

粗飼料生産の作業体系と生産性に関する研究

(第3報) 青刈トウモロコシの収量性と土壌物理性に及ぼす有機物の長期連続施用の影響

伊藤道秋*・石本光明*・遠藤織太郎**・荒木 肇*・大山卓爾*

Studies on productivity and work system of roughage production

(III) Effects of long-term use of organic fertilizer on green-cut field corn yield and soil properties

Michiaki ITO*, Mitsuaki ISHIMOTO*, Oritaro ENDO**, Hajime ARAKI* and Takuji OHYAMA*

1 緒 言

近年化学肥料の多投は農地における肥料分の過剰蓄積や環境汚染を引き起こし、生産性の低下や連作障害の一因として問題視されるようになってきた。特に、集約的土地利用と専作化の進む野菜作や施設園芸では連作障害は深刻である。そこで、化学肥料偏重から脱却して有機物施用等による土作りを基本とする安定した生産基盤の確立が求められるようになってきた。そのために有機物施用に関する検討が多数開始され、有機物施用は土壌の化学性・物理性・生物性それぞれの面について改善効果のある事例が報告されている^{1),2),3)}。

しかし、有機物はその種類や性状が多様であったり^{4),5)}、作物の種類や土壌条件により効果が異なり、連用効果を判定する基準(収量・品質・収益)によって評価が変わりうる⁶⁾ので有機物の施用効果を一般化するのは困難で、肥料的效果の事前評価法の確立・物理性改良のメカニズムの解析・作物の生育障害の回避⁷⁾や効率的な施用方法の確立等研究されなければならない課題も多数存在する。また、堆肥化等施用に適した形態への転換、すなわち有機物の腐熟にはかなりの期間とそれを管理する労力が必要で

あり^{8),9)}、農家への有機物の供給方法も検討されなければならない。

作物生産と家畜生産の双方をかね備えた複合経営において、多量に排泄される家畜糞尿は省力的に処理しなければならない面があると同時に、有機物として農地に投与することにより、肥料および土壌改善資材としての効果が期待できる。

本研究ではサイレージ用トウモロコシを供試し、各種の有機物の連用施用効果を収量性と土壌物理性の面から、化学肥料連用の場合と比較検討した。

2 材料および方法

1986年より1991年までの6年間、新潟大学農学部附属農場に3種類の有機物、即ち、ノコズ堆肥・稲ワラ堆肥・乳牛の液状糞尿(以下スラリーと表記)を春季に全面施与し、青刈サイレージ用トウモロコシ(*Zea mays* L. var. *indentata* Stuart) 品種”ホワイトデントコーン”を栽培した。毎年収量性と土壌物理性を調査し、化学肥料(有効成分 N:20kg/10a, P₂O₅:18kg/10a, K₂O:20kg/10a)のみを連用施用した畑の収量や土壌物理性と比較した。化学肥料の施用量は新潟県の施肥基準に従った¹⁰⁾。収量性は各年も8月下旬の収穫期における草丈と茎葉の

平成5年7月10日 受理

日本農作業学会平成2年度春季大会で一部発表

*新潟大学農学部 〒950-21 新潟市五十嵐2の町8050

**筑波大学農林技術センター 〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1

* Faculty of Agriculture, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Niigata 950-21

