

# 堆きゅう肥施用条件下における サイレージ用トウモロコシの合理的施肥法

青森県畜産試験場

草地飼料部長

坂 本 晃

青森県におけるトウモロコシの栽培は連作が多く、その施肥管理は堆きゅう肥を運用した上に化学肥料を併用する形態が一般的になっている。しかし、大量に排出される堆きゅう肥を処理するため、それを多量に運用したり化学肥料も必要以上に施用するケースが多いことから、土壤の養分過剰や養分間の不均衡が生じ、その影響でトウモロコシの生育障害や品質悪化が問題になっている。

筆者らは、これら問題に対処するため、堆きゅう肥及び化学肥料の施用量と土壤の化学性、トウモロコシの収量及び品質（硝酸態窒素、ミネラルなど）との関係を検討し、連作畠においてトウモロコシの生育や品質に悪影響を及ぼすことのない堆きゅう肥施用量とそれと併用する適切な化学肥料施用量を明らかにした。

本稿では、それら内容を中心に、堆きゅう肥施用条件下でのトウモロコシの施肥管理のあり方について述べることにする。

## 1 堆きゅう肥の施用限界量について

一口に堆きゅう肥といっても家畜ふん尿や敷料の種類によっていろいろな形態のものがある。青森県の畜産農家の堆きゅう肥をみると、そのほとんどは牛ふん尿とイナワラが材料になっているイナワラ・牛ふん尿混合堆きゅう肥であり、その腐熟度も中熟程度のものが多い。そこで、このような堆きゅう肥を用い、トウモロコシ収量が最大を示し、かつ生育や品質に悪影響が生じない施用量はどの程度であるかを検討した。図1に堆きゅう肥施用量とトウモロコシ収量の関係を示す。

図中のAは堆きゅう肥の施用前歴のない牧草地跡地に1作だけトウモロコシを作付した成績であ

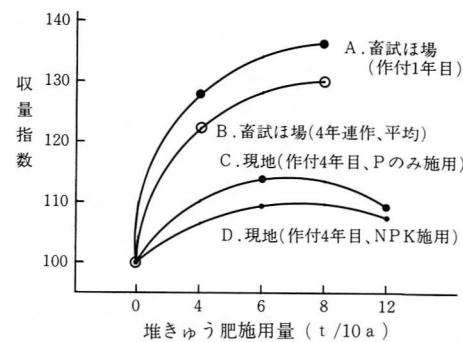


図1 堆きゅう肥施用量とトウモロコシ  
収量の関係（昭59-60、青森畜試）

り、Bは牧草地跡地に4年間トウモロコシを連作した結果である。堆きゅう肥の増施効果は、その施用前歴のないほ場で高いが、いずれのほ場も增收率は堆きゅう肥0~4 t/10 aで急勾配を示し、それ以上の施用量で勾配が緩やかになり、8 tでほぼ最高に達した。

一方、C、Dは堆きゅう肥を毎年8~10 t/10 aの施用してきた酪農家の連作ほ場の結果である。土壤養分がかなり富化しているため堆きゅう肥の施用効果は比較的小さいが、それでも最高収量は堆きゅう肥6 t/10 aでみられ、更に増施するとむしろ減収した。また、ここに示していないが6 t/10 a以上施用した場合には、トウモロコシにカリが過剰に吸収されてミネラルバランスが悪くなったり、硝酸態窒素が著しく増加することが認められた。

以上のことから、本県の熟畠におけるトウモロコシに対するイナワラ・牛ふん尿混合堆きゅう肥の施用限界量はほ場の前歴によって異なり、堆きゅう肥の施用前歴のない畠では8 t/10 a程度、堆きゅう肥を運用している畠では6~8 t/10 aであり、実

際現場ではそれら量を限度に施用することが必要と判断した。

## 2 堆きゅう肥施用畑における土壤改良資材の必要性

堆きゅう肥を連用すると、施用量にもよるが一般に土壤養分が豊富になる。このため、石灰、苦土、リン酸などを供給する土壤改良資材は無施用でよいと思われるがちであるが、以下に述べる理由から、積極的に施用することが必要である。

