10a施用した方が牛ふん堆肥を4.5t/10a施用したものより効果が高かった。

以上の結果からキャベツ栽培において牛ふん堆肥施用量を3t程度として, 深耕により有効根群域を拡大することにより収量を増大できることが明らかとなった。

[キーワード: おがくず入り牛ふん堆肥, 深耕, キャベツ, 有効根群域]

Effects of Deep Tillage and Successive Application of Organic Matter on the Growth and Nutrient Absorption of Cabbage. ODAHARA Koji, Akira FUJITA, Naohiko KUROYANAGI, Ken-ichi SAKAI, Toshiro WATANABE (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 21 : 1 - 5 (2002)

We examined the effects of deep tillage and subsequent application of sawdust-cattle manure on the growth and nutrient uptake of cabbage. The total nitrogen, total carbon, available phosphorus and exchangeable potassium contents in the soil significantly increased as the manure application increased. The root density of cabbage did not increase to a significant extent but 30-cm deep tillage deepened the root zone by about 10 cm.

The nutrient uptake and hence the yield of cabbage also increased, in general, as the manure application increased but the increment was greatly dependent on the mode of tillage, i. e., more yield was obtained by combined 3t/10 manure application plus 30-cm deep tillage than by single 4.5 t/10a manure application.

From these results we conclude that securing sufficient rooting zone by deep tillage could contribute to the increase of yield and nutrient uptake of cabbage at the manure application level of 3 t/10a.

[Key words: sawdust-cattle manure, deep tillage, cabbage, effective soil depth]

結 言

土壌の肥沃度を高めるための最も効果的な方法が, 肥料成分をバランスよく含んだ有機物の継続的な施用であることは周知のとおりである。これは有機物含量が低く物理的条件の悪い畑土壌においては重要な土壌管理法である。このこととは別に最近, 化学肥料による集約的農業から有機物を用いた低投入持続型農業への転換に対する要求が強まっている。そして, 消費者の間で有機栽培や有機減化学肥料栽培などによって栽培される農産物を求める動きが高まり, 生産現場においても有機物を施用した栽培法に対する関心が高まっている。筆者らはこれらの要求に応えるため, 大豆+麦の輪作体系で有機物連用試験を行った結果, 化学肥料のみを施用した場合や牛ふん堆肥1t/10a+化学肥料施用に比べ, 牛ふん堆肥2t/10a+化学肥料施用に加えて30cmまで深耕したときに最も収量は高くなった⁵⁾。さらに, この圃場で牛ふん堆肥を連用した場合の影響について, キャベツを供試して検討した結果, 収量及び養分吸収量に関して一定の知見が

得られたので報告する。

試験方法

試験は福岡県農業総合試験場内ほ場において1995年～1997年の3ヶ年行った。土壌は花こう岩質黄色土に作土として, 畑地土壌を30cm客入した中粗粒黄色土造成相(SL/SL)で, 下層に花こう岩腐朽礫層が存在する。この圃場は1983年～1994年に第1表に示したような土壌管理がなされ, 主として大豆+麦の輪作を行った来歴を有する⁵⁾。

試験区の構成は第1表に示した。牛ふん堆肥は, 屋内の堆肥舎で腐熟させたおがくず入り牛ふん堆肥を使用した。キャベツ植付け前に牛ふん堆肥を施用しない化学肥料区, 牛ふん堆肥を10a当り3.0t及び4.5t施用する牛ふん3t区, 牛ふん4.5t区, 30cm深耕し牛ふん堆肥を3.0t施用した総合改善区の4試験区を設け, キャベツ-カボチャの作付体系で試験を行った。なお牛ふん堆肥は, カボチャ作付前にも同じ処理を行ったので, 牛ふん3t区及び牛ふん4.5t区では年間にそれぞれ6t/10a及び9t/10aの牛ふん堆肥を施用していることになる。化学肥料は各区共通で, 基肥, 第1回追肥(定植から約30日後)及び第2回追肥(結球開始直前)に分けて施用し, それらの合計量

