

有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響

誌名	埼玉県園芸試験場研究報告
ISSN	03853675
著者名	山崎,晴民 六本木,和夫
発行元	埼玉県園芸試験場
巻/号	21号
巻号補足	
掲載ページ	p. 7-20
発行年月	1998年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響

山崎 晴民 ・ 六本木 和夫

緒 言

有機農産物に対する関心は消費者を中心に高まり、現在、市場やスーパー等でも多く扱われている。有機農産物に関しては、農水省が指針を示し、農薬使用の制限や有機物の施用についてガイドラインを作成した(12)。また、試験研究機関では、有機栽培の可能性を解明するために、無農薬、無化学肥料を対象とした試験が実施されている(2, 21)。一方、生産者においては作物の栽培を安定させる土づくりや、有機農産物に対する市場ニーズに応えるために有機物や配合肥料を含めた有機質肥料を施用した栽培が増加している。したがって、有機物が有している化学的、物理的、微生物的機能を十分に発揮する作物生産の技術を確立すること、つまり、有機農産物生産にかかわる肥料的条件を明確にするために、化学肥料の代わりとなる有機物の速効的、緩効的効果について十分に把握することが必要である。

一般に、有機物施用の効果は、土壌の緩衝作用の増加、土壌の理化学性の改善、土壌生物性の多様化などがあり、また、有機物を継続的に施用することにより、それらの効果は高まるといわれている(13)。しかし、有機物といっても、植物質、動物質の質の違い、さらに、腐熟度の相違等により、作物の生育に対する効果は大きく異なる。

本研究では肥効に大きく関係する各種有機物の分解特性を把握するとともに分解特性の異なった各種有機物の組合せ施用または単独施用を5年間、14作にわたり継続して行うことにより、野菜の収量・品質に及ぼす各有機物の肥料的効果及び連用による効果を検討し、無化学肥料、減化学肥料栽培のための一指針を明らかにする。

試験方法

試験1 有機物の分解特性

(1) 供試有機物

大豆かす、骨粉、菜種かす、魚かす、稲わら堆肥、おがくず牛糞堆肥、豚糞堆肥、鶏糞堆肥の8種類の有機物を供試した。

(2) 測定方法

供試した有機物の全窒素含量及び全炭素含量をそれぞれケルダール法(10)及び湿式燃焼法(10)により測定した。有機物の分解特性はガラス繊維ろ紙法によって行った(16)。すなわち、ガラス繊維ろ紙に、沖積土(乾土)30gと土壌の5%に相当する炭素を含む粉碎した有機物を混合して包み、周囲を寒紗で覆い、1988年4月20日に地中15cmに埋設した。1か月、3か月、6か月、1年及び2年後に取り出し、内容物の全窒素をケルダール法(10)により測定した。測定値から、土壌に由来する値を差し引いて全窒素の分解率を求めた。

試験2 有機物施用と葉菜類の収量及び品質

(1) 栽培方法

試験区として①無機肥料区、②窒素無施用区、③有機物混合標準区、④有機物混合1.5倍区、⑤有機物混合2倍区、⑥豚糞堆肥区、⑦大豆かす区、⑧おがくず牛糞堆肥区、⑨有機物混合1/2+無機肥料1/2区、⑩有機物混合標準+無機肥料1/2区の計10区を設け、1区8.06㎡、2連制とした。同一のは場にホウレンソウ又はチンゲンサイ(5月～6月作)ーレタス(8月～11月作)ーキャベツ(11月～4月作)の順にくり返し作付けし、5年間に延べ14作を栽培した(第1表)。作物ごとの無機肥料区の施肥量は窒素、リン酸、カリのいずれも、キャベツ、レタスは2.5kg/a、ホウレンソウ、チンゲンサイは1.2kg/aとした。無機肥料区は、基肥として硫加燐安(13-13-13)と重過石を用い、NK硝加安(18-0-18)を追肥として使用し、レタスでは窒素成分の0.5kg/a、キャベツでは1.0kg/aを追肥とした。有機物混合標準区、有機物混合1.5倍及び2倍区は、豚糞堆肥、大豆かす、おがくず牛糞堆肥を窒素で等量ずつ組合せ、それぞれ無機肥料区の窒素施用量と等量、1.5倍、2倍に相当する量を施用した。また、豚

第1表 各葉菜類の耕種概要

作付回数 (年度)	種 類 (品種)	作 型	播種月日	定植月日	収穫月日	栽植密度
1作 (1988)	ホレンソウ(タイタン)	春 作	5月17日	—	6月15日	2730株/a
2作 (1988)	レタス(クレイトレックス366)	夏秋作	8月10日	8月27日	11月18日	667株/a
3作 (1988)	キャベツ(春ひかり7号)	秋春作	9月28日	11月24日	5月2日	417株/a
4作 (1989)	ホレンソウ(タイタン)	春 作	5月16日	—	6月16日	2730株/a
5作 (1989)	レタス(早生シスコ)	夏秋作	8月17日	8月30日	10月18日	667株/a
6作 (1989)	キャベツ(春ひかり7号)	秋春作	10月5日	11月13日	4月25日	452株/a
7作 (1990)	チンゲンサイ(青帝)	春 作	5月10日	5月29日	6月21日	3500株/a
8作 (1990)	レタス(早生シスコ)	夏秋作	8月21日	9月4日	11月5日	667株/a
9作 (1990)	キャベツ(春ひかり7号)	秋春作	10月11日	11月14日	4月26日	452株/a
10作 (1991)	チンゲンサイ(青帝)	春 作	5月13日	5月30日	6月26日	3500株/a
11作 (1991)	レタス(早生シスコ)	夏秋作	8月20日	9月6日	11月7日	667株/a
12作 (1991)	キャベツ(金系201)	秋春作	10月14日	11月27日	5月14日	452株/a
13作 (1992)	チンゲンサイ(青帝)	春 作	5月27日	6月16日	7月15日	3500株/a
14作 (1992)	レタス(早生シスコ)	夏秋作	8月17日	9月7日	11月2日	667株/a

第2表 各試験区における施肥量 (kg/a)

試 験 区	ホウレンソウ チンゲンサイ			キャベツ レタス			備 考
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1.無 機 肥 料	1.20	1.20	1.20	2.50	2.50	2.50	(1)無機肥料区は、基肥として硫加燐安(13-13-13)と重過石を用い、NK硝加安(18-0-18)を追肥として使用した。ホレンソウ、チンゲンサイは基肥のみとし、レタスでは合計窒素施肥量の0.5kg/a、キャベツでは1.0kg/aを追肥とした。
2.窒 素 無 施 用	0	1.20	1.20	0	2.50	2.50	
3.有機混合標準	1.20	1.95	1.04	2.50	4.06	2.16	
4. " 1.5 倍	1.80	2.93	1.56	3.75	6.09	3.24	(2)有機区は、豚糞堆肥、大豆かす、おがくず牛糞堆肥を用い、窒素で1/3ずつ施用した。有機標準、1.5、2倍は、それぞれ化成肥料区の窒素施用量と等量、1.5倍、2.0倍に相当する量とした。
5. " 2 倍	2.40	3.90	2.08	5.00	8.12	4.32	
6.豚 糞 堆 肥	1.20	4.48	1.34	2.50	9.34	2.80	
7.大 豆 か す	1.20	0.29	0.51	2.50	0.61	1.06	(3)有機1/2+無機1/2区は、無機肥料区、有機標準区の半量を、有機標準+無機1/2区は無機肥料区の半量、有機標準区と同量を混合施用した。
8.おがくず牛糞堆肥	1.20	1.07	1.26	2.50	2.23	2.62	
9.有機1/2+無機1/2	1.20	1.58	1.12	2.50	3.28	2.33	
10.有機標準+無機1/2	1.80	2.55	1.64	3.75	5.31	3.41	