** Agricultural and Forestry Research Center, Tsukuba University, Tsukuba, Ibaraki 305

表1 有機物および化学肥料連用畑における施肥設計

施用物	施用量 (kg/10a)	施用物の肥料成分				化学肥料による補充		
		要素	成分率 (%)	肥効率 (%)	有効成分(A) (kg)	補充必要量(B-A) (kg/10a)	単肥	施用量(元肥:追肥) (kg/10a)
ノコクズ	4,500	N	0.71	30	9.6	10.4	硫安	50 (45:5)
		P ₂ O ₅	0.69	60	18.6	0.0	熔燐	0
		K ₂ O	0.49	90	19.8	0.0	塩加	0
稲ワラ	4,000	N	0.57	50	11.4	8.6	硫安	41 (36:5)
		P ₂ O ₅	0.52	60	12.5	5.5	熔燐	5.5(5.5:0)
		K ₂ O	0.64	90	23.0	0.0	塩加	0
スラリー	5,500	N	0.18	55	5.4	14.6	硫安	70 (65:5)
		P ₂ O ₅	0.17	60	5.6	12.4	熔燐	62 (62:0)
		K ₂ O	0.21	95	11.0	9.0	塩加	15 (15:0)
スラリー	11,000	N	0.18	55	10.9	9.1	硫安	43 (38:5)
		P ₂ O ₅	0.17	60	11.2	6.8	熔燐	34 (34:0)
		K ₂ O	0.21	95	11.0	21.9	塩加	0
化学肥料				(B)				
硫安	95	N	21.0		20			
熔燐	90	P ₂ O ₅	20.0		18			
塩加	33	K ₂ O	60.0		20			

化学肥料区の熔燐と塩加は全量元肥で、硫安は71kgは元肥として、24kgは追肥として施用した。

乾物重量を測定した。土壤物理性は孔隙率（液相と気相を合わせた割合）と碎土性を測定した。

有機物の施用量は10aあたりノコクズ堆肥で4t、稲ワラ堆肥は4.5tで、スラリーは5.5tと11.0tの2水準を設定した。ノコクズ堆肥は外部より購入、稲ワラ堆肥は牛舎の敷わらと牛糞尿の混合物を回収したもので、ともに堆肥舎で1年間腐熟させた後施用した。腐熟過程では3回の切り返しを行なった。スラリーは乳牛糞尿の自然流下物であり、攪拌ばっ気して好気性発酵を促進し、さらに施用直前に脱臭剤（ノービゲンA）を添加して攪拌処理により無臭化した。

施用方法について、堆肥はマニユアスプレッターで全面散布した後に、スラリーはインジェクターで約20cmの深さに土中注入（1991年は表面散布）した後にプラウ耕、ロータリで碎土整地を行なった。1988年以降の有機物施用ではそれぞれの有機物の窒素・リン酸・カリの無機成分量を硫酸一過酸化水素分解法¹¹⁾で求め、化学肥料施用区の成分量に対する不足分を、単肥（硫安・熔燐・塩化カリウム）で補った（表1）。

春季の土壤碎土の直前に地表より5、15および25cmの深さで100ml土壤採取缶で土壤を採取し、実容積計（Daiki 1120型）による実容積測定と水分測定より孔隙率を算出した。また、プラウ耕とロータリ碎土した後に30cm×30cm、深さ20cmで採取した土

塊粒径分布を篩分法により調査した。なお、プラウによる耕深は36cm、ロータリによる碎土深は約25cmであった。

実験圃場は腐食に富む火山灰性の酸性土壤で、青刈トウモロコシは畦間73cm、株間20cm、2粒播で栽培した。

3 結果および考察

1) トウモロコシの生長及び乾物収量

(1) 収量の年次間変動

茎葉の乾物収量は年次間での変動が大きく（表2）、栽培年の気象や播種粒数が栽培年により異なること等に起因することが考えられる。これは年次間の草丈や収量を単純に実数で比較することは困難であり、化学肥料連続施用畑の収量や草丈を基準として、それとの比率で検討するのがよいと考えられた。

(2) 草丈

有機物施用畑で生育されたトウモロコシ草丈の化学肥料施用畑のそれに対する割合（草丈比）は試験開始後徐々に低下し、3年目（1988年）にはノコクズや稲ワラ堆肥施用畑では95%、スラリー施用畑で86%まで低下した（図1）。さらにスラリー11t施用畑では4年目（1989年）に化学肥料施用畑の83%に低下した。しかし、ノコクズ堆肥、稲ワラ堆肥およびスラリー5.5t施用畑では4年目（1989年）以降上昇

