

家畜排せつ物由来堆肥の飼料作物に対する適正施用量

誌名	山形県畜産研究報告 = Animal husbandry research in Yamagata Prefecture
ISSN	13473816
著者	秋場, 宏之
巻/号	1号
掲載ページ	p. 15-21
発行年月	2003年1月

家畜排せつ物由来堆肥の飼料作物に対する適正施用量

秋場宏之

Fertilizing Level of the Comost Made from Livestock Feces to the Forage Crops

hiroyuki AKIBA

要 約

堆肥の施用水準別に施用効果を確認するため、未熟な堆肥と通風装置を用い熟度を高めた堆肥を牧草と飼料用とうもろこしに対し施用量4水準で施用し調査を行った。結果、飼料用とうもろこしと牧草で経年施用した区において乾物収量の増加傾向が見られた。牧草については新播草地、経年草地共に増加傾向を示した。それぞれの作物中成分では、堆肥施用量を増すにつれ K_2O 増加傾向を示し、当量比 $\{K/(Ca+Mg)\}$ についても増加する傾向を示した。また、土壌中の K_2O 含量についても、施肥量が増加するに伴い、集積傾向が見られ堆肥の K_2O 施用量による K_2O 集積を推定する回帰式が得られた。この回帰式を用い、基準施肥量を計算し、適正施肥量が試算された。

キーワード：堆肥施用、カリ土壌集積、適正施用量

I. 緒 言

家畜排せつ物は堆肥化し耕種利用を促進しているが、畜産農家の飼養規模拡大により、限られた畑地や草地に多量の堆肥が施用されている現状にある。そこで、飼料作物栽培体系に合わせて、化学肥料の施用量、堆肥の成分等を考慮した飼料作物への適切な堆肥施用基準の策定を行うため、堆肥の施用量と生育、収量、品種等の調査を行なった。

II. 材料と方法

発酵乾燥ハウスにおいて製造され、処理後間もない未熟な堆肥と堆積通風処理を約50日行った熟度の高い堆肥（完熟堆肥）と発酵乾燥ハウス処理直後の熟度の低い堆肥（未熟堆肥）の2種類を供し堆肥として試験を行った。供試堆肥の性状及び試験圃場の土壌化学性については、表2、3に示した。

堆肥施用は、牧草と飼料用とうもろこしに対し、施用4水準（乾物量で0.75、1.50、2.25、3.00t/10a）で施用し（表1）、堆肥の品質・施用量と作物の生育・収量・品質、栽培された土壌の化学性との関係を調査した。

表1 堆肥の施用水準

とうもろこし・牧草共通（乾物量 t / 10a）			
経年未熟施用		単年完熟施用	
1区	0.75	11区	0.75
2区	1.50	12区	1.50
3区	2.25	13区	2.25
4区	3.00	14区	3.00

1、堆肥のエアレーション（通風処理）

供試堆肥を製造するため、「発酵乾燥ハウス」において一次処理された堆肥を通風施設を備えた堆積発酵槽にいれ、腐熟促進を図った。腐熟促進の目安は、堆肥の乾物分解率で示すため、通風試験区と無通気区を設け、それぞれの堆積した堆肥の中にナイロンバッグに入れた堆肥を深さ別、通気別（エアレーション真上、エアレーション横）に埋設し、乾物減少率を測定した。

通気試験の設定

- ・堆積 幅3m奥行き4m堆積1.3m
容積15.6 m³
- ・通気量 70 L～140 L / m³・分
- ・通気時間 60分 / 日～24時間
- ・通気前堆肥 水分64.1% 比重0.58kg

表2 平成12年調査前の土壌化学性

作物	pH		EC	りん酸吸 収係数	有効態の りん酸 mg/乾土100g	CECm. e	置換性塩基mg/乾土100g		
	(H ₂ O)	(kcl)					CaO	MgO	K ₂ O
とうもろこし	6.04	5.02	0.04	1421	7.3	35.5	288.9	23.3	25.3
牧草	5.28	4.50	0.11	1504	8.4	30.0	171.5	14.7	18.7