第3表 施用有機物の成分組織 (%)

	炭素(C)	窒素(N)	C/N比	リン酸(P)	カリ(K)	石灰(Ca)	苦土(Mg)
大豆かす	44.44	7.52	5.91	0.69	2.30	0.43	0.33
骨粉	18.21	4.31	4.23	10.90	0.08	22.72	0.44
菜種かす	42.93	6.34	6.77	1.27	1.40	1.01	0.65
魚かす	39.53	8.19	4.83	4.04	1.59	8.14	0.29
稲わら堆肥	28.56	1.87	15.27	0.19	1.51	1.32	0.17
おがくず牛糞堆肥	36.28	2.75	13.19	0.83	1.85	2.24	0.58
豚糞堆肥	27.05	3.31	8.17	4.78	2.72	7.04	6.60
鶏糞堆肥	23.22	3.42	6.79	3.15	2.57	14.36	0.89

糞堆肥区、大豆かす区及びおがくず牛糞堆肥区は無機肥料区の窒素施用量と等量、有機物混合1/2+無機肥料1/2区は無機肥料区及び有機物混合標準区の窒素施用量の半量ずつ、有機物混合標準+無機肥料1/2区は有機物混合標準区に無機肥料区の窒素施用量の半量を上乗せ施用した(第2、3表)。有機物の施用は、定植1～3週間前(ホウレンソウは、播種20日前)に行い、毎年、ホウレンソウまたはチンゲンサイ作付前に全区に苦土石灰10kg/aを施用した。いずれの試験区も各作物の栽培終了後に作物の地上部はすべては場外へ取り除き、次の作物の栽培までは裸地状態とした。

(2) 調査方法

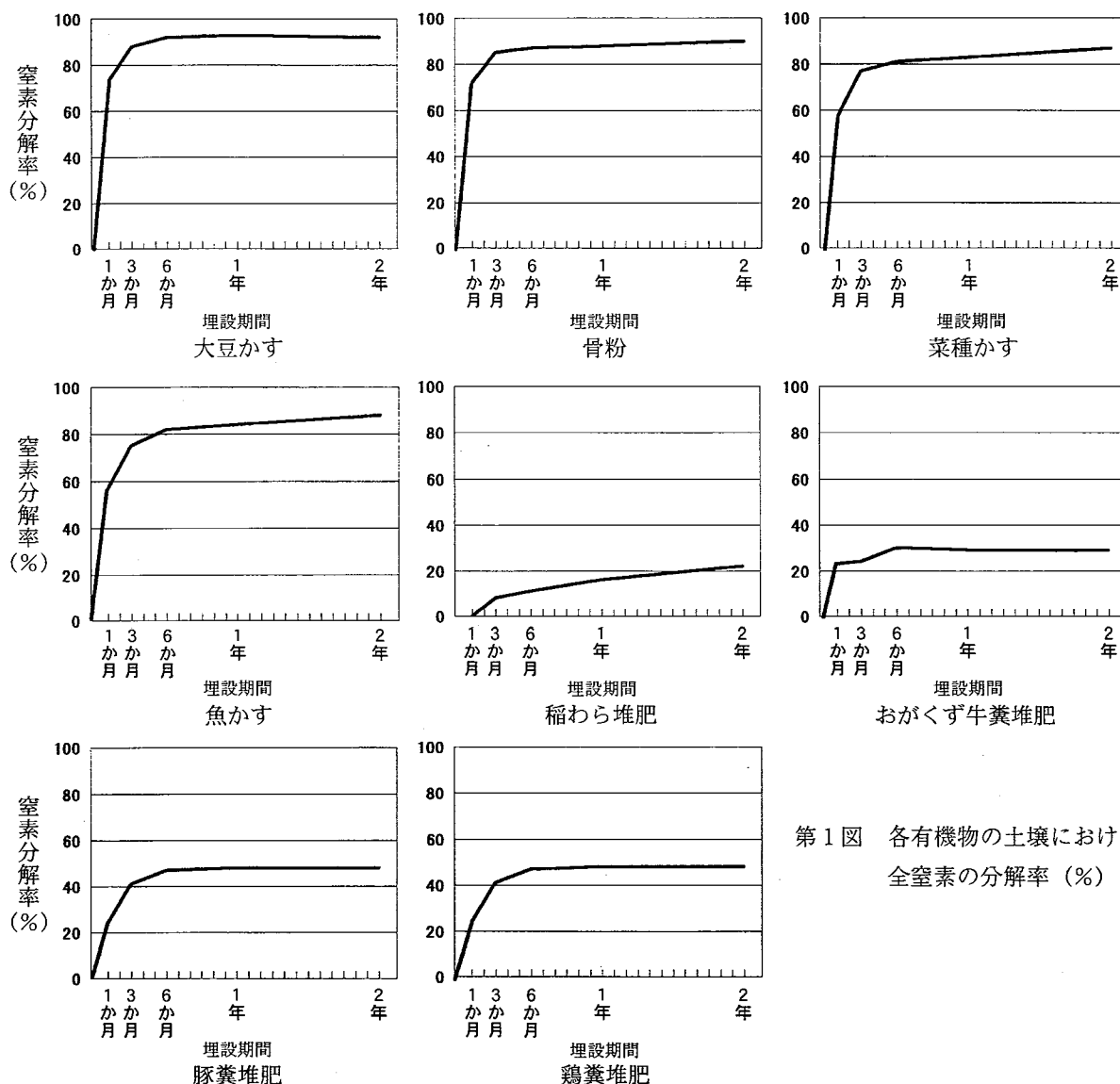
無機肥料区が収穫適期に達した時点で各試験区から一斉に収穫し、収穫物の全重及び上物重を測定した。収穫物を乾燥後、粉碎し、全窒素含量をサリチル硫酸分解法(7)により測定し、葉菜類の窒素吸収量を求めた。また、

収穫物をジュースにした後、硝酸濃度を森本らによる比色法(20)またはメルコクアント硝酸イオン試験紙を用いた比色法で、還元糖含量をソモギネルソン法(1)により測定し、内部品質を評価した。土壌の化学性は第5作及び第12作のレタス収穫跡地の作土について、pH(9)、全炭素(9)、全窒素(9)、交換性塩基(9)、塩基交換容量(9)及び有効態リン酸(9)を測定した。

結果及び考察

試験1 供試有機物の分解特性

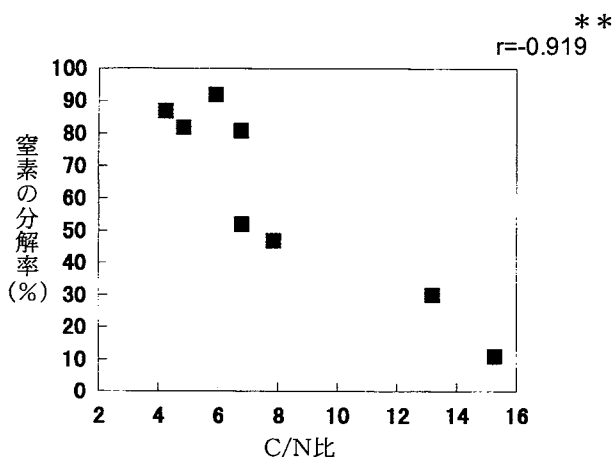
供試した有機物の全窒素含量は魚かす>大豆かす>菜種かす>骨粉>鶏糞堆肥>豚糞堆肥>おがくず牛糞堆肥>稲わら堆肥の順で、最も多い魚かすは8%以上、おがくず牛糞堆肥、稲わら堆肥は2～3%であった。全炭素含量は、大豆かす、菜種かす、魚かす、おがくず牛糞堆肥が36%以上と多く、骨粉が18%で最も少なかった。C/N



