

サイレージ用トウモロコシに対する鶏糞堆肥の施用技術

村田憲昭・芦田倫子*

Technology Used of Poultry Manure on Silage Corn

Noriaki MURATA・Michiko ASHIDA

要 約

鶏糞堆肥をサイレージ用トウモロコシ栽培時の基肥として利用するため、鶏糞堆肥の形状の違いや散布方法がトウモロコシの収量、成分含有率及び土壌養分等に及ぼす影響を検討したところ、その結果の概要は次のとおりであった。

1. トウモロコシの生育初期（3～4葉期）における生育量は、鶏糞堆肥形状による差はなかったが、全層施肥や表面施肥は作条施肥より9～27%程度低下した。また、この時期の成分吸収量も、全層施肥や表面施肥では低下した。
2. 黄熟期における風乾収量は、鶏糞堆肥を施用した処理区間には有意な差は認められなかった。また、トウモロコシの無機成分含有率についても、処理間の差は明瞭でなく、化学肥料区と比較してミネラル組成の悪化は見られなかった。
2. トウモロコシの養分吸収量は、鶏糞堆肥の表面散布によって高くなる傾向を示した。
3. 鶏糞堆肥の2年間の連用によって、土壌中の $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 、 Ex-MgO 及び $\text{Ex-K}_2\text{O}$ 含量が増加した。とくに、 $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$ 及び $\text{Ex-K}_2\text{O}$ 含量は、トウモロコシの収量確保のために必要となる含量を大幅に超えていた。
4. 以上より、鶏糞堆肥はN肥効率を45%程度に設定することで化学肥料と同等の施肥効果が示され、施用方法は全層施肥または表面施肥としても作条施肥並の収量が得られることを明らかにした。しかし、土壌中への過剰な養分蓄積を抑制するためには、化学肥料に対する代替率を低く設定することが必要である。

目 的

サイレージ用トウモロコシは栄養価が高い飼料作物として、県内では2,000ha程度の作付面積で推移しており（青森県2013）、今後とも輸入飼料価格が低下しないことが予測される状況においては、配合飼料の節減に向けて積極的な利用拡大が必要と考える。

サイレージ用トウモロコシの栽培では、自己農場から生産される牛糞堆肥と、基肥としての化学肥料を併用した施肥体系が普及しているが、肥料等資材価格が高騰していることから、生産コストの低減が課題となっている。

一方、本県は県南地方を中心とした大規模畜産地帯を有しており、生産される鶏糞堆肥や豚糞堆肥は野菜等の耕種農家で広く活用さ

れている。

サイレージ用トウモロコシ栽培における基肥の役割は、幼植物の初期生育に必要な養分を供給することであり、通常速効性の肥料が利用されている。鶏糞堆肥は土中での窒素無機化速度が他の家畜糞堆肥よりも速く（小柳ら2003；荒巻ら2007；村田ら2012）、速効的な肥効が期待できる。

そこで、本研究ではサイレージ用トウモロコシに対する基肥として、安定的に低コストで入手できる鶏糞堆肥を取り上げ、一般的な流通形態であるマッシュ堆肥とペレット堆肥について肥効を比較検討するとともに、実用規模の生産圃場を想定した場合の堆肥散布方法の違いが収量等に及ぼす影響を調査したので報告する。

* 現西北地域県民局

表 1 供試堆肥の成分含量 (現物中%)

年次	堆肥	形状	風乾率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	C/N
2011年	鶏糞	マッシュ	74.2	4.12	2.58	2.44	3.18	0.76	6.5
	鶏糞	ペレット	89.4	5.04	3.26	3.13	4.34	1.05	6.3
	牛糞	—	19.6	0.37	0.21	0.58	0.67	0.15	20.2
2012年	鶏糞	マッシュ	90.0	5.21	3.28	3.14	4.84	0.91	—
	鶏糞	ペレット	93.6	5.31	3.45	3.17	4.86	0.99	—
	牛糞	—	25.9	0.46	0.26	0.82	0.64	0.18	20.2

表 2 成分施用量の内訳 (kg/10a)

年次	肥料別	マッシュ堆肥系列			ペレット堆肥系列			化学肥料区(対照区)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2011年	鶏糞堆肥	27.5	17.2	16.3	20.4	13.2	12.7	—	—	—
	牛糞堆肥	14.7	8.4	23.0	14.7	8.4	23.0	14.7	8.4	23.0
	化学肥料	—	—	—	—	—	—	10.0	10.0	—
	合計	42.2	25.7	39.3	35.1	21.6	35.7	24.7	18.4	23.0
2012年	鶏糞堆肥	22.0	13.8	13.3	22.4	14.6	13.4	—	—	—
	牛糞堆肥	18.3	10.4	32.7	18.3	10.4	32.7	18.3	10.4	32.7
	化学肥料	—	—	—	—	—	—	10.0	10.0	—
	合計	40.3	24.3	46.0	40.7	25.0	46.1	28.3	20.4	32.7