表3 供試堆肥の性状

使用年	種類	供区	水分 %	pH	EC ms/cm	T-N %	NH ₃ -N mg %	NO ₃ -N %	T-C %	C/N比	灰分 %	P ₂ O ₅ %	(乾物中成分)			
													CaO %	MgO %	K ₂ O %	Na %
H12	未熟	1~4区	62.5	9.47	2.43	1.50	73.5	87	38.0	25.4	22.7	1.09	2.00	0.74	3.74	-
H13	未熟	1~4区	51.4	9.35	7.29	2.04	86.6	102	35.1	17.2	23.4	1.50	3.26	1.09	4.61	0.57
H13	完熟	11~14区	61.8	9.42	6.60	2.27	67.8	49	31.8	14.0	30.8	1.99	4.31	1.48	5.97	0.66

2、飼料用とうもろこし

栽培前の圃場の土壌化学性は表2に示し、施用された堆肥の性状は表3に示した。

品種は32K61を用い、1区9㎡の3反復で、栽植密度700本/a、1区3畝で播種した。化学肥料は、年間施用量をN-P-Kでそれぞれ、15-15-0 kg/10aを施用し1区から4区は2年間同一ヶ所同一条件で作付けし、未熟堆肥を春先2年間施用した。また、11区から14区は完熟堆肥を施用し1年間作付けした。調査は作物の乾物収量、とうもろこしの成分、作付けした土壌の成分を調査した。

3、牧草

堆肥施用前の草地の土壌化学性は表2に示し、施用された堆肥の性状は表3に示した。

経年草地は利用4年目のオーチャードグラス草地を用い、1区から4区は6㎡の4反復で2年間未熟堆肥を施用し作付けし、11区から14区は前年9月上旬に播種を行った新播草地を用い1区6㎡3反復で1年目の草地を試験に供試した。

調査は、1番草から4番草までの乾物収量、牧草成分、作付けした土壌の成分を調査した。

Ⅲ. 結 果

1、堆肥のエアレーション（通風処理）

春に散布される堆肥は、冬期間貯留され十分な腐熟がなされないまま圃場に散布される場合が多いが、腐熟を促進するためエアレーション（通風処理）を行う事が効果的であることが知られている。しかし、本県の気象条件下では、外気温が低い場合、通気量や通気時間によっては、

発酵温度を下げってしまう事が予想される。このことから、試験期間中に通気量や通気時間を変えて発酵温度を調査した結果、通気量は毎分70L/m³・分、通気時間は一日60分程度で、発酵温度をあまり下げずに空気供給できることが示唆された。通気量を140L/m³・分(60分/日)にした場合、明らかに発酵温度を低下させ70L/m³・分(60分/日)に通気量を減らす事で、発酵温度が上昇している。また通気時間を24時間にすることで、発酵温度が低下している。

腐熟の促進を示す、乾物減少率を調査した結果、エアレーションパイプの真上で最も乾物減少率が大きく19.1%であり、通風試験区と無通気区を比較すると18.8%と14.5%で5%水準で有意な差が認められた。冬期間の通気は発酵温度を下げやすいものの、乾物分解は有意に行われる事が示唆された(図1、表4)。