第1図 各有機物の土壌における全窒素の分解率 (%)

第4表 各有機物の土壌における全窒素の分解率(%)

供試有機物	大豆かす	骨粉	菜種かす	魚かす	稲わら堆肥	おがくず牛糞堆肥	豚糞堆肥	鶏糞堆肥
1か月後	73	72	57	57	0	23	24	41
3か月後	88	85	77	75	8	24	41	49
6か月後	92	87	81	82	11	30	47	52
1年後	93	88	83	84	16	29	48	55
2年後	92	90	87	88	22	29	48	58



**有意水準5%相関関係あり

第2図 C/N比と6か月後の窒素分解率の関係

比は、稲わら堆肥、おがくず牛糞堆肥が13以上で高く、鶏糞堆肥、豚糞堆肥、菜種かすは6～8、大豆かす、骨粉、魚かすは6以下と低かった(第3表)。

大豆かす、骨粉、菜種かす及び魚かすの窒素の分解率は、1か月後にはすでに55%以上に達し、大豆かす、骨粉は3か月後に85～88%、6か月後に87～92%、菜種かす、魚かすは3か月後に75～77%、6か月後に81～82%で3か月以内にはほぼ分解が終了した。一方、鶏糞堆肥及び豚糞堆肥は前記4種類より少し遅れ、3か月後でそれぞれ49、41%、2年後でも58、48%であった。稲わら堆肥及びおがくず牛糞堆肥はさらに分解が遅く、1年後で16～29%、2年後でも22～29%であった(第4表、第1図)。各有機物のC/N比と埋設6か月後の窒素の分解率の関係をみると高い負の相関があった(第2図)

以上の結果から、ほ場における有機物の分解はC/N比との関係が強い傾向がみられ、短期間に速く分解する大豆かす、骨粉、菜種かす、魚かす、分解が中程度の豚糞堆肥、鶏糞堆肥、分解が遅い稲わら堆肥、おがくず牛糞堆肥の3つのグループに分けることができた。

試験2 有機物の施用が葉菜類の収量・品質に及ぼす影響

1 有機物施用と収量

1作から14作までの収量及び無機肥料区に対する各試験区の収量指数を第5表～第7表に示した。

作物ごとの収量指数の経時的変化は以下のとおりである。

(1) ホウレンソウ、チンゲンサイ(5月～6月作)

窒素無施用区の収量指数は作付け回数の増加に伴い、ホウレンソウが第1作の22から第4作の13に、チンゲンサイが第7作の35から第13作の21に減少した。また、施用量の全量を有機物とした有機物混合標準区、1.5倍区、2倍区では各作とも施用量が増すに従って、ホウレンソウでは約50から70、チンゲンサイでは約70から100に増収した。作付け回数による顕著な差はみられなかった。

豚糞堆肥区、大豆かす区及びおがくず牛糞堆肥区の収量指数は、ホウレンソウではそれぞれ43～49、56～65及び21～33、チンゲンサイではそれぞれ68～84、84～97及び40～70とC/N比が高い有機物を施用するほど低収となった。有機物混合(標準、半量)に無機肥料を半量加えた区ではいずれの作もホウレンソウが約60～80、チンゲンサイが100前後と有機物混合標準区に比べて収量が高く、無機肥料は有機物に比べて肥効が高いと判断された。

(2) レタス

窒素無施用区の収量指数は第2作が54、第11作が18となり、作付け回数の増加に伴い著しく減少した。有機物混合区は、1作目ではホウレンソウ、チンゲンサイ同様に有機物の施用量を増加することにより増収となった。2作目以降は有機物混合標準区が無機肥料区と同等、1.5倍区、2倍区は無機肥料区より優る結果を示した。有機物を単独で施用した区の収量指数は大豆かす、豚糞堆肥、おがくず牛糞堆肥区の順に高かった。大豆かす区

の収量は2作目までは無機肥料区の83～84%であったが、3作目以降は無機肥料区と同等となった。3作目以降の豚糞堆肥区、おがくず牛糞堆肥区の収量指数はそれぞれ約90及び約80であった。有機物混合(標準、半量)+無機肥料1/2区は1作目は有機物混合標準区より増収したが、2作目以降は有機物混合標準区とほぼ同等に経過し、無機肥料の上乗せ施用による増収効果はみられなかった。

(3) キャベツ

窒素無施用区の収量指数は3～6と他の葉菜類に比べて大幅に低くなった。有機物混合区の収量はレタス、チンゲンサイほどではなかったが、施用量の増加にしたがって多収となり、有機物混合2倍区の4作平均の収量指数は82となった。有機物の単独施用ではおがくず牛糞堆肥区の収量指数は13～37と肥料的効果はほとんどみられなかった。大豆かす区は61～86で高く、豚糞堆肥区は

38～65で作付け年次による変動が大きかった。有機物混合(標準、半量)+無機肥料1/2区の収量指数は73～105であり、有機物混合標準区よりも、いずれの作も増収し、無機肥料の上乗せによる増収効果がみられた。

有機物施用区の無機肥料区に対する収量指数を作物別に比較すると、夏秋作のレタスが最も高く、次いで春夏作のハウレンソウ、チンゲンサイの順であった。越冬作のキャベツは低く、これは栽培期間中の地温が有機物の分解に大きく関与している結果と考えられた。

2 各野菜の窒素吸収量及び利用率

各作の試験区の窒素吸収量を第8表に、施肥窒素の利用率(各試験区の窒素吸収量から窒素無施用区の窒素吸収量を差し引いた値の施肥窒素量に対する割合)を第9表に示した。

窒素吸収量は作物の種類により大きく異なった。無機

第5表 ホウレンソウ及びチンゲンサイの収量及び無機肥料区に対する収量指数

試 験 区	ホウレンソウ		チンゲンサイ			平均収量指数	
	第1作	第4作	第7作	第10作	第13作	ホウレンソウ	チンゲンサイ
1.無 機 肥 料	139(100)	133(100)	472(100)	587(100)	543(100)	100	100
2.窒 素 無 施 用	30(22)	17(13)	166(35)	152(26)	113(21)	18	27
3.有機混合標準	74(53)	74(56)	400(85)	392(67)	418(77)	55	76
4. " 1.5 倍	99(71)	84(63)	468(99)	530(90)	555(102)	67	97
5. " 2 倍	95(68)	100(75)	469(99)	608(104)	531(98)	72	100
6.豚 糞 堆 肥	60(43)	65(49)	395(84)	366(68)	378(73)	46	75
7.大 豆 か す	90(65)	75(56)	439(93)	567(97)	442(84)	61	91
8.おがくず牛糞堆肥	46(33)	28(21)	330(70)	320(55)	215(40)	27	55
9.有機1/2+無機1/2	88(63)	104(78)	484(103)	575(98)	548(108)	71	103
10.有機標準+無機1/2	99(71)	105(79)	459(97)	614(105)	510(101)	75	101