表2 収量(乾物重)に関する分散分析

要因	DF	SS	MS	F
年次(A)	5	11302.7	2260.5	31.30**
施用物(B)	4	421.0	105.2	1.45
A×B	20	2146.7	107.3	1.48
Error	60	4332.5	72.2	
Total	89	18203.1		

**1%水準で有意
 $F_{5,60}^{*}(0.01)=3.34$, $F_{4,60}^{*}(0.01)=3.65$, $F_{20,60}^{20}(0.01)=2.20$

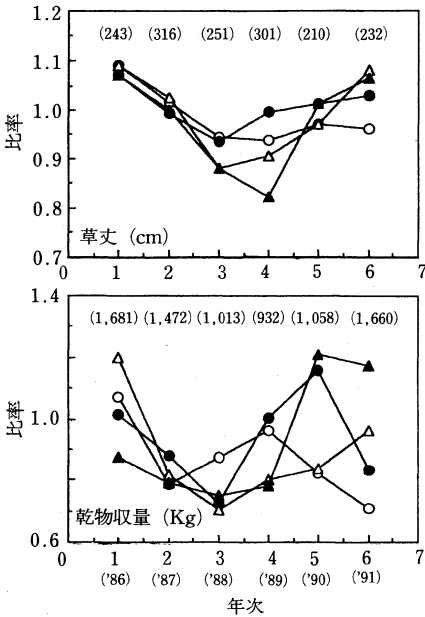


図1 有機物施用畑におけるトウモロコシの草丈と茎葉乾物収量の年次間推移
 供試有機物はノコグズ堆肥(○), 稲ワラ堆肥(●), スラリー5.5t(△)およびスラリー11t(▲)の4種で, 各グラフの()には化学肥料連用施用畑での草丈と茎葉乾物収量の平均値を示した。有機物施用畑での草丈と茎葉乾物収量はそれとの比率で示した。

し, スラリー11t施用畑でも5年目(1990年)以降上昇した。その結果, 施用畑6年目(1991年)にはノコグズ堆肥を除く他の有機物施用畑で生育したトウモロコシは1.0以上の草丈比を示し, 化学肥料施用畑と同等またはそれ以上の草丈に生長した。

草丈が全体的に化学肥料施用畑に比べ低下している3年目(1989年)の有機物施用畑の草丈生長は化学肥料施用畑のそれに比べ全生育期間を通して低く推移し, 特にスラリー施用畑でそれは著しかった(図2)。ノコグズ堆肥区の播種後6~8週は化学肥料区

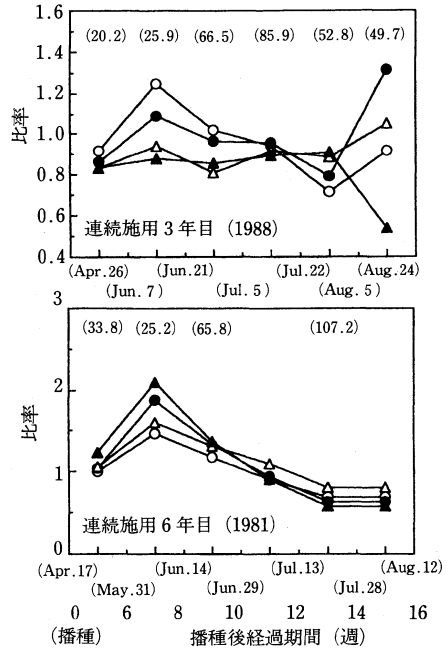


図2 有機物施用畑におけるトウモロコシの草丈生長量の時期別推移の比較
 供試有機物はノコグズ堆肥(○), 稲ワラ堆肥(●), スラリー5.5t(△)およびスラリー11t(▲)の4種で, 各グラフの()には化学肥料連用施用畑での各時期の平均草丈生長量(単位cm)を示し, 有機物施用畑における草丈生長量はそれとの比率で示した。横軸には月日も記した。