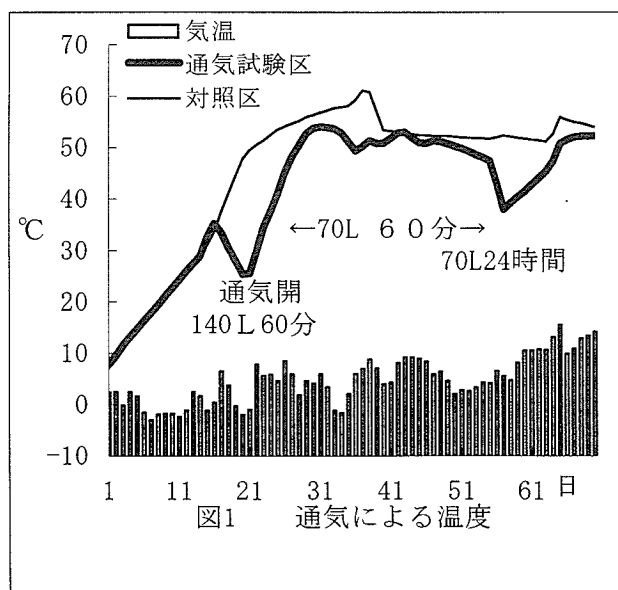


図1 通気による温度

表4 通風における堆肥の乾物減少率

単位：%						
	n	水分	乾物率	灰分	生重量減少率	乾物減少率
通気前サンプル	6	64.1	35.9	26.3		
通気試験区	18	55.6	44.4	31.1	37.8	18.8 a
(エア上)	9	58.1	41.9	31.5	39.0	19.1
(エア横)	9	53.0	47.0	30.6	36.6	18.5
無通気区	9	63.7	36.3	29.2	17.6	14.9 b

*異符号間で有意差有り (P<0.05)

2、飼料用とうもろこし

乾物収量と成分を調査した結果、乾物収量は平成12年・13年とも堆肥の施用量が増加するにつれ増収する傾向はあるものの顕著な差には至っていない。

また分析結果では、蛋白質について平成12年が堆肥施用量がますにつれ減少傾向を示し平成13年は逆の傾向を示している(表5表6)。

作付けした土壌を経年ごとに分析した結果、K₂Oが顕著な集積傾向を示し、現物換算約2t/10aでも乾土100g中のK₂O含量が高まる傾向を示した。他の分析項目については、MgOが経年施用区で堆肥の施用量が増加することにより、若干増加する傾向を示しているが、他の項目については、顕著な傾向は見られなかった。

とうもろこしは、作物中の硝酸態窒素濃度を

これまで重要視してきたが、連作する場合 K₂Oの集積による作物中の K₂O 濃度、さらに拮抗作用によるミネラル類の吸収阻害等に注意が必要である。このため、堆肥成分の把握、による施用限界量を明確にする事が持続的に作付けする場合重要となる。

土壌の集積傾向を図2、図3に示した。

土壌中の K₂O 集積量と K₂O 施用量との関係を見ると下記の回帰式が得られた。

$$y = 0.2104 x - 4.9582 \quad R^2 = 0.971$$

$$y = \text{K}_2\text{O 集積量}$$

$$x = \text{K}_2\text{O 施用量}$$

表5 平成12年飼料用とうもろこしの乾物収量と成分組成

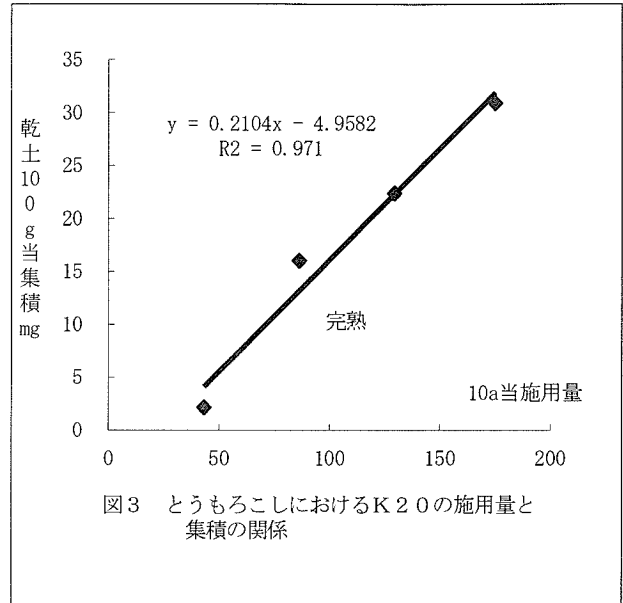
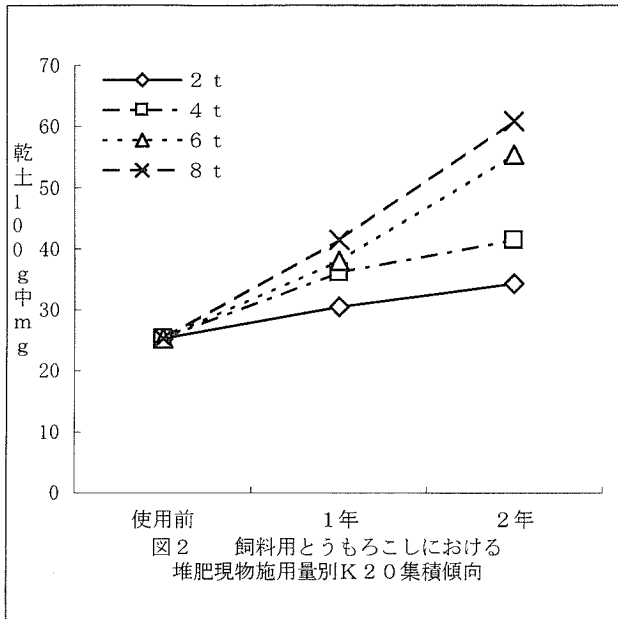
(DM%, NO₃-N ppm)