※数字は上物収量(kg/a)、()内は収量指数

第6表 レタスの収量及び無機肥料区に対する収量指数

試 験 区	第2作	第5作	第8作	第11作	第14作	平均収量指数
1.無 機 肥 料	454(100)	267(100)	297(100)	204(100)	311(100)	100
2.窒 素 無 施 用	245(54)	121(45)	75(25)	36(18)	110(35)	35
3.有機混合標準	386(85)	276(103)	286(96)	204(100)	314(101)	97
4. " 1.5 倍	440(97)	291(108)	319(107)	229(112)	320(103)	105
5. " 2 倍	417(92)	265(99)	344(116)	225(110)	335(108)	105
6.豚 糞 堆 肥	315(69)	222(83)	277(93)	183(90)	287(91)	85
7.大 豆 か す	378(83)	224(84)	301(101)	214(105)	314(101)	95
8.おがくず牛糞堆肥	344(76)	226(85)	256(86)	147(72)	244(78)	79
9.有機1/2+無機1/2	428(94)	273(103)	272(92)	212(104)	317(102)	99
10.有機標準+無機1/2	429(94)	284(106)	244(82)	185(91)	308(99)	94

※数字は第5表に同じ

第7表 キャベツの収量及び無機肥料区に対する収量指数

試 験 区	第3作	第6作	第9作	第12作	平均収量指数
1.無 機 肥 料	429(100)	419(100)	343(100)	481(100)	100
2.窒 素 無 施 用	24(6)	11(3)	21(6)	24(5)	5
3.有機混合標準	279(65)	254(61)	239(70)	253(53)	62
4. " 1.5 倍	324(76)	325(78)	249(73)	327(68)	74
5. " 2 倍	368(86)	353(84)	259(76)	399(83)	82
6.豚 糞 堆 肥	257(60)	240(57)	223(65)	181(38)	55
7.大 豆 か す	301(70)	362(86)	253(74)	292(61)	73
8.おがくず牛糞堆肥	157(37)	143(34)	124(36)	62(13)	30
9.有機1/2+無機1/2	292(68)	422(101)	281(82)	377(78)	82
10.有機標準+無機1/2	341(79)	439(105)	250(73)	430(89)	87

※数字は第5表に同じ

第8表 各葉菜類の窒素吸収量 (kg/a)

試 験 区	ホウレンソウ		チンゲンサイ			レ タ ス				
	第1作	第4作	第7作	第10作	第13作	第2作	第5作	第8作	第11作	第14作
1.無 機 肥 料	0.516	0.504	1.200	1.148	1.155	1.662	1.082	0.800	1.067	0.985
2.窒 素 無 施 用	0.091	0.064	0.288	0.291	0.291	0.921	0.382	0.248	0.122	0.279
3.有機混合標準	0.241	0.240	0.825	0.837	0.851	1.501	0.763	0.781	0.689	0.733
4. " 1.5 倍	0.332	0.281	1.104	1.090	1.167	1.836	0.882	0.820	0.605	0.788
5. " 2 倍	0.332	0.344	1.145	1.243	1.030	1.514	1.060	0.915	0.729	0.918
6.豚 糞 堆 肥	0.191	0.208	0.768	0.724	0.828	1.296	0.679	0.692	0.615	0.700
7.大 豆 か す	0.325	0.344	1.025	1.262	1.012	1.764	1.080	0.823	0.632	0.920
8.おがくず牛糞堆肥	0.133	0.099	0.562	0.562	0.449	1.133	0.681	0.620	0.626	0.558
9.有機1/2+無機1/2	0.273	0.380	1.041	1.198	1.118	1.460	1.115	0.792	0.676	0.861
10.有機標準+無機1/2	0.319	0.372	0.945	1.348	1.024	1.423	1.032	0.620	0.601	0.853

試 験 区	キ ャ ベ ツ				作物別窒素吸収量 (平均)			
	第3作	第6作	第9作	第12作	ホウレンソウ	チンゲンサイ	レタス	キャベツ
1.無 機 肥 料	2.206	2.061	2.062	2.395	0.510	1.168	1.119	2.181
2.窒 素 無 施 用	0.286	0.329	0.392	0.368	0.078	0.290	0.390	0.344
3.有機混合標準	1.224	1.159	1.224	1.438	0.241	0.838	0.893	1.261
4. " 1.5 倍	1.686	1.527	1.300	1.845	0.307	1.120	0.986	1.590
5. " 2 倍	1.908	1.802	1.330	2.135	0.338	1.139	1.027	1.794
6.豚 糞 堆 肥	1.150	1.117	1.031	1.014	0.200	0.773	0.796	1.078
7.大 豆 か す	1.850	2.347	1.474	1.673	0.335	1.100	1.044	1.836
8.おがくず牛糞堆肥	0.834	0.797	0.774	0.459	0.116	0.524	0.724	0.716
9.有機1/2+無機1/2	1.464	1.839	1.526	2.177	0.327	1.119	0.981	1.752
10.有機標準+無機1/2	1.756	2.270	1.415	2.113	0.346	1.106	0.906	1.889

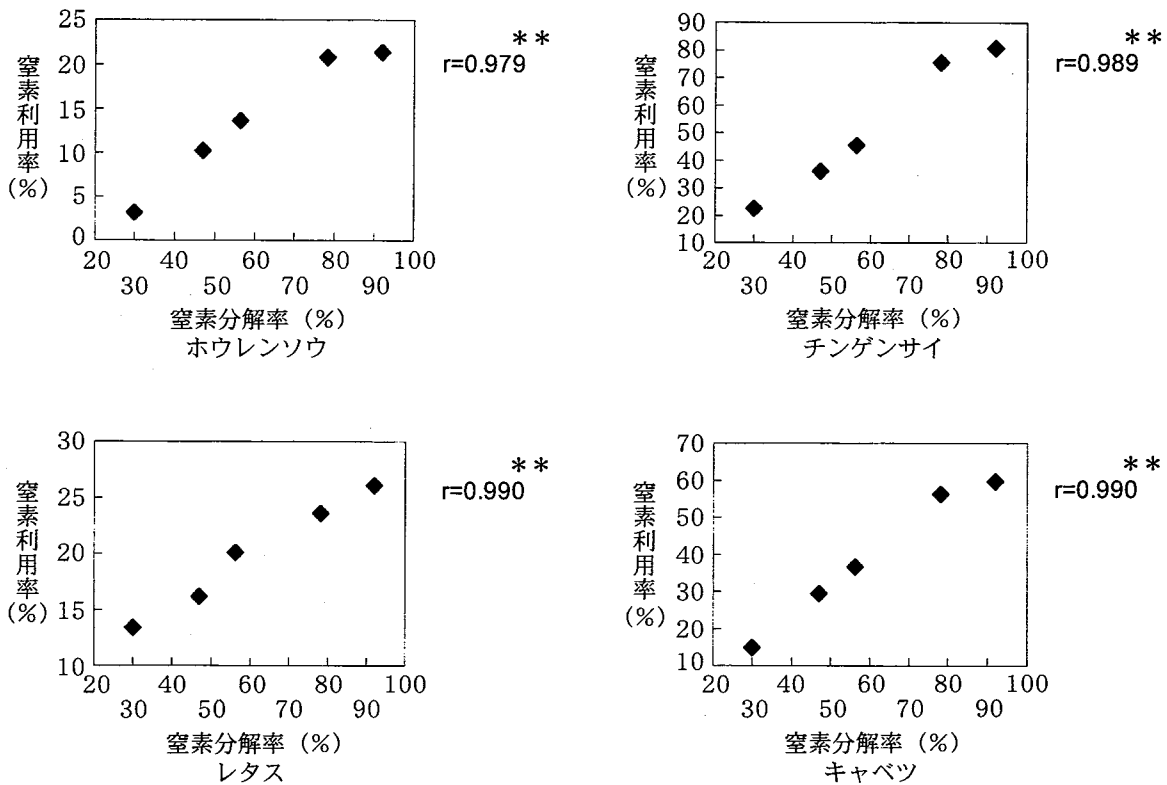
肥料区における窒素吸収量を比較すると、キャベツ、レタス、チンゲンサイ、ホウレンソウの順に多く、作付け年次によりやや変動がみられるが、それぞれ2.06～2.40kg/a、0.80～1.66kg/a、1.15～1.20kg/a、0.5kg/aであった。無機肥料区の施肥窒素量はホウレンソウ、チンゲンサイが1.2kg/a、レタス、キャベツが2.5kg/aであったことから、窒素利用率は無機肥料区の作物ごとの平均ではキャベツが73.5%、チンゲンサイが73.1%と高く、ホウレンソウが36.1%、レタスが29.1%と低かった。また、各有機物施用区の作物別窒素吸収量（平均）を比較すると、ホウレンソウ＜チンゲンサイまたはレタス＜キャベツの順となった。各有機物施用区の作物間の窒素吸収量は、有機混合標準が0.24～1.44kg/a、有機混合1.5倍が0.28～1.85kg/a、有機混合2倍が0.33～2.14kg/a、豚糞堆肥が0.19～1.15kg/a、大豆かすが0.33～2.35kg/a、おがくず牛糞堆肥が0.10～0.83kg/a、有機