試験方法

1. 供試堆肥

青森県上北地方の養鶏場で生産されたオガズ入りブロイラー堆肥を購入し、試験に供試した。マッシュ堆肥は、鶏舎から堆肥舎に搬入後、水分 55%程度となるように加水し、最初の 1 か月間は週 1 回切り返しを行った後、さらに 1 か月間堆積して堆肥化したものである。ペレット堆肥はマッシュ堆肥をディスクペレッター方式の成形機によって径 4mm、長さ 5mm 程度に成形したものであり、これらを供試して堆肥形状の違いが肥効に及ぼす影響を検討した。

2. 試験区の構成

前述した 2 種類の鶏糞堆肥（マッシュ堆肥系列、ペレット堆肥系列）と散布方法 3 処理（全層施肥区、表面施肥区、作条施肥区）を組み合わせることで試験区を構成した。

全層施肥は鶏糞堆肥を地表面に散布後、牛糞堆肥とともにロータリーハローで地表から 15~20cm 深に混和した。表面施肥は牛

糞堆肥を地表から 15~20cm 深に全層混和した後、トウモロコシを播種し、同日に鶏糞堆肥を地表面に散布した。作条施肥は、通常行われている化学肥料の施肥方法に準じ、種子下 3~5 cm 部位になるよう、播種前に鶏糞堆肥を条下部に散布した。対照区として、化学肥料の作条施肥区（以下、化学肥料区）を設定した。

試験区の面積は 1 区 3×3.3m の 9.9 m² で、3 反復の乱塊法とした。

施用した鶏糞堆肥及び牛糞堆肥の成分含量は表 1 に示すとおりである。

3. 耕種概要

畜産研究所内で、毎年牛糞堆肥を 4~5 t/10a 施用し続けている連作 9 年目のサイレージ用トウモロコシ生産圃場内に試験圃を設置した。

土壌は淡色黒ボク土であり、2011 年 4 月に 0~15cm 部位から採取した土壌の化学性は、pH(H₂O) 6.2、Truog-P₂O₅ 5.6mg、交換性 CaO（以下、交換性は Ex と表記）410mg、Ex-MgO 32mg、Ex-K₂O 68mg/100g であった。

供試品種はスノーデント 110(LG3520)、

播種密度は畦幅 75cm、株間 19cm の 7,017 本/10a として、2011 年は 5 月 19 日、2012 年は 5 月 22 日に播種した。1 か所に 2 粒播きとして、トウモロコシの 3～4 葉期に間引きを行い、生育が良い個体を 1 本残した。刈取調査は、2 か年とも黄熟期に達した 9 月 27 日に行った。

2012 年は生育初期における肥効を調査するため、播種 23 日後の 6 月 15 日に間引き個体を利用して地上部重量及び成分分析を行った。

鶏糞堆肥の N 肥効率は、予備試験の結果から 2011 年は 50%、2012 年は 45% と仮定し、各処理区に対して N 10kg/10a 相当量を施用した。現物施用量は、2011 年がペレット堆肥 404kg/10a、マッシュ堆肥 667kg/10a、2012 年はいずれも 422kg/10a である。化学肥料区は、N 及び P₂O₅ を各々 10kg/10a、硫酸及び重過石にて施用した。各区共通で、

牛糞堆肥を 4t/10a 施用した。各鶏糞堆肥系列の成分施用量は表 2 のとおりである。

2011 年においてマッシュ堆肥の成分施用量がペレット堆肥より 2～3 割多くなったのは、マッシュ堆肥の N 含有率が表示値と実測値で大幅に異なったことに起因する。

結 果

1. 生育初期における生育量及び養分吸収量
 施肥処理の違いがトウモロコシの初期生育に及ぼす影響を見るため、2012 年の播種 23 日後における生育量、成分含有率及び吸収量を調査し、表 3 に示した。

調査時のトウモロコシは 3～4 葉期に達していた。地上部風乾重量は、堆肥形状に関わらず作条施肥区で高く、化学肥料区と同等であったが、全層施肥区及び表面施肥区は作条施肥区より 9～27% 少なかった。