区	乾物収量10a当		蛋白質	NDF	灰分	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na	K/(Ca+Mg) m・e
	量	乾物率										
1区	1828	41.5	5.39	44.6	3.58	206	0.51	0.24	0.21	1.52	—	1.08
2区	1818	40.8	5.23	42.4	3.63	172	0.46	0.25	0.20	1.53	—	1.18
3区	1847	42.4	5.05	43.0	3.32	167	0.38	0.21	0.17	1.39	—	1.28
4区	1867	41.7	4.96	43.3	3.64	148	0.47	0.22	0.20	1.47	—	1.11

表6 平成13年飼料用とうもろこしの乾物収量と成分組成

(DM%, NO₃-N ppm)

区	乾物収量10a当		蛋白質	NDF	灰分	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na	K/(Ca+Mg) m・e
	量	乾物率										
経年未熟堆肥施用2年目												
1区	2217	38.5	5.20	48.9	3.47	52.0	0.50	0.19	0.20	1.28	0.01	1.41
2区	2264	38.2	5.38	49.6	3.66	65.1	0.56	0.18	0.21	1.39	0.01	1.50
3区	2299	39.4	5.52	42.8	3.71	66.8	0.58	0.17	0.23	1.46	0.01	1.52
4区	2461	40.6	5.89	42.0	3.63	56.3	0.52	0.16	0.22	1.46	0.01	1.57
単年完熟堆肥施用1年目												
11区	2168	37.5	5.23	42.7	3.29	52.5	0.49	0.18	0.20	1.25	0.01	1.41
12区	2165	37.2	5.40	45.1	3.53	56.2	0.62	0.18	0.21	1.38	0.01	1.51
13区	2341	37.8	5.42	43.2	3.61	39.0	0.68	0.18	0.22	1.44	0.01	1.51
14区	2300	38.4	5.66	44.8	3.64	50.5	0.67	0.16	0.21	1.48	0.01	1.65



3、牧草

牧草への堆肥の施用は、経年草地、新播草地共に表面に施用し、土壌との混合はされていない。牧草における調査は、1番草から4番草まで行いそれぞれ調査を行った。

牧草の乾物収量は、経年、新播草地ともに堆肥の施用量が増加するにつれ乾物収量も増加した。

牧草中の成分組成では、硝酸態窒素、カリが堆肥の施用量が増加するにつれ成分値も増加する傾向をしめした、特にカリについて濃度が高く乾物成分で3区4区14区は5%を越えてい