よりまさっていたが, それ以降は減少し続けた。これは一般にC/N比の高いノコグズ堆肥施用により, 生育中期から後期にかけて窒素の発現が抑制されたことが理由に考えられるが, 今後の検討課題である。

他方, 化学肥料施用畑の草丈と同等またはそれ以上の生長を示した施用6年目(1991年)のスラリー施用畑のトウモロコシは, 播種後6~8週の生長が化学肥料施用畑よりも著しく旺盛であった。特に, ピーク時においてスラリー11t施用畑で化学肥料施用畑の2倍近い生長速度を示したことは注目値する。

(3) 乾物収量

乾物収量についても草丈と似た経年変化を示し(図1), 施用2~3年目(1987~1988年)にはいずれの有機物施用区も化学肥料施用区より低収となった。施用開始4年目(1989年)以降, いずれの有機物施用畑のトウモロコシも増収傾向となり, 5年目(1990年)には化学肥料区と同水準またはそれより高い水準に達した。スラリー施用区は6年目(1991

年)も5年目(1990年)と同様の傾向を示し、特に11t施用では化学肥料畑の約1.2倍の収量となった。他方、ノコクズとワラを使用した堆肥施用畑では収量は1991年に急激に減じた。

有機物は肥料として遅効的に作用すると言われて、特に牛の糞尿は家畜糞尿の中では最も遅効的であることが認められている⁹⁾。本研究では3年目(1988年)以降に各有機物の3要素成分の化学肥料施用区に対する不足量を単肥で補充しているにもかかわらず、施用3年目(1988年)は低収となり、類以の研究をしている村松も同様の観察をしている¹²⁾。これらは前述の遅効特性を示しているが、肥効に関してC/N比を調査し、窒素発現を検討することが課題と言える。

これまでスラリーの肥効について、村松は青刈トウモロコシで10aあたり生重で900kg以上、乾重で600kg以上の収量を認め、多量施用の効果が示した¹²⁾。本調査で施用開始2～3年目にかけて減収傾向はあるものの、各種有機物の施用のみで化学肥料施肥区の80%～90%の収量、乾物重で1t程度の収量は期待できることを認めた。そして施用5年目(1990年)と6年目(1991年)にスラリー11t施用畑で化学肥料施肥区と同等またはそれ以上の収量性を示したことは、化学肥料を節約できる可能性を意味する。両年の増収がN, P, K成分の不足分を化成肥料で補ったことによる効果の可能性は考えられるが、化成肥料を補充しなかった試験区を設けていないためその効果は確定できないので、長期間連用した際の有機物そのものの肥効評価は今後の検討課題である。

2) 土壤物理性

(1) 孔隙率

施用3年目(1988年)の孔隙率は化学肥料区で若干高いものの、どの調査深とも有機物および化学肥料施用畑での差異は認められなかった(図3)。施用6年目(1991年)にはスラリー5.5t施用畑の25cm深と化学肥料施用畑の15cm深において孔隙率が増加しているが、他はすべて3年目(1988年)より低下した。また、化学肥料施用畑の15cm深を除き、処理区間で有意な差異は認められなかった。このように、孔隙率は投入された有機物や化学肥料の種類や施用量による明確な差異は認められなく、連作による低下が認められた。この原因は畑土壌における農業機械による踏圧の影響や毎年同じ根圏の形成が考えられるが、詳細は今後の検討課題である。

(2) 碎土性

碎土性について、施用3年目(1988年)はノコクズ堆肥区と化学肥料区で径4.75mm以下の土塊が約40%で、他の有機物施用土壌は20～30%であり、9.5mm以上の土塊が多く形成された(図4)。しかし、施用6年目(1991年)には9.5mm以下と19mm以下、すなわち4.75～19mmの土塊が減少し、いずれの有機物施用畑でも4.75mm以下の土塊の割合が約40%となった。有機物施用畑における4.75mm以下の土塊割合上昇率は化学肥料施用畑に比べて大きく、有機物施用による碎土性の向上が認められた。