1) 現筑後分場 2) 現鉦害試験地 3) 現園芸研究所
4) 現甘木農林事務所

第1表 試験区の構成、施肥量及び土壌管理の前歴

試験区	処理内容	施肥量(kg/10a)			土壌管理の前歴
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
化学肥料	牛ふん堆肥無施用	29	19	24	牛ふん堆肥無施用
牛ふん 3t	牛ふん堆肥 3t/10a施用	29	19	24	牛ふん堆肥1t/10a施用
牛ふん4.5t	牛ふん堆肥4.5t/10a施用	29	19	24	牛ふん堆肥2t/10a施用
総合改善	牛ふん堆肥 3t/10a施用 + 深耕30cm	29	19	24	牛ふん堆肥2t/10a施用 深耕30cm

注) 化学肥料の施用量(N:P₂O₅:K₂O kg/10a)及び使用肥料
 基肥 15:19:12.5 (尿素入り硫加リン安250)
 1回目追肥 6: 0: 7 (硫安, 塩化カリ)
 2回目追肥 8: 0: 4.5 (硝安, 塩化カリ)

はN, P₂O₅, K₂Oそれぞれ29kg, 19kg, 24kg/10aとした。使用肥料及び分割合は第1表に示したとおりである。

キャベツの品種は豊光で8月6半旬にセルトレイに播種し、約25日間育苗した後、9月中旬に移植した。栽植様式は株間0.3m, 条間0.6mの2条植(畝幅1.3m)で、10a当たり植付け株数は5,000株に相当する。試験規模は1区20㎡の2区制とした。

植物体の調査には1区当たり20株供試し、結球部と外葉部の生重を測定した後、生育中庸な6株を採取し、それぞれを乾燥、粉碎して分析用試料とした。窒素濃度はケルダール分解-水蒸気蒸留法、リンはバナドモリブデン法、カリウムは乾式灰化後、炎光光度法及び原子吸光光度法で分析した。土壌はキャベツの作付け前及び収穫後に作土を採取し、pH(H₂O)、全窒素含量(T-N)、全炭素含量(T-C)、陽イオン交換容量(CEC)、交換性カルシウム、交換性マグネシウム、交換性カリウム及び可給態リン酸含量を調べた。分析法は土壌標準分析測定法²⁾により行った。また、生育後期のキャベツの根群分布を土壌壁面法³⁾を簡易にした方法で調査した。すなわち、畦の断面を下層の基盤まで掘り、深さと幅10cmきざみで表面に出たキャベツの根数を数えた。このとき雑草はほとんどみられなかったため、雑草根の影響はないものと見なした。

結 果

1 土壌の理化学性

第2表に試験開始時の土壌化学性を示した。全窒素含量をはじめ全炭素含量、交換性塩基含量、可給態リン酸含量は、牛ふん堆肥を施用していない化学肥料区で最も

少なく、牛ふん堆肥を毎作2t/10a施用してきた牛ふん4.5t区で最も高い値を示し、これまでの土壌管理⁵⁾の影響を反映していた。また、牛ふん3t区と総合改善区はほぼ同等の値を示した。第1図~第4図に試験期間中の全窒素含量、全炭素含量、可給態リン酸含量及び交換性カリウム含量の推移を示した。全炭素及び全窒素含量は、化学肥料区ではほぼ一定の値で推移したのに対して、他の3区では漸増した。その程度は総合改善区より牛ふん3t区の方がやや大きく、牛ふん4.5t区で最も大きかった。これらは牛ふん堆肥施用量に対応していたが、総合改善区の方が牛ふん3t区よりやや低い値を示したのは深耕の影響と考えられる。可給態リン酸含量、交換性カリウム含量は時期による変動がみられるものの、牛ふん3t区と総合改善区で差がなく牛ふん4.5t区で最も高い値で推移した。化学肥料区的全炭素及び全窒素含量はほぼ一定の値で推移したのに対して、交換性カリウム含量はやや増加する傾向にあり、化学肥料の残存の影響と考えられた。