半量＋無機半量が0.27～2.18kg/a、有機標準＋無機半量が0.32～2.27kg/aとなった。また、各有機物施用区の作物別窒素利用率（平均）を比較すると、窒素施肥量が異なる有機1.5倍、有機2倍、有機標準＋無機半量区を除くと、ホウレンソウ＜レタス＜キャベツ＜チンゲンサイの順となり、各有機物施用区の作物間の窒素利用率は、有機混合標準が12.5～46.7%、豚糞堆肥が8.3～44.8%、大豆かすが19.5～80.9%、おがくず牛糞堆肥が2.9～22.6%、有機半量＋無機半量が15.2～75.6%となり、作物の種類にかかわらず、大豆かす区及び有機半量＋無機半量区がほぼ同等で高く、有機標準区はやや低く、さらに豚糞堆肥区、おがくず牛糞堆肥区の順に低かった。各有機物の分解率がほぼ最高となる6か月後をみると、豚糞堆肥が47%、大豆かすが92%、おがくず牛糞堆肥が30%であり、また、有機物混合は3つの有機物を窒素で等量としているので6か月後の分解率は56%、有機半量＋

第9表 各葉菜類の施肥窒素利用率 (%)

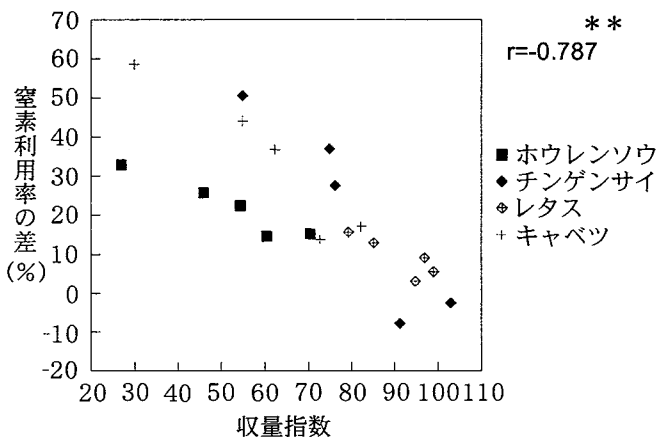
試 験 区	ホウレンソウ		チンゲンサイ			レ タ ス				
	第1作	第4作	第7作	第10作	第13作	第2作	第5作	第8作	第11作	第14作
1.無 機 肥 料	35.4	36.7	76.0	71.4	72.0	29.6	28.0	22.1	37.8	28.2
3.有機混合標準	12.5	14.7	44.8	45.5	46.7	23.2	15.2	21.3	22.7	18.2
4. " 1.5 倍	13.4	12.1	45.3	44.4	48.7	24.2	13.3	15.3	12.9	13.6
5. " 2 倍	10.0	11.7	35.7	39.7	30.8	11.9	13.6	13.3	12.1	12.8
6.豚 糞 堆 肥	8.3	12.0	40.0	36.1	44.8	15.0	11.9	17.8	19.7	16.8
7.大 豆 か す	19.5	23.3	61.4	80.9	60.1	33.7	27.9	23.0	20.4	25.6
8.おがくず牛糞堆肥	3.5	2.9	22.8	22.6	13.2	8.5	12.0	14.9	20.2	11.2
9.有機1/2+無機1/2	15.2	26.3	62.8	75.6	68.9	21.6	29.3	21.8	22.2	23.3
10.有機標準+無機1/2	12.7	17.1	36.5	58.7	40.7	13.4	17.3	9.9	12.8	15.3

試 験 区	キ ャ ベ ツ				作物別窒素利用率 (平均)			
	第3作	第6作	第9作	第12作	ホウレンソウ	チンゲンサイ	レタス	キャベツ
1.無 機 肥 料	76.8	69.3	66.8	81.1	36.1	73.1	29.1	73.5
3.有機混合標準	37.5	33.2	33.3	42.8	13.6	45.7	20.1	36.7
4. " 1.5 倍	37.3	31.9	24.2	39.4	12.8	46.1	15.9	33.2
5. " 2 倍	32.4	29.5	18.8	35.3	10.9	35.4	12.7	29.0
6.豚 糞 堆 肥	34.6	31.5	25.6	25.8	10.2	40.3	16.2	29.4
7.大 豆 か す	62.6	80.7	43.3	52.2	21.4	67.5	26.1	59.7
8.おがくず牛糞堆肥	21.9	18.7	15.3	3.6	3.2	19.5	13.4	14.9
9.有機1/2+無機1/2	47.1	60.4	45.4	72.4	20.8	69.1	23.6	56.3
10.有機標準+無機1/2	39.2	51.8	27.3	46.5	14.9	45.3	13.7	41.2



**は有意水準5%の相関関係あり

第3図 埋設6か月後の有機物と窒素分解率と各作物の窒素利用率の関係



**は有意水準5%の相関関係あり

第4図 有機物施用区の収量指数と窒素利用率の差

(無機肥料区-有機物施用区の窒素利用率) との関係

無機半量は半量が有機物混合、半量が速効性の無機肥料(無機化率100%とする)であるため分解率は78%と推定でき、窒素の利用率と各有機物の窒素の分解率との間にはいずれの作物でも高い相関がみられた(第3図)。また、各有機物区と無機肥料区の窒素利用率の差と収量指数との間には負の相関があり、その差が小さいほど収量指数が高くなる傾向にあった(第4図)。

3 有機物施用と内部品質

葉菜類の内部品質として日持ちや食味との関連が強い還元糖含量及び食物として多量に摂取することが好ましくない硝酸についてその濃度を調査した。作物別に比較した結果について第10表に、硝酸濃度と還元糖含量との関係を第5図に示した。