以上より、有機物の長期連用施用は収量性と土壤碎土性に対し、一定の改善効果が示された。特にスラリー施用で安定的に認められたことは、家畜糞尿の土壤還元と飼料生産の循環体系確立の可能性を示唆する。特にスラリーは液状のため運搬や散布が容

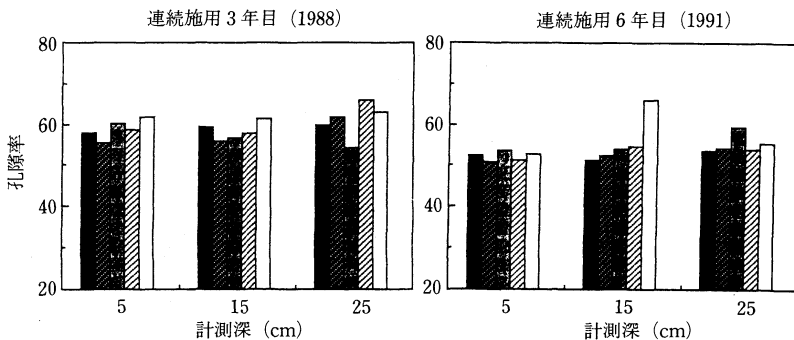


図3 連続施用3年目(1989)と6年目(1991)の春季における土壌の孔隙率の比較
カラムはノコクズ堆肥(■)、稲ワラ堆肥(▨)、スラリー5.5t(▤)、スラリー11t(▦)および化学肥料(□)を示す。

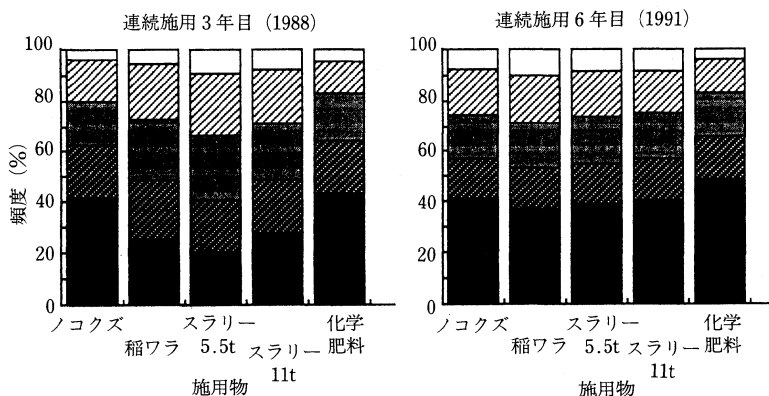


図4 連続施用3年目(1988)と6年目(1991)の春季における
 土壌の碎土性の比較
 土塊径は4.7mm未満(■), 4.7~9.5mm(斜線), 9.6~19.0mm(横線),
 19.1~37.5mm(点線)および37.5mm以上(□)の5段階に分類した。

易な形態であり、その意義は高いと考える。

4 摘 要

1986年から1991年6年間3種類の有機物(ノコクス堆肥, 稲ワラ堆肥および乳牛糞尿スラリー)と化学肥料を連続して施用し, 青刈トウモロコシの収量と土壌物性に及ぼす影響を調査した。

茎葉の乾物収量は年次間の変動が大きく, 有機物連続施用の肥効は化学肥料連用畑における収量との比率で調査するのが適切と推察された。各有機物の連続施用では, 化学肥料連用畑の80~90%の乾物収量を示した。また, 施用開始3年目(1988年)以降施用有機物の主要3要素成分量の化学肥料施用畑との不足分を補ったが, 施用開始4年目(1989年)からは増収傾向が認められ, 特に5年目(1990年)以降は, 化学肥料連続施用区以上の収量を示した。特にスラリー11t施用が効果的であった。高い収量性を示した1991年では播種後6~8週の生育(草丈伸長)が旺盛であった。