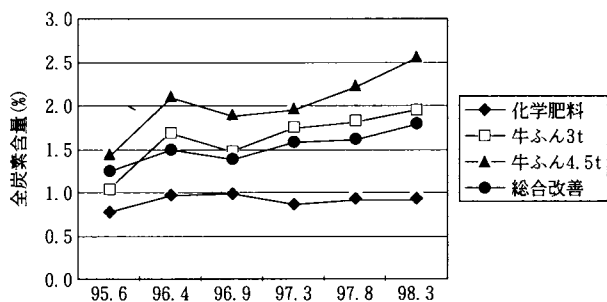
これらのことから本試験のキャベツ栽培中の土壌からの窒素をはじめとする養分供給量は、牛ふん4.5t区で最も高く、次に牛ふん3t区で、総合改善区がそれよりやや低く、化学肥料区が最も低いと考えられる。

キャベツ作付け前土壌の3ヶ年の平均仮比重は化学肥料区の1.12から牛ふん4.5t区の0.95の範囲にあった。固相率も同様に化学肥料区の43.2%から牛ふん4.5t区の36.6%の範囲にあり、土壌的全炭素含量が増えるほど小さくなり、化学肥料区>総合改善区>牛ふん3t区>牛ふん4.5t区の順であった。しかし易効性有効水分(pF1.5~2.7)に区間差はみられなかった。

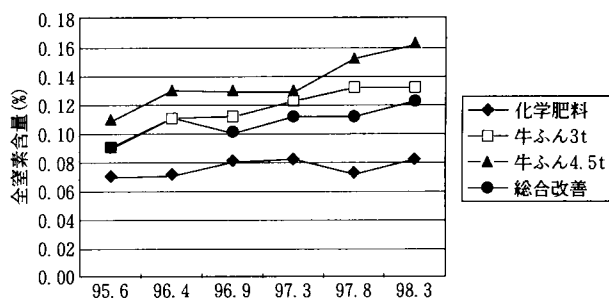
第2表 キャベツ栽培開始時の土壌化学性

試験区	pH(H ₂ O)	T-N	T-C	CEC	交換性			塩基飽和度	可給態リン酸
					Ca	Mg	K		
					me/100g				
化学肥料	5.7	0.07	0.77	8.5	3.9	0.9	0.2	60	29
牛ふん 3t	5.9	0.09	1.05	9.7	4.9	1.1	0.4	66	38
牛ふん4.5t	6.2	0.11	1.45	10.4	5.3	1.5	0.7	73	51
総合改善	6.2	0.09	1.25	9.7	5.7	1.4	0.6	79	41