る。このことから当量比 {K/(Ca + Mg)} は、増加基準である 2.2 を越えバランスが崩れていることが伺える。

また、土壌分析結果を見ると2年間の経過では、K₂Oが1区から4区のいずれの区も増加傾向を示している。土壌へのK₂O集積傾向と施肥量の関係では、とうもろこし同様の高い相関関係が示された(図4、図5)。

$$y = 0.2665x - 7.166 \quad R^2 = 0.9534$$

y = K₂O 集積量

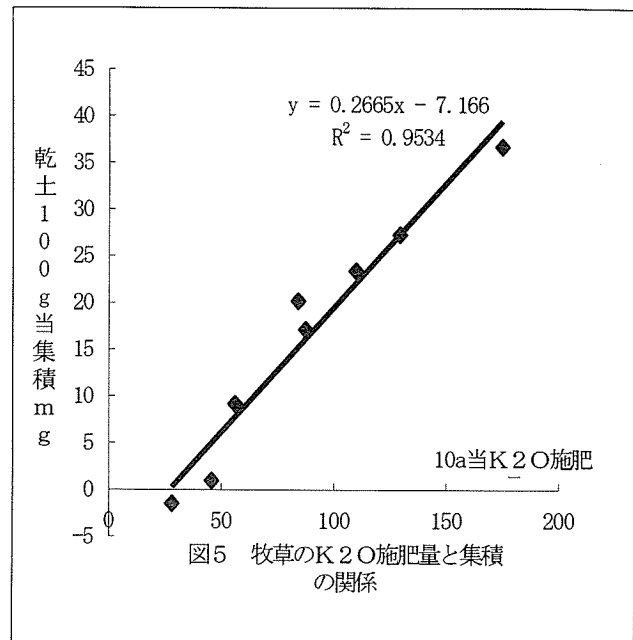
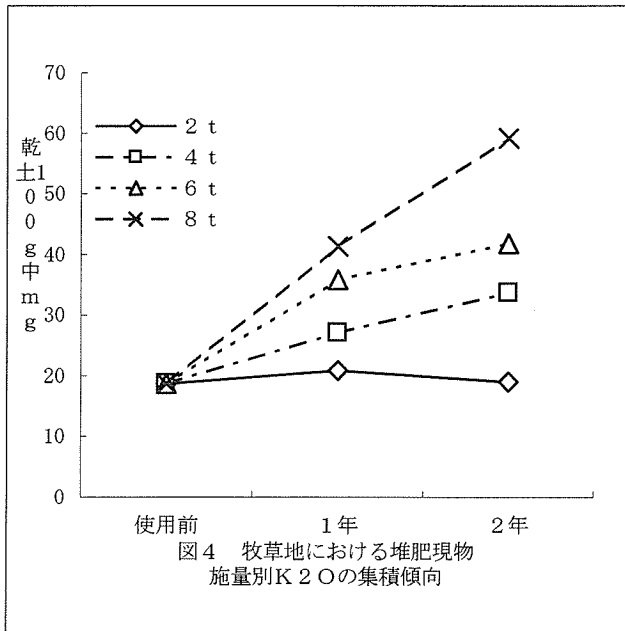
x = K₂O 施用量

表7 牧草の成分組成 (1番草～4番草の加重平均)

区	乾物収量		蛋白	NDF	灰分	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na	K/(Ca+Mg) m・e
	量10a	乾物率										
1区	775	21.2	12.1	50.0	9.0	77	1.08	0.41	0.38	4.54	-	2.73
2区	778	21.0	12.0	49.5	9.8	83	1.08	0.45	0.38	4.88	-	2.79
3区	876	20.8	12.0	49.9	10.4	92	1.14	0.45	0.40	5.07	-	2.83
4区	890	20.2	12.6	49.0	10.5	108	1.21	0.44	0.40	5.26	-	2.97

表8 牧草の成分組成 (1～4番草加重平均)