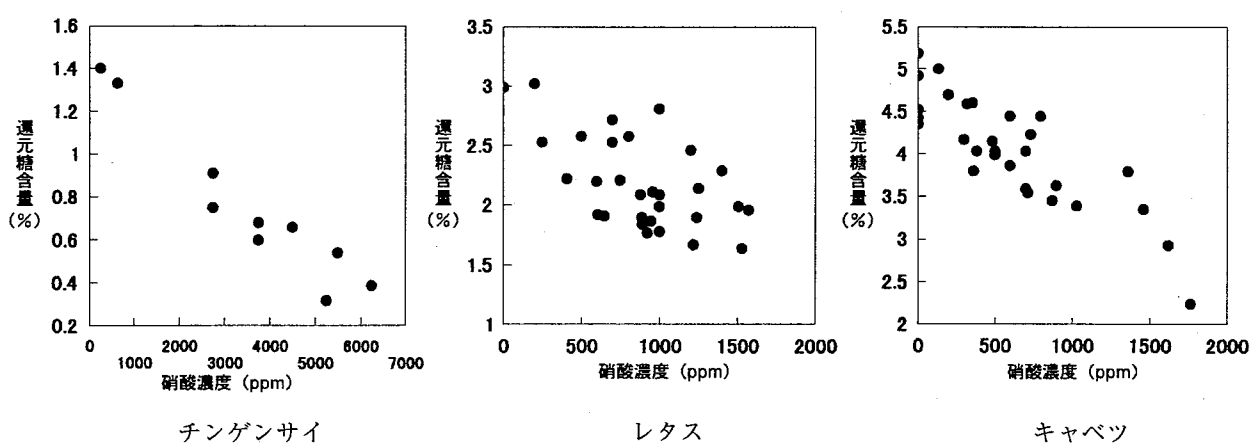
作物体内の硝酸濃度は施用した肥料、有機物の種類により大きく異なり、窒素無施用区、おがくず牛糞堆肥区、豚糞堆肥区及び有機物混合標準区は硝酸濃度が低く、無機肥料区、有機物混合2倍区及び大豆かす区は高かった。すなわち、施用した肥料、有機物の窒素無機化率と硝酸濃度には関係がみられ、無機化率が高いほど硝酸濃度は高かった。一方、還元糖含量は作物の違いによる差が大きく、キャベツが最も多く、次いでレタスの順であり、チンゲンサイは低く、キャベツの10~30%程度であった。また、硝酸濃度と還元糖含量との間にはハウレンソウを除くと負の相関があり、相関係数はチンゲンサイが-0.959、レタスが-0.592、キャベツが-0.854でいずれも有意な差があった(第10表)。施用した有機物との関係では無機化率の低い有機物の施用により還元糖含量は高まる傾向にあった。したがって、内部品質の向上

第10表 作物別の硝酸濃度 (ppm) 及び還元糖含量 (%)

試験区	ホウレンソウ		チンゲンサイ		レタス		キャベツ	
	硝酸	還元糖	硝酸	還元糖	硝酸	還元糖	硝酸	還元糖
1.無機肥料	158	0.70	5245	0.32	1338	2.11	1223	3.17
2.窒素無施用	0	1.00	248	1.40	217	2.58	0	4.52
3.有機混合標準	0	1.27	2747	0.91	930	2.07	363	3.98
4. " 1.5 倍	22	1.14	3748	0.68	873	2.10	616	3.66
5. " 2 倍	54	1.00	4496	0.66	1271	1.92	1037	3.45
6.豚糞堆肥	0	1.21	2747	0.75	660	2.20	292	4.07
7.大豆かす	121	1.21	5498	0.54	1156	2.30	1014	3.77
8.おがくず牛糞堆肥	0	1.00	625	1.33	616	2.34	155	4.32
9.有機1/2+無機1/2	30	1.07	3748	0.60	811	2.23	811	3.42
10.有機標準+無機1/2	73	1.13	6246	0.39	975	2.06	868	3.08
相関係数	-0.500		-0.959**		-0.592**		-0.854**	

** 有意水準 5 % の相関関係あり

※チンゲンサイは第13作、レタスは第5、8、14作の平均、キャベツは第3、6、9、12作の平均



第5図 各作物における硝酸濃度と還元糖含量の関係

第11表 跡地土壌の化学性 (第5作後)

試験区	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基			塩基交 換容量 (me/100g)	有効態 リン酸 (mg/100g)
				CaO	MgO	K ₂ O		
				(mg/100g)				
1.無機肥料	7.05	0.91	0.130	331	55	47	15.7	94
2.窒素無施用	6.14	0.93	0.130	328	45	32	16.6	76
3.有機混合標準	7.39	1.24	0.191	431	58	36	17.1	111
4. " 1.5 倍	6.97	1.37	0.201	315	73	69	16.8	115
5. " 2 倍	7.01	1.51	0.205	345	82	80	15.4	130
6.豚糞堆肥	7.20	1.13	0.165	367	78	52	16.2	153
7.大豆かす	6.58	1.01	0.140	264	61	23	13.9	57
8.おがくず牛糞堆肥	7.11	1.45	0.156	309	72	64	15.6	72
9.有機1/2+無機1/2	6.51	1.02	0.131	302	56	40	13.8	86
10.有機標準+無機1/2	6.43	1.16	0.178	296	64	57	16.3	104

第12表 跡地土壌の化学性（第14作後）

試 験 区	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	交換性塩基			塩基交 換容量 (me/100g)	有効態 リン酸 (mg/100g)
				CaO	MgO (mg/100g)	K ₂ O		
1.無 機 肥 料	5.60	0.83	0.122	211	49	30	15.2	61
2.窒 素 無 施 用	7.34	0.81	0.119	349	47	66	14.7	115
3.有機混合標準	7.47	1.36	0.202	424	84	32	17.2	179
4. " 1.5 倍	7.04	1.70	0.205	354	98	53	17.7	157
5. " 2 倍	7.06	1.75	0.277	386	98	76	18.0	227
6.豚 糞 堆 肥	7.35	1.50	0.259	421	125	77	16.5	292
7.大 豆 か す	6.66	0.93	0.157	275	66	18	12.9	59
8.おがくず牛糞堆肥	7.55	1.72	0.199	387	89	49	16.8	109
9.有機1/2+無機1/2	6.50	1.23	0.179	375	67	38	16.2	115
10.有機標準+無機1/2	6.52	1.30	0.185	300	65	59	16.6	135

のためには、窒素の供給が少ない有機物の施用の効果が
高いと考えられた。

4 有機物施用と土壌の化学性

有機物施用の土壌への蓄積効果を明らかにするため、
第5作及び第14作終了時の跡地土壌の化学性について第
11、12表に示した。有機物を施用することにより、T-
C及びT-Nの増加がみられ、とくにT-Cはおがくず
牛糞堆肥区が、T-Nは豚糞堆肥区が高かった。塩基交
換容量（CEC）及び有効態リン酸も、有機物の施用に
より増加し、特に有機物混合2倍区、豚糞堆肥区は有効
態リン酸含量の蓄積が顕著であった。しかし、大豆かす
区はCEC、有効態リン酸含量の増加は少なく、無機肥
料区と比べても低かった。また、第5作に比べて、第14
作では、大豆かす区を除く有機物施用区でT-C、T-
N、CEC、有効態リン酸が増加し、有機物連用による
土壌化学性の養分含量の増加が大であった。