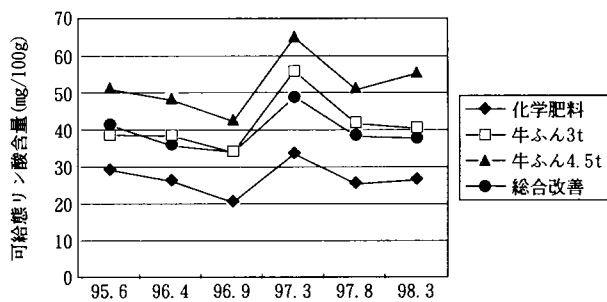
注) 土壌採取日: 1995年6月6日



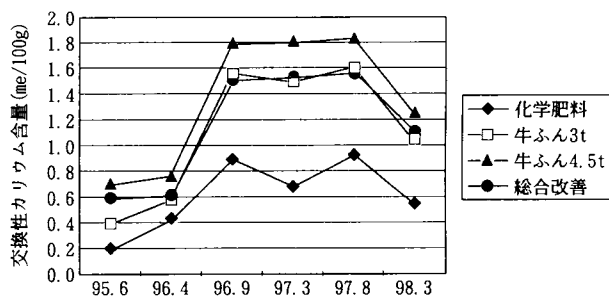
第1図 全炭素含量の推移



第2図 全窒素含量の推移



第3図 可給態リン酸含量の推移



第4図 交換性カリウム含量の推移

2 牛ふん堆肥施用に伴う堆肥、肥料及び土壌からの養分供給量

第3表に牛ふん堆肥の養分含有率と堆肥を10a当たり3.0t及び4.5t施用した時に投入される各養分量を示した。養分投入量は県下の牛ふん堆肥の養分量に関する小山・高椋の報告⁴⁾と比べると各養分ともやや低い値を示した。牛ふん3t区では、窒素、リン酸、カリそれぞれ10a当たり17.8kg、18.0kg、27.7kg投入され、牛ふん4.5t区ではこの1.5倍量が投入されたことになる。牛ふん堆肥中のカリの化学肥料に対する肥効率(福岡県家畜ふん尿処理物施用基準⁵⁾:家畜ふん堆肥中に含まれる成

第3表 牛ふん堆肥の養分含有率と施用にともなう各養分投入量

施用日	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	水分含有率
1995.9.18	0.70	0.62	0.64	46.0
1996.9.4	0.55	0.55	0.81	51.0
1997.9.9	0.53	0.63	1.32	53.5
(平均)	0.59	0.60	0.92	50.2

(施用量)	kg/10a			
(3.0t/10a)	17.8	18.0	27.7	
(4.5t/10a)	26.7	27.0	41.6	

注) 養分投入量は、堆肥の10a当たり施用量に各養分含有率の平均値を乗じて算出した。

第4表 各養分の施肥及び土壌からの供給量の概算値

試験区	N			P ₂ O ₅				K ₂ O			
	堆肥	肥料	合計	堆肥	肥料	土壌	合計	堆肥	肥料	土壌	合計
	kg/10a			kg/10a				kg/10a			
化学肥料	0	29.0	29.0	0	19.0	41.4	60.4	0	24.0	53.0	77.0
牛ふん 3t	5.3	29.0	34.3	10.8	19.0	56.8	86.6	24.9	24.0	84.2	133.1
牛ふん4.5t	8.0	29.0	37.0	16.2	19.0	68.2	103.4	37.4	24.0	96.2	157.6
総合改善	5.3	29.0	34.3	10.8	19.0	59.5	89.3	26.4	24.0	91.1	140.0

注) 土壌からの10a当たり養分供給量はキャベツ作付前の土壌の可給態リン酸含量及び交換性カリウム含量と作土重量から計算した。作土重量は耕起深を15cm、土壌の仮比重(3ヶ年の平均値)を化学肥料区1.12、牛ふん3t区1.01、牛ふん4.5t区0.95、総合改善区1.06として求めた。

第5表 キャベツの収量及び球形

試験区	全重	結球重	同左指数	外葉重	同左指数	球径	球高
	t/10a	t/10a		t/10a		cm	cm
化学肥料	11.49c	6.22c	88	5.28c	99	16.3	13.2
牛ふん 3t	12.37b	7.04b	100	5.32c	100	17.3	13.8
牛ふん4.5t	12.97ab	7.19ab	102	5.77b	108	17.3	14.1
総合改善	13.63a	7.50a	107	6.13a	115	18.0	14.3

1) 数値は3ヶ年の平均値
2) Fisher's PLSDで異文字間には5%水準で有意差がある。

第6表 キャベツによる部位別養分吸収量

試験区	N			同左 指数	P ₂ O ₅			同左 指数	K ₂ O			同左 指数
	結球部	外葉部	計		結球部	外葉部	計		結球部	外葉部	計	
	kg/10a				kg/10a				kg/10a			
化学肥料	16.4	11.5	27.9	91	5.9	4.4	10.3	91	19.7	21.8	41.5	85
牛ふん 3t	18.5	12.2	30.7	100	6.8	4.5	11.3	100	23.3	25.8	49.1	100
牛ふん4.5t	19.2	13.6	32.8	107	7.1	5.0	12.1	107	24.3	27.6	51.9	106
総合改善	20.0	14.3	34.3	112	7.3	5.1	12.4	110	26.4	28.8	55.2	112