区	乾物収量		蛋白	NDF	灰分	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na	K/(Ca+Mg) m・e
	量10a	乾物率										
経年草地未熟堆肥施用2年目												
1区	811	19.9	13.3	49.2	10.3	66	1.17	0.39	0.42	4.35	0.02	2.62
2区	871	19.2	13.9	49.7	11.2	84	1.21	0.37	0.41	4.77	0.02	3.00
3区	951	18.5	14.0	48.4	11.6	85	1.24	0.36	0.44	4.98	0.02	3.03
4区	1045	18.3	14.5	49.3	12.1	134	1.19	0.34	0.42	5.16	0.02	3.22
新播草地完熟堆肥施用1年目												
11区	712	20.9	11.3	51.0	11.4	89	0.88	0.44	0.37	4.58	0.02	2.80
12区	846	19.4	10.8	51.2	11.9	95	0.89	0.42	0.36	4.86	0.03	3.12
13区	881	19.7	10.8	50.8	12.4	89	0.92	0.40	0.36	4.94	0.03	3.20
14区	878	19.3	11.3	51.1	12.7	95	0.94	0.38	0.36	5.00	0.03	3.29



4 農家サンプルの分析結果

堆肥

飼料作物に施用されている堆肥の分析を行ったところ、一般的に製造された野積みを含む堆肥と「発酵乾燥ハウス」で一次処理された堆肥では特徴的に、水分が低く、EC、P₂O₅、CaO、MgO、K₂O について約 2 倍以上の高い値を示した。特に、K₂O については有意に高く 3.4 倍となっている。「発酵乾燥ハウス」で処理された堆肥は尿の混合割合に高いふん尿混合物を戻し堆肥を用い堆肥化するため、一般的な堆肥に比べ成分が高くなっていると思われる(表 9)。また、一般的な堆肥は、水分調整材が混合され、野積み等で雨にあてているため、成分の流失が考えられる。今後、作物施用する場合、こういった堆肥の製造方法による成分値の違いを把握し利用する必要がある。

分析した堆肥が施用された圃場で栽培された飼料作物を分析したところ、堆肥の施用量と成分値の増減の関係は明らかにされなかった。また、とうもろこしで生重量で 10a 当たり 5 t 以上施用している農家があったが、K₂O 等の過剰傾向は見られなかった。牧草では、K₂O がやや高く当量比 {K/(Ca + Mg)} が高くなる傾向が見られた(表 10)。

土 壤

多くの堆肥や尿の施用を行っている圃場について、K₂O が高くなっている。農家において最も施用される化学肥料は、K₂O を含む化成肥料で、堆肥の連年施用されている圃場においては、化学肥料由来の K₂O 施用は集積の原因と思われる(表 11)。

表 9 調査農家堆肥(一般)とハウス乾燥処理堆肥との成分比較

区分	n	水分	pH	EC	T-N	T-C	C/N比	灰分	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	乾物中%
一般堆肥	平均	33	72.8	8.23	1.80	2.11	34.33	16.86	23.70	1.57	1.81	0.83	1.52
	標準偏差		10.6	0.59	1.04	0.58	7.67	4.68	10.87	0.48	1.04	0.24	0.81
	最大		85.6	9.01	3.85	4.02	43.67	30.34	54.06	2.57	4.77	1.47	3.07
	最小		41.2	6.37	0.35	0.81	8.95	10.11	9.94	0.49	0.49	0.49	0.28
ハウス堆肥*	平均	13	51.6	9.33	4.26	2.35	35.39	15.68	27.99	2.79	3.68	1.65	4.77
	標準偏差		13.5	0.15	1.13	0.43	3.33	3.87	6.83	0.56	0.99	0.26	0.61
	最大		69.1	9.76	6.27	2.97	39.83	26.26	44.40	3.68	5.40	1.99	6.10
	最小		24.3	9.16	2.63	1.33	27.55	11.19	19.85	1.90	2.46	1.22	4.13

*: 発酵乾燥ハウスにおいて堆肥化されたもの

表10 農家の作物分析結果

(DM%, NO₃-Nはppm)