総合考察

有機農産物生産に関係する無化学肥料、減化学肥料の
技術確立を土壌肥料の立場から検討するために、有機物
の分解特性、葉菜類の収量、品質及び土壌の理化学性に
及ぼす有機物施用の影響について5年間、14作にわたり
試験を行い、有機物施用の効果について明らかにするこ
とができた。

はじめに、有機物の種類による分解特性について、8
種類の有機物を栽培ほ場に埋設して検討した。作物の生
育、収量に及ぼす影響が大きい窒素の分解率は、その有
機物を構成する炭素と窒素の割合（C/N比）に大きく影
響され、両者の間には明らかな関係があることが認められ

た（第1、2図）。すなわち、大豆かす、骨粉、菜種か
す、魚かすなどC/N比の低いグループは有機物中の窒素
の無機化が速く、埋設6か月後の窒素分解率は80～90%
以上と高かったのに対し、稲わら堆肥、おがくず牛糞堆
肥などC/N比の高いグループの無機化の速度は遅く、6
か月後の分解率は10～30%と低かった。豚糞堆肥、鶏糞
堆肥などC/N比が中間的なグループは無機化速度や分解
率も両グループの中間的な値を示した。有機物の分解は
微生物によって、エネルギー源として炭素が、菌体の構
成成分として窒素が利用されることによって進み、菌体
の構成成分として過剰な有機態窒素が無機化するといわ
れている。広瀬(15)や樋口ら(14)も報告しているよう
に、本試験結果からもほ場条件における各種有機物の分
解特性はC/N比の影響を強く受けることが明らかになっ
た。

このように分解特性の違いがみられた3グループの有
機物から、大豆かす、豚糞堆肥、おがくず牛糞堆肥を供
試して葉菜類の収量及び品質へ及ぼす影響を調べた結
果、葉菜類の種類、栽培時期、有機物の種類及び施用量
により効果が異なった。葉菜類の種類ではレタスにおけ
る収量及び窒素吸収量が有機物施用による効果が高く、
無機肥料に対して、大豆かすや有機物混合施用により、
3年目以降同等以上の収量が得られた。レタスの栽培時
期が夏から秋にかけての気温の高い時期であり、有機物
の分解が促進されたこと、また、レタスの窒素吸収量が
0.8～1.6kg/aで施肥窒素量の2.5kg/aに比べて少なく、
作付年次の平均窒素利用率は、無機肥料が29.1%に対
し、有機物施用は13.4～26.1%と、有機物の種類によっ
ては無機肥料との差が小さいことから収量増加に結びつ
いたと考えられる。一方、キャベツは、栽培時期が冬期

であったため気温が低く、施用した有機物の分解が進まなかったこと(13)、また、窒素の吸収量が $2.0 \sim 2.4 \text{ kg/a}$ で施肥窒素量の 2.5 kg/a に近いため分解率の低下が大きく影響し、作付年次の平均窒素利用率は無機肥料が73.5%に対し、有機物施用は14.9~59.7%と無機肥料に比べ低いため、収量が減少したと考えられる。作物による窒素吸収量の違いが有機物を施用した栽培での収量に対する影響については山田ら(21)も本結果と同様な報告をしている。

また、各葉菜類について有機物施用量の増量及び有機物と無機肥料とを混合施用した場合の効果について比較すると、ホウレンソウ、チンゲンサイ及びキャベツでは増収効果がみられたものの、レタスでは収量の増加は少なかった。この原因として、レタスでは有機物の分解による窒素の供給が、有機物標準施用でも、無機肥料の窒素吸収量に近かったのに対し、ホウレンソウ及びチンゲンサイでは生育が早く、有機物の分解による窒素の供給が吸収に追いつかなかったこと、また、キャベツでは低温条件における有機物分解の低下による窒素供給量の不足に対して、有機物施用量の増加あるいは無機肥料の混合施用が補ったためと考えられる。したがって、春夏の短期的な栽培及び冬期の栽培では無機肥料との混合施用あるいは有機物施用量を多くすることによって収量の増加が期待できると考えられた。

有機物を施用した栽培において、供試した有機物の種類ごとに比較した結果、いずれの作物でも収量指数は、大豆かす>豚糞堆肥>おがくず牛糞堆肥の順に高い数値を示した。これは有機物中の窒素の分解過程に対応する結果、つまり、C/N比が低く窒素の分解が速い大豆かすは肥料としての効果が高く、C/N比が高いおがくず牛糞堆肥は肥料的な効果がほとんど期待できないためと考えられた。おがくず牛糞堆肥の施用量はホウレンソウ及びチンゲンサイで 135 kg/a 、レタス及びキャベツで 280 kg/a に相当し、大橋ら(3)はダイコン及びハクサイでは無機肥料の施肥と併せておがくず牛糞堆肥を $200 \sim 400 \text{ kg/a}$ 施用すると増収効果がみられたと報告している。本試験においても、おがくず牛糞堆肥の単独施用による収量確保は難しいように思われた。

また、品質では、葉菜類についても最近の消費者の食に対する関心の高まりから、外観のみならず、鮮度や栄養価など内部品質に対する関心が強くなった。そこで、本試験では内部品質として、日持ち性との関係が強い還元糖(8)及び作物中で低濃度が望まれる硝酸(8)について有機物施用との関係を調査した。その結果、有機物施用は無機肥料施用に比べて硝酸濃度が低下し、還元糖

含量が高まることが認められた。第5図に示したようにチンゲンサイ、レタス及びキャベツでは硝酸濃度と還元糖含量の間には負の相関がみられる。目黒らは夏どりホウレンソウでも硝酸含量と還元糖含量との間に負の相関を示すこと(19)、また、中村らはレタスでも過剰の窒素施肥によって、還元糖を前駆物質とするビタミンC等の内部品質が低下すると報告している(11)。しかし、葉菜類の場合、施肥窒素量が少なく硝酸濃度が低下する条件では、収量が減少することから、内部品質とともに収量を確保するように、肥料、有機物を施用する必要がある。

収量と品質の関係から、レタスは有機物混合標準及び有機半量+無機半量で、チンゲンサイは有機物混合1.5倍及び有機半量+無機半量で収量を無機肥料と同等に保ち、硝酸を低下させる無化学肥料及び減化学肥料的栽培が可能と考えられた。また、ホウレンソウでは有機標準+無機半量で、キャベツでは有機物混合2倍及び有機(標準及び半量)+無機半量で収量はやや低下するものの、硝酸濃度が低くなり、無化学肥料、減化学肥料的栽培により、内部品質を向上させる栽培が可能と考えられた。

ところで、有機物施用は土づくりに欠かすことができない技術であり、堆肥の連用が土壌の理化学性に与える影響については、野菜畑において、火山灰土壌では松下ら(17)、沖積土壌では六本木(22)により報告され、沖積土壌では土壌中の全炭素、全窒素、可給態窒素、塩基置換容量が増加したとしている。本試験でも、土壌の化学性について、おがくず牛糞堆肥の連用は土壌中の炭素(腐植)や塩基置換容量を増加させ、また、豚糞堆肥は成分中にリンを多く含んでいることからリン酸の供給源となることが考えられ、土壌改良効果が高いと考えられた。しかし、今日のような養分負荷の懸念される土壌環境においては、豚糞堆肥にみられるようにリンなどある特定の成分が多い資材については過剰な投入をしないように注意が必要である(4, 18)。最近の環境保全型農業の推進の必要性から、野菜畑のように施肥量が比較的多い農地では、未利用の養分が農地から流出し地下水の養分富化を引き起こすことが懸念される(5, 6)。本試験でも有機物混合2倍区の窒素施用量は14作で 57 kg/a 、各有機物の分解特性から換算すると 31.55 kg/a の窒素が無機化していると推定できる。有機物混合2倍区から窒素無施用区を引いた窒素の吸収量は14作で 12.05 kg/a となり、 19.5 kg/a の窒素が利用されず、残存または流出したと推定でき、連続的な多施用は養分負荷の原因となることが懸念される。