注) 数値は3ヶ年の平均値

分のうち化学肥料と同等の肥効を示す割合)は90%とされていることから、牛ふん3t区の堆肥施用ですでに化学肥料施用分と同程度に供給されたと考えられる。

このように、作物を栽培する場合は、堆肥からの養分供給量を考慮する必要があるが、作物への養分供給源は堆肥、肥料及び土壌に大別できるので、それぞれの養分供給量を試算し、その合計量を第4表に示した。牛ふん堆肥からの供給量は、第3表に示した各養分投入量に化学肥料に対する肥効率：窒素30%、リン酸60%、カリ90%を乗じて算出した。また、土壌からの供給量はキャベツ定植前の可給態りん酸含量、交換性カリ含量の平均値から算出した。各成分とも化学肥料区で最も少なく、次に牛ふん3t区と総合改善区が同等で、牛ふん4.5t区で最も多くなった。また、畑状態での土壌の窒素無機化量の測定は行わなかったため、窒素については化学肥料及び牛ふん堆肥の2者より供給される量を示しているが、全窒素含量から判断して、土壌からの供給量を加えてもこの大小関係は変わらないと考えられる。

3 キャベツによる養分吸収量及び収量

第5表にキャベツの収量を示した。牛ふん3t区の球重を100とした指数で示すと化学肥料区は88と最も収量が低く、牛ふん4.5t区は102でほぼ同等の収量であった。これに対して総合改善区は107と増収となった。外葉重においても同様の傾向であった。

第6表にキャベツによる各養分吸収量を示した。どの養分も養分含有率(データ略)は化学肥料区でやや低い値を示したが、そのほかの区はほとんど差がみられず、養分吸収量は収穫時の生育量に対応していた。すなわち、結球部と外葉部の合計吸収量は各養分とも化学肥料区で最も少なく、次に牛ふん3t区、牛ふん4.5t区が多く、総合改善区で最も多くなった。牛ふん堆肥施用量が同量の牛ふん3t区と総合改善区と比較すると、養分吸収量は総合改善区の方が窒素で12%、リン酸で9%、カリで12%増加した。

第4表に示した施肥及び土壌からの供給量の概算値に対する作物による吸収割合を計算すると、リン酸は牛ふん3t区で13.0%に対して総合改善区で13.9%とやや高いものの、牛ふん4.5t区では11.7%と低くなった。カリも牛ふん3t区で36.9%に対して総合改善区で39.4%とやや高いものの、牛ふん4.5t区では32.9%と低くなった。窒素については土壌からの供給量が明らかではないが、吸収量からみて総合改善区の吸収率が最も高かったと推定

される。以上の結果は、総合改善区が牛ふん3t区に比べて各養分の利用率が向上していることを示唆するものである。

4 キャベツの根群分布

第7表はうねの表面から根群の分布する深さと単位面積(100cm²)の土壌断面から出ている根の本数を示したものである。根群の深さは総合改善区で33cmと他の試験区より10cm程度深かった。これは既報⁶⁾の根の伸張が制限されている深さとおおむね一致していた。根の分布密度は牛ふん4.5t区でやや多い傾向にあるが、他の区間に大きな差はみられなかった。また全体的に下層ほど根の密度は低下する傾向にあった。このように根の密度が牛ふん4.5t区でやや高いことを考慮しても、根群域は総合改善区で深く、根の総量は最も多いと考えられた。