表3 生育初期におけるトウモロコシの生育量及び成分含有率

種 類	散布法	風乾重量 (g/m ²)	成分含有率 (風乾物中%)			成分吸収量 (mg/m ²)		
			N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
マッシュ 堆 肥	全層施肥	0.90	4.72	0.27	5.28	42.5	5.6	57.2
	表面施肥	1.13	4.55	0.29	5.51	51.3	7.6	74.6
	作条施肥	1.24	4.75	0.29	5.01	59.0	8.2	74.7
ペレット 堆 肥	全層施肥	1.12	4.60	0.29	4.07	51.3	7.4	54.5
	表面施肥	1.09	4.56	0.30	4.48	49.8	7.6	58.7
	作条施肥	1.26	4.88	0.30	4.98	61.6	8.8	75.5
化学肥料	作条施肥	1.20	5.09	0.34	4.96	60.9	9.2	71.2

注) 2012年6月15日調査

表4 風 乾 収 量

(kg/10a)

種類	散布法	2011年				2012年			
		茎葉	雌穂	合計	指数	茎葉	雌穂	合計	指数
マッシュ 堆 肥	全層施肥	1,095	1,184 ^b	2,279 ^b	(97)	795	1,137	1,932	(95)
	表面施肥	1,105	1,325 ^{ab}	2,430 ^{ab}	(103)	828	1,115	1,943	(96)
	作条施肥	1,065	1,290 ^{ab}	2,355 ^{ab}	(100)	876	1,156	2,032	(100)
ペレット 堆 肥	全層施肥	1,018	1,202 ^b	2,220 ^b	(99)	840	1,119	1,959	(102)
	表面施肥	1,064	1,342 ^{ab}	2,406 ^{ab}	(107)	909	1,162	2,071	(108)
	作条施肥	1,031	1,220 ^b	2,251 ^b	(100)	816	1,096	1,912	(100)
化学肥料	作条施肥	1,214	1,465 ^a	2,679 ^a		928	1,194	2,122	

注1) () 内の指数は同一鶏糞堆肥内で、条施用を100とした合計収量の指数。

2) Tukey-Kramer法による多重比較検定による。異文字間に5%水準で有意差あり。文字の記載がない欄は有意差がない。

表5 トウモロコシの無機成分含有率 (2012年) (風乾物中%)

種類	散布法	N	P	K	Ca	Mg	K/(Ca+Mg)
マッシュ 堆肥	全層施肥	1.15	0.20	1.31	0.17	0.13	1.75
	表面施肥	1.18	0.22	1.23	0.20	0.14	1.44
	作条施肥	1.10	0.18	1.28	0.18	0.13	1.67
ペレット 堆肥	全層施肥	1.14	0.20	1.24	0.20	0.13	1.55
	表面施肥	1.18	0.22	1.36	0.18	0.14	1.70
	作条施肥	1.22	0.22	1.29	0.20	0.13	1.55
化学肥料	作条施肥	1.25	0.22	1.28	0.21	0.13	1.52

注1) Ca含有率は茎葉部のみ、他の成分は作物体全体の数値。

2) K/(Ca+Mg)は当量比。

表6 トウモロコシの養分吸収量 (kg/10a)

種類	散布法	2011年			2012年		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
マッシュ 堆肥	全層施肥	27.8	13.8	36.3	22.3	9.0	30.3
	表面施肥	30.4	14.1	33.2	23.0	9.6	28.6
	作条施肥	27.4	12.1	34.3	22.3	8.6	31.3
ペレット 堆肥	全層施肥	25.7	11.9	33.6	22.4	8.9	29.2
	表面施肥	26.8	12.2	37.9	24.4	10.4	33.8
	作条施肥	25.8	12.3	33.5	23.3	9.7	29.5
化学肥料	作条施肥	33.5	17.7	38.8	26.5	10.5	32.6

トウモロコシのN及びP含有率は、鶏糞堆肥系列では処理区間の差が小さかったが、化学肥料区で高い値を示した。N及びP₂O₅吸収量は、各作条施肥区では同等であった。

K含有率は、マッシュ堆肥系列の全層施肥区及び表面施肥区で高く、ペレット堆肥系列では低下する傾向を示した。一方、作条施肥では鶏糞堆肥系列と化学肥料区で同程度の含有率であった。

このように、鶏糞堆肥成分の溶出は、鶏糞堆肥の散布方法や肥料成分によって異なることをうかがわせる結果となった。

2. トウモロコシの風乾収量

トウモロコシの風乾収量を茎葉部と雌穂部に分けて表4に示した。統計処理は分散分析を行わず、Tukey-Kramer法による多重比較検定を実施し、p<0.05を有意とした。