作物		乾物率	蛋白質	NDF	灰分	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na	K/(Ca+Mg)
												m・e
とうもろこし	平均	34.1	6.87	42.6	4.11	184	0.61	0.15	0.25	1.55	0.01	1.70
	標準偏差	4.4	0.80	4.1	0.40	187	0.19	0.03	0.06	0.14	0.00	0.43
	最大	42.3	8.19	46.7	4.54	494	0.88	0.21	0.32	1.80	0.01	2.71
	最小	26.8	4.99	36.0	3.36	49	0.37	0.10	0.17	1.31	0.01	1.14
牧草	平均	18.6	10.27	57.1	7.91	120	0.68	0.26	0.34	3.14	0.08	2.57
	標準偏差	0.1	1.09	2.5	3.10	45	0.18	0.10	0.07	1.07	0.10	1.20
	最大	18.7	11.78	60.1	13.77	204	0.99	0.45	0.39	4.40	0.24	3.98
	最小	18.4	8.48	54.4	5.24	80	0.44	0.17	0.24	1.68	0.02	0.97

表11 農家における飼料畑・牧草地の土壌化学性

作物		pH		EC	トルオーグP ₂ O ₅	置換性塩基mg/乾土100g		
		(H ₂ O)	(KCl)			CaO	MgO	K ₂ O
		とうもろこし	平均			5.73	4.86	0.09
	標準偏差	0.52	0.61	0.05	17.44	137.3	38.8	28.8
	最大	6.95	6.39	0.32	64.35	729.4	142.4	150.1
	最小	4.67	3.73	0.01	3.19	50.2	14.1	12.7
牧草	平均	5.04	4.06	0.09	12.90	105.9	28.1	25.9
	標準偏差	0.41	0.30	0.06	3.21	49.7	12.1	14.2
	最大	5.83	4.70	0.23	18.00	171.6	47.3	42.4
	最小	4.49	3.78	0.03	8.00	35.5	7.4	5.9

5、堆肥の K₂O 供給量を考慮した適正施用量

この試験に供試した堆肥は、K₂O 含有率が 3.74 ~ 5.97 (乾物中%) で一般的な堆肥に比べ高濃度であった (表 3)。この堆肥を施用した場合、10a 当たり現物施用約 2t で現状維持、4t,6t,8t で顕著な集積傾向を示した (図 2、図 4)。K₂O の集積と作物中 K 濃度を考慮し、K₂O を堆肥より供給した場合の化学肥料施用量を試算した (表 12)。

試算方法は、得られた回帰式より K₂O 集積量が ± 0kg の場合、作物が必要な K₂O 量は牧草で 26.89kg/10a、とうもろこしで 23.57/10a となり、堆肥由来成分の利用率を N で 30%、P₂O₅ で 60%、K₂O で 90% として計算し、不足分を化学肥料で補足することとした。

牧草では草の萌芽への影響を考え、堆肥施肥量の上限を 5t とし計算をした。その結果、堆肥の乾物中 K₂O 濃度が 1.5% で堆肥中の水分が 75% の場合、堆肥の施肥量は上限の 5t でその時の不足成分は N (混播) - P₂O - K₂O で 12(4) - 0 - 8 となり、堆肥の乾物中 K₂O 濃度が 4.5% で堆肥中の水分が 55% の場合、堆肥の施肥量は 1.3t となり、N (混播) - P₂O - K₂O 濃度は 16(8) - 5 - 0 であった。このことから、堆肥の K₂O 供給量が明らかになれ

表12 牧草地のカリ集積を考慮した堆肥の適正用量と化学肥料施用量

堆肥中カリ濃度 乾物中%	堆肥中の水分%		
	75%	65%	55%
1.5	5.0	4.9	4.0
2.0	12(4)-0-8	9(1)-0-1	9(1)-0-0
	5.0	3.8	3.0
2.5	12(4)-0-2	12(4)-0-0	12(4)-0-0
	4.3	3.1	2.4
3.0	13(5)-0-0	13(5)-0-0	13(5)-0-0
	3.6	2.6	2.0
3.5	14(6)-2-0	14(6)-2-0	14(6)-2-0
	3.1	2.2	1.7
4.0	15(7)-3-0	15(7)-3-0	15(7)-3-0
	2.7	1.9	1.5
4.5	16(8)-4-0	16(8)-4-0	16(8)-4-0
	2.4	1.7	1.3
	16(8)-5-0	16(8)-5-0	16(8)-5-0