第7表 キャベツ収穫時の根群分布

試験区	根群の 深さ cm	根の密度			
		0-10	10-20	20-30	30-40(cm)
		本/100cm ²			
化学肥料	23	18.4	14.3	12.3	-
牛ふん 3t	24	16.8	15.3	8.0	-
牛ふん4.5t	24	22.4	19.9	10.8	-
総合改善	33	18.0	19.5	13.8	14.3

1) 1997年3月4日調査

2) 各区の最下層の根の密度は根群の深さまでで算出した。

考 察

根群域の深さや根の密度などの条件が同等であれば、作物による養分吸収量は土壌中の可給態養分の量に比例する⁷⁾ことから、牛ふん3t区に比べて牛ふん4.5t区の養分吸収量は高い値になったと考えられる。各試験区とも作土層における仮比重及び固相率は作物の根が活動する物理性基準¹⁾を満たしているものの、有効根群域が深いほど養分吸収も増大すると考えられることから、牛ふん3t区に比べて総合改善区で養分吸収量は高い値になったと考えられる。ところで、本試験では牛ふん堆肥を増施した牛ふん4.5t区より、牛ふん堆肥3tの施用でも深耕により根群域の拡大を図った総合改善区の方が収量及び養分吸収量が増大した。この理由として、試験圃場は牛ふん堆肥12年の連用により可給態養分含量が多く、キャベツの生育にとって十分な量であり、Mitscherlichの報

酬漸減の法則⁷⁾に従ったことによると考えられる。大橋ら⁸⁾のダイコン、ハクサイに対する有機物連用試験においても、毎作2~4t/10aが最も効果的であった。

以上の結果から、化学肥料単用に比べて堆肥施用は土壌の可給態養分含量を増加させ、キャベツの収量及び養分吸収量を高めることが示唆された。さらにキャベツの収量を高め、養分吸収率を向上させるためには、牛ふん堆肥を3t/10aから4.5t/10aに増施するよりも、深耕する方が効果的であることが明らかとなった。このことは堆肥の過剰施用による周辺環境への負荷やカリ集積を緩和し、資材の効率的利用を図る管理技術として重要である。今後はキャベツに限らず他の作目での深耕の効果の検討や有機物投入とそれにとまなう化学肥料の減肥に関する試験の継続が必要と思われる。

引用文献

- 1) 土壌物理研究会(1979): 土壌の物理性と植物生育, 東京, 養賢堂, pp151-205.
- 2) 土壌標準分析・測定法編集委員会(1985): 土壌標準分析・測定法, p70-161, 東京, 博友社.
- 3) 福岡県農政部(1997): 有機質資材等の利用上の手引, 福岡県農政部, p1-18.
- 4) 小山太・高椋久次郎(2000): 家畜ふん堆肥の成分的特徴第1報副資材と堆積場所の差異が乳牛および肉牛ふん堆肥の化学成分に及ぼす影響. 福岡農総試研報19, 110-114.
- 5) 黒柳直彦・兼子明・渡邊敏朗・藤田彰・小田原孝治(1996): 畑地における有機物の長期連用効果第1報作物収量と土壌化学性. 福岡農総試研報15, 64-68.
- 6) 黒柳直彦・藤田彰・小田原孝治・兼子明・渡邊敏朗(1997): 畑地における有機物の長期連用効果第2報作物収量と土壌物理性. 福岡農総試研報16, 63-66.
- 7) 松本聰・三枝正彦(1998): 植物生産学(Ⅱ)土環境技術編, 東京, 文永堂, pp1-245.
- 8) 大橋恭一・岡本将宏・西川吉和・西沢良一・中田均・勝木依正(1982): 露地畑におけるおがくず入り牛ふん堆肥の連用効果(第1報)10作跡地土壌の理化学性および野菜の収量・養分吸収量. 滋賀農試研報24, 87-97.
- 9) 植物栄養実験法編集委員会(1990): 植物栄養実験法, p34-40, 東京, 博友社.