2011年において、茎葉収量は処理区間に有意な差を認めなかった。雌穂収量及び合計収量は、鶏糞堆肥を施用した6処理区の間には有意差が見られなかったものの、両

系列において表面施肥区>作条施肥区≧全層施肥区の傾向が見られた。一方、化学肥料区とマッシュ堆肥系列・全層施肥区、ペレット堆肥系列・全層施肥区及び作条施肥区の3処理区との間には5%水準で有意な差が見られた。

2012年は処理区間に有意な収量差を認めなかったが、ペレット堆肥系列では表面施肥区が多収となった。

3. トウモロコシの無機成分含有率

鶏糞堆肥からの成分施肥量が系列間で同等であった2012年におけるトウモロコシの無機成分含有率を表5に示した。なお、Caについては茎葉部のみの含有率を表示した。

各成分とも総じて堆肥形状や散布方法による差が小さく、一定の傾向が認められなかった。

表2に示すように、鶏糞堆肥施用によりP₂O₅及びK₂Oの成分施肥量が化学肥料区より増加したが、作物体中濃度の増加は認め

表7 跡地土壌の化学性

(mg/100g乾土)

種類	散布法	2011年						2012年				
		pH (H ₂ O)	Truog- P ₂ O ₅	交換性塩基			pH (H ₂ O)	Truog- P ₂ O ₅	交換性塩基			
				Ex-CaO	Ex-MgO	Ex-K ₂ O			Ex-CaO	Ex-MgO	Ex-K ₂ O	
マッシュ 堆肥	全層施肥	6.1	8.9	407.4	45.1	61.5	6.2	11.6	449.2	47.0	82.3	
	表面施肥	6.1	7.9	401.0	40.9	56.9	6.3	9.1	446.9	43.5	71.8	
	作条施肥	6.2	6.3	391.0	39.5	61.3	6.1	12.8	470.1	49.6	68.0	
ペレット 堆肥	全層施肥	6.1	7.5	401.3	44.3	53.2	6.2	11.6	457.2	46.4	94.5	
	表面施肥	6.1	7.6	442.2	51.3	74.6	6.1	10.3	453.8	46.2	81.4	
	作条施肥	6.1	6.6	391.3	42.3	56.8	6.1	10.8	426.0	41.0	60.3	
化学肥料	作条施肥	6.1	7.5	407.8	35.2	48.1	6.0	8.7	452.0	39.6	51.8	

注) 地表面0~15cm部位。

られず、ミネラル組成の悪化も見られなかった。

4. 養分吸収量

トウモロコシの収量と成分含有率から算出した作物体地上部のN、P₂O₅及びK₂O吸収量を表6に示した。

鶏糞堆肥の形状と養分吸収量の関係を見ると、2011年では成分施用量が多かったマッシュ堆肥系列においてN及びP₂O₅吸収量が高まる傾向を示したが、成分施用量が同等であった2012年では系列間の差は認められなかった。

マッシュ堆肥系列では、表面施肥区のN及びP₂O₅吸収量が2か年とも多く、ペレット堆肥系列では表面散布区の各成分吸収量が他の処理区を上回る傾向を示した。

5. 跡地土壌の化学性

トウモロコシ収穫後に採取した、地表0~15cm部位の土壌の化学性を表7に示した。

鶏糞堆肥の形状や散布方法の違いと土壌養分との関係は明確でなかった。しかし、鶏糞堆肥の施用により、Truog-P₂O₅、Ex-MgO及びEx-K₂Oが化学肥料区よりも増加する傾向を示し、2年間連用した2012年において顕著であった。

考 察

ペレット堆肥はマッシュ堆肥と比べて運搬性、保管性、機械散布適正等ハンドリングの面で優る(原1999)ことが利点としてあげられる。一方、肥料としての特性について、鶏糞成形堆肥中Nの無機化は未成形堆肥より遅れることを指摘している(荒木ら2007)。しかし、本研究では播種23日後において、ペレット堆肥系列各区の生育量がマッシュ堆肥系列各区より低下することはなかった。また、N含有率やN吸収量についても同様の傾向にあった(表3)。これは、堆肥施用後1か月に達しない時期の調査であったため、N無機化の程度に大きな差がなかったこと、及び地力が高い連作圃場での栽培試験であったため、土壌有機物から生じた無機態Nの影響を受けたことによると推察される。

Nとは異なり、K含有率はペレット堆肥系列の全層施肥区と表面施肥区において低下した(表3)。これは、原ら(2003)が報告しているように、ペレット堆肥では施用直後のKの溶出が抑制されたことが原因と考えられる。

鶏糞堆肥の散布方法については、鶏糞堆肥を作条施肥するための作業機械はないことから、牛糞堆肥とともに全層施肥とするか、播種後に表面施肥することが実際的な対応となる。本研究では、全層施肥区及び表面施肥区における初期の生育量は作条施肥より1割