注1 上段：堆肥の適正施用量t/10a 上限を5t とした

注2 下段：必要化学肥料量成分
窒素 (混播) - リン酸 - カリ 10a 当成分kg

注3 窒素 () 内は混播草地窒素成分

ば、ほとんどの場合化学肥料由来の K₂O は必要がなくなり、N を中心とした肥料で代替できる事となる。

また、とうもろこしでは、耕起により土壌と堆肥が混和されるため、堆肥の施用量に上限を

もうけず試算した場合、堆肥の乾物中 K_2O 濃度が 1.5 % で堆肥中の水分が 75 % の場合、堆肥の施肥量が 6.3t で、不足成分は $N - P_2O - K_2O$ で 10-4-0 となり、堆肥の乾物中 K_2O 濃度が 4.5 % で堆肥中の水分が 55 % の場合、堆肥の施肥量は 1.2t となり、 $N - P_2O - K_2O$ 濃度は 17-13-0 であった。とうもろこしについては、すべての K_2O を堆肥由来で供給が可能となり、大幅な化学肥料の節約が可能となる (表 13)。

IV. 考 察

堆肥の施用は、ふん尿処理に困窮している農家ほど大量に農地に散布され、作物中の硝酸態窒素濃度や地下水汚染等環境汚染が心配される。今回の試験より、生換算 8 t の堆肥施用された作物においては、硝酸態窒素濃度は許容範囲であった。農家において飼料用とうもろこしや牧草はサイレージ調製されサイレージの排汁により硝酸態窒素や K は流失し一般的には成分濃度は低くなる傾向にある。このことから、サイレージの状態で硝酸態窒素が高濃度な場合、現場農家においてかなりの量の堆肥が散布されているものと推測される。

硝酸態窒素に対する警戒は、農家にほぼ浸透しており、積極的に飼料作物栽培を行っている農家においては、飼料分析を行い注意をしている方が多い。

今回農家の堆肥分析を行ったところ、発酵乾燥処理や戻し堆肥処理を行った堆肥は、明らかにカリ濃度が一般的堆肥の 3 ~ 4 倍の濃度になっている。このことから、硝酸態窒素が堆肥の散布量を決定する要因に変わりはないが、 K_2O の土壌集積を軽減する上でカリ濃度も堆肥の施用量を決定する要因のひとつと考えられる。

近年、飼料中のミネラルバランスを加味した飼料給与が行われおり、特に乳牛の乾乳期におけるミネラルバランスがカリ過剰になることにより周産期疾病の原因になるとされ、今後も持続的に飼料作物を栽培する農家において堆肥の成分分析、土壌分析、飼料の分析は非常に重要になると思われる。

表13 飼料用とうもろこし圃場のカリ集積を考慮した堆肥の適正施肥量と化学肥料施肥量

堆肥中カリ濃度 乾物中%	堆肥の水分%		
	75%	65%	55%
1.5	6.3 10-4-0	4.5 10-4-0	3.5 10-4-0
2.0	4.7 13-7-0	3.4 13-7-0	2.6 13-7-0
2.5	3.8 14-10-0	2.7 14-10-0	2.1 14-10-0
3.0	3.1 15-11-0	2.2 15-11-0	1.7 15-11-0
3.5	2.7 16-12-0	1.9 16-12-0	1.5 16-12-0
4.0	2.4 16-13-0	1.7 16-13-0	1.3 16-13-0
4.5	2.1 17-13-0	1.5 17-13-0	1.2 17-13-0

注1 上段：堆肥の適正施肥量t/10a

注2 下段：必要化学肥料量成分

窒素 (混播) - リン酸 - カリ 10a 当成分kg

注3 カリはすべて堆肥により供給する

引用文献

- 1) 家畜糞尿処理・利用の手引き 1999
北海道立農業・畜産試験場 家畜糞尿プロジェクト研究チーム
- 2) 堆肥化施設設計マニュアル p10 中央畜産会
- 3) 飼料作物栽培指針 平成 6 年 2 月
山形県農林水産部
- 4) 土地利用型畜産経営を目指して
平成 13 年 3 月
山形県農林水産部農業技術課