作土層の土壌孔隙率は有機物施用畑も化学肥料施用畑も低下した。碎土性は有機物施用畑で向上する傾向が認められ, 特にスラリー施用畑でロータリ碎土後に細かな土塊の割合が高くなった。

5 謝 辞

本研究を遂行するにあたり, 新潟大学農学部附属農場の技術職員 石澤東吾, 山下米治, 山崎俊市, 松尾信由, 塚野治夫および渡辺三雄の各氏には各種調査に協力いただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 前田乾一(1987), 有機農業の技術的特質, 農業と経済 53: 17-25.
- 2) 阿江教治・遅沢省子・久保田 徹(1987), フェノール化合物の団粒形成能, 日土肥誌 58: 233-236.
- 3) 樋口太重(1982), 有機物連用土壌の地力窒素的な評価, 土肥誌53: 214-218.
- 4) 鶴飼信義(1984), 畜産におけるバイオマス変換利用技術, 畜産の研究 38: 331-334.
- 5) 熊田恭一(1977), 有機物施用に関する二三の問題「土壌有機物の化学」p220, 学会出版センター.
- 6) 熊沢喜久雄(1989)「有機農業」と現代農業(2). 農業および園芸64: 36-48.
- 7) 松田 明(1981), 土壌伝染病の生態的防除手段としての輪作と有機物施用, 植物防疫 35: 108-114.
- 8) 森崎清之(1987), 牛糞の簡易堆肥化法, 畜産の研究 41: 601-605.
- 9) 尾形 保(1976), 家畜排泄物の土壌還元利用, 畜産の研究 30: 271-274.
- 10) 新潟県(1985) 飼料作物の生産・貯蔵・給与の技術, 新潟県飼料給与技術改善指導事業 12-15.
- 11) 大山卓爾・伊藤道秋・小林京子・荒木 創・安吉佐和子・佐々木 修・山崎拓也・曾山久美子・種村竜太・水野義孝・五十嵐太郎(1991), 硫

酸一過酸化水素分解法による植物，厩肥試料中に含まれるN, P, K の分析，新潟大学農学部研究報告 43：111-120.

- 12) 村松好一(1978)，主要な青刈飼料作物と牧草に対する乳牛スラリー施用の影響，畜産の研究32：1359-1361.

Summary

Three kinds of organic fertilizer (sawdust manure, rice straw manure, liquid slurry from dairy cow waste) and a chemical fertilizer were used for 6 consecutive years (1986-1991), and their effects on green-cut corn yield and soil properties were investigated. There was a considerable variation in the year to year foliage dry weight of the corn yield, and it was considered appropriate to determine the ratio of fertilizer effectiveness of organic fertilizer in the field in which it had been consistently used to that in which the chemical fertilizer was applied. The dry weight yield of the field in which the respective fertilizer had been used was found to be 80-90% of that in the fields in which the chemical fertilizer had been applied.

After 3 successive years of organic fertilizer application, we added to the organic fertilizer-applied fields ammonium sulfate, fused phosphate and potassium chloride so that the 3 major components in each field were equal to that of the chemical fertilized field (N : 20kg/10a, P₂O₅ : 18kg/10a, K₂O : 20kg/10a). The results were increased foliage yield (dry weight) in the organic and chemical fertilized fields, with the yield reaching the level in the chemical fertilized fields (N : 20kg/10a, P₂O₅ : 18kg/10a, K₂O : 20kg/10a) by the fifth year of constant application successively (1990). The application of 11t of slurry proved to be especially effective for consistently high yield. The sixth-year (1991) yield was highest, and vigorous growth was observed in 6-8 weeks after sowing.

Porosity (void ratio) was reduced in all fields tested, whether organic or chemical fertilizers had been used. Harrowing tended to be easier in the organically fertilized fields. In the slurry-applied fields in particular, the proportion of tiny clods was quite high after rotary tilling.