以上劣る結果となった（表3）。これは、全層施肥や表層施肥では、種子の下部に集中して施肥する作条施肥と比較し、幼植物根周囲の養分濃度が低いと推察される。

一般に、化学肥料を表面散布すると作物に吸収されずに土壌への残存量が多くなるため、肥料成分利用率の低下を招くとされ、トウモロコシの場合は作条施肥より2～3割増施することが推奨されることがある。また、小野寺ら（2000）は、作条施肥は全層施肥に比べて施肥Nの利用率高く、キャベツでは施肥量を3割減肥しても収量は同等であるとしている。このように、表面施肥や全層施肥では肥料成分が効率的に利用されないため、局所施肥法である作条施肥よりも施肥量を増やすことが必要とされている。しかし、本研究ではトウモロコシの風乾収量は、堆肥の形状や散布方法を変えても有意な収量差が示されなかった（表4）。前述したように、鶏糞堆肥は速効性のNを多く含むが、施用後2～3か月間に放出されるN量も比較的多い（村田ら2012）。すなわち、全層施肥区及び表面施肥区の収量が低下しなかった理由は次のように推察される。鶏糞堆肥の分解に伴って放出されたNは硝酸態Nの形で降雨等によって下部に移動するが、Nの放出が比較的長期間（3か月間程度）に及ぶため、トウモロコシの根域拡大に伴い、吸収量が十分に確保されたためであろう。これは、N吸収量が表面施肥区で高い値となったことと符合する（表6）。

鶏糞堆肥の連年施用によって土壌養分が蓄積し、作付1年目から2年目にかけて、各処理区の平均値でTruog-P2O₅含量は7.5mgから11.0mg/100gに、Ex-K₂O含量は60.7mgから76.4mg/100gに各々増加した。村田ら（2013）は、サイレージ用トウモロコシ畑では、Truog-P2O₅含量が5mg/100gを超えるとP2O₅に対する施肥反応が鈍化することを明らかに

している。また、広田ら（1987）はEx-K₂O含量が12mg/100g以下の場合に、収量に対するK₂Oの施用効果が発現するとしている。したがって、本圃場のように牛糞堆肥の連用により、土壌養分が過剰な状態になっている圃場において鶏糞堆肥を多量に施用すると、養分蓄積を助長することになり、地下水汚染等、環境への悪影響も懸念される。

以上より、鶏糞堆肥は形状や散布法に関わらず同等の肥料効果を有することが明らかになり、N肥効率を45%程度に設定することで化学肥料の全量を鶏糞堆肥で代替することが可能と判断される。しかしながら、土壌養分の過剰な蓄積を避けるためには、化学肥料に対する代替率を低く設定することが妥当と考える。

引用文献

- 青森県畜産課（2013）草地と飼料．青森県の畜産平成25年3月．29
- 荒木雅登・山本富三・小山太・満田幸恵（2007）家畜ふん堆肥の成形成が窒素無機化に及ぼす影響．福岡県農業総合試験場研究報告26：31-34
- 荒巻幸一郎・山本富三・小山太・渡邊俊朗・荒木雅登・満田幸恵（2007）県内産家畜ふん堆肥の窒素無機化特性．福岡県農業総合試験場研究報告26：35-40
- 小野寺政行・三木直倫・赤司和隆（2000）キャベツの作条施肥による窒素3割減肥技術．日本土壌肥料学雑誌71(5)：714-717
- 小柳渉・渡邊剛志（2003）黒ボク土壌における各種家畜ふん堆肥および乾燥ふんの分解特性．北信越畜産学会報86：35-42
- 原正之（1999）各種ふん尿処理技術・システム．農業技術体系畜産第8巻追録第18号：184の14-19

原正之・石川裕一・小畑仁(2003) 豚ふんペ
レット堆肥の畑土壌中における肥料成分の
溶出特性. 日本土壌肥科学雑誌 74(4) :
453-458

広田千秋・菊池秀夫・村田憲昭・坂本晃・野
村忠弘(1987) 堆肥連用条件下におけるサ
イレージ用トウモロコシの収量に対するカ
リ及び苦土の施用効果. 青森県畜産試研場
報告 15 : 53-63

村田憲昭・芦田倫子(2012) 畜種や副資材が
異なる家畜糞堆肥の窒素分解特性. 東北農
業研究 65 : 101-102

村田憲昭・芦田倫子(2013) 土壌養分に応じ
たサイレージ用トウモロコシへのリン酸施
肥量. 東北農業研究 66 : 77-78