以上のように、有機物を施用した栽培で、収量の確保、品質の向上、さらに環境負荷を起こさないためには、有機物の分解による養分の供給、作物の養分吸収特性にしたがって施用していくことが必要である。本試験では、4種類の葉菜類—ハウレンソウ、チンゲンサイ（春夏作）、レタス（夏秋作）及びキャベツ（秋春作）について、有機物の分解特性、栽培時期、作物の窒素吸収量を基に、有機物施用と収量及び品質との関係を検討し、効果的な有機物の種類、施用量、無機肥料の組合せによる栽培を明らかにし、無化学肥料、減化学肥料栽培に対する可能性を示すことができたと考えている。

摘 要

1. 8種類の有機物の窒素の分解はC/N比によって異なり、その値が高い有機物ほど分解率は低く、C/N比が低いほど分解率は高い傾向にあった。
2. 葉菜類の収量に対する有機物施用の影響は、有機物の分解特性との関係が強く、単一の有機物の施用では分解率の高い有機物（大豆かす）は無機肥料に近い収量が得られた。また、分解特性の異なる有機物を組合せ、有機物からの窒素の供給を増やすために施用量を増加することにより収量は増加した。
3. 数種作物に対する有機物施用の効果は、夏作のレタスでは収量が無機肥料と同等であった。冬作のキャベツでは有機物のみの施用では収量が低く、無機肥料と組合せることにより収量を増加させることができた。
4. 肥料的効果の小さい有機物（おがくず牛糞堆肥）では、全炭素含量（腐植含量）や塩基置換容量が増加し、土壌の理化学性の改善効果が認められた。
5. 内部品質として、日持ち性との関係が強い還元糖及び作物中で低濃度が望まれる硝酸について有機物施用との関係を調べた結果、おがくず牛糞堆肥、豚糞堆肥を施用すると、無機肥料施用に比べ、硝酸濃度が低下し、還元糖含量が高まった。チンゲンサイ、レタス及びキャベツでは硝酸含量と還元糖含量の間に負の相関がみられた。
6. 有機物の施用は、その分解特性、施用量を考慮して用いることにより、各種葉菜の収量、品質が高められることを明らかにした。

引用文献

1. 大阪府立大学農学部園芸学教室. 1983. 園芸学実験・実習. p.157~158. 養賢堂.
2. 大野高資. 1992. 有機栽培によるキャベツ・レタス作の経営的評価. 今月の農業. 12. 30~34.
3. 大橋恭一・岡本将宏. 1985. おがくず牛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
4. 大橋恭一・岡本将宏. 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糞肥連用の影響. 土肥誌. 56: 378~383.
5. 小川吉雄・石川 実・吉原 貢. 1979. 畑地から窒素流出に関する研究. 茨城農試特別研究報告. 4: 1~ 71.
6. 越野正義. 1989. 有機農業と化学肥料. 農業及び園芸. 64: 117~122.
7. 作物分析法委員会. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析法. p.63~69. 養賢堂.
8. 相馬暁. 1988. 品質アップの野菜施肥. p.37~58. 農文協.
9. 土壌標準分析・測定法委員会. 1986. 土壌標準分析測定法. p.70~160. 博友社.
10. 土壌養分測定法委員会. 1970. 土壌養分分析法. p.127~176. 養賢堂.
11. 中村隆一・目黒孝司・元木征治. 1996. 春夏まきレタスの品質向上対策. 土肥誌. 67: 692~695.
12. 農林水産省. 1993. 有機農産物等に係る青果物等特別表示ガイドライン: 1~9
13. 橋本秀教. 1981. 有機物施用の理論と応用. p.13~ 128. 農文協.
14. 樋口太重・栗原 淳. 1978. 有機物の形態と施肥窒素の行動に関する研究（第2報）・各種有機物の形態組成と硫酸窒素の有機化. 土肥誌. 49: 65~70. 373~377
15. 広瀬春朗. 1973. 各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について. 土肥誌. 48: 157~ 163.
16. 前田乾一・鬼鞍 豊. 1977. 圃場条件における有機物の分解率の測定法. 土肥誌. 48: 567~568.
17. 松下利定・中村伴蔵・小松憲一・鎌田嘉孝・長谷川 徹. 1989. 火山灰畑土壌における有機質・無機質連用に関する研究（第2報）各種野菜の生育・収量におよぼす影響. 長野中信試報. 7: 67~91.
18. 宮沢数雄・塩崎尚郎・伊藤祐二郎・林田至人. 1990. 西南暖地の多腐植質黒ボク土における完熟きゅう肥連用基準と施肥改善. 九州農業試験場報告. 26: 187~222
19. 目黒孝司・吉田企世子・山田次良・下野勝昭. 1991. 夏どりハウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62: 435~438

-
20. 森本昌宏・平古場朗・石橋龍吾. 1967. 亜硝酸イオン共存下の硝酸イオンの吸光光度定量. 分析化学. 16 : 1335~1340.
 21. 山田 裕・鎌田春海. 1989. 有機農業の技術的評価 (第1報) ・有機栽培が野菜の収量および土壌に及ぼす影響. 神奈川県農業総合研究所研究報告. 131 : 1~13.
 22. 六本木和夫. 1995. 沖積畑土壌における稲わら堆肥連用に関する研究. 埼玉園試特別研究報告. 4.

The Effect of Organic Matters Application For Leaf Vegetable Yield and Quality

Haruhito YAMAZAKI and Kazuo ROPPONGI

summary

To elucidate the effect of organic matters application for leaf vegetable yields and qualities, this experiment was carried out for 14 cultivations for five years.

8 kinds of organic matters were different of carbon-nitrogen ratio(C/N ratio). The group of low C/N ratio had decomposed faster than the group of high C/N ratio.

From 8 kinds of organic matters, three kinds were chosen according to C/N ratio. Those were soybean meal, pig dung compost and cow dung compost mixed with sawdust. Spinach or chingensai (*B. v. chinensis*), lettuce and cabbage were cultivated according to this order in a year. The yields and qualities of these leaf vegetables were examined while applied each kind of organic matters alone, mixed together or mixed with chemical fertilizer. The effect of organic matter applications for the yields and qualities was related to decomposition of organic-nitrogen. The response of soybean meal for leaf vegetables was superior to that of pig dung compost and cow dung compost mixed with sawdust, especially for lettuce was the same as that of chemical fertilizer. The response of cow dung compost mixed with sawdust alone was not expected to maintain the yields of leaf vegetables.

On the other hand, internal qualities of leaf vegetables in pig dung compost and cow dung compost mixed with sawdust plots were superior to chemical fertilizer plot. Nitrate concentration in those organic matter plots was lower than in chemical fertilizer plot but sugar contents in the former were higher than the latter.

Continuous applications of organic matters had improved chemical properties of soil. The amount of total carbon in cow dung compost mixed with sawdust plot and available phosphate in pig dung compost plot had increased. The cation exchange capacity had become high in much quantity of organic matters application plot.