図2は本県畜産農家のトウモロコシ連作畑における土壤養分含量の実態を示したものである。これによると各養分とも富化されている畑が多いが、特にカリ含量が高いため図3に示したように、相対的に石灰や苦土が不足するカリ過剰土壤が多くなっている。カリ過剰の弊害はトウモロコシ中にカリが多量に吸収されるため石灰や苦土の吸収が拮抗的に抑制され、その結果、家畜の無機栄養か

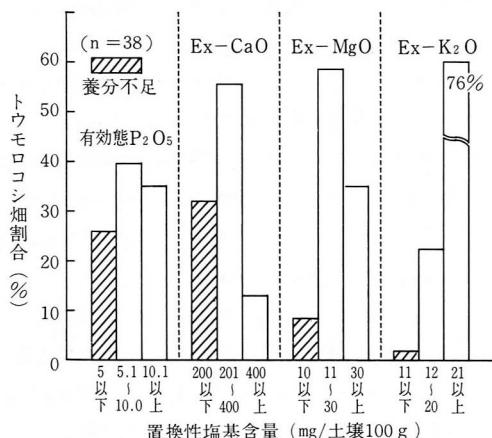


図2 トウモロコシ連作畑土壤の各養分含量の分布 (昭和62年、青森畜試)

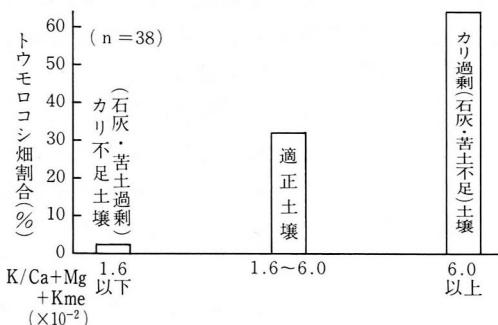


図3 トウモロコシ連作畑土壤の塩基状態 (昭和62年、青森畜試)

らみてミネラルバランスの悪いトウモロコシが生産されることにある。堆きゅう肥を施用すると土壤中にカリが過剰蓄積するのは、それにカリが多く含まれているからである。

また、堆きゅう肥を連用している連作畑では、図4に示すように、経年的にpHが低下し酸性化が進む。これは、土壤中の石灰含量はほとんど減少しないので、堆きゅう肥の分解過程で有機酸など酸性物質が生成されるためではないかと考える。

したがって、土壤中のカリの過剰蓄積を回避し、養分間のバランスを適正に維持したり酸性化を防止するためには、後述する堆きゅう肥やカリ肥料の施用法の改善だけでなく、石灰質資材を用いて定期的に石灰や苦土を施用することが大切である。表1-1及び表1-2に示したように、石灰質資材

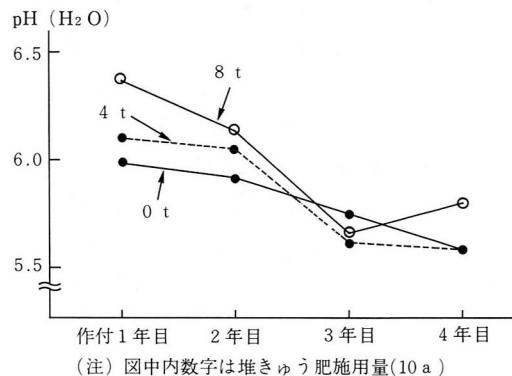


図4 トウモロコシ連作畑におけるpHの推移 (昭和59年、青森畜試)

表1-1 土壤の化学性に及ぼす石灰質資材の施用効果

区分	pH (H <sub>2</sub> O)	置換性塩基(mg/土壤100g)			K/(Ca+ Mg+K)me
		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
苦土炭カル 無施用区	5.5	112	14.7	30.3	$11.9 \times 10^{-2}$
苦土炭カル 施用区	6.6	378	52.7	40.3	$5.1 \times 10^{-2}$

注) 1. は場は複合農家のトウモロコシ畑、2年連作の跡地土壤。  
2. 堆きゅう肥3t/10a, N5, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>15kg/10a施用。  
3. 苦土炭カルは1作目350kg, 2作目200kg/10a施用。

表1-2 トウモロコシの収量、ミネラル組成に及ぼす石灰質資材の施用効果

区分	乾物収量(kg/10a)		K/(Ca+Mg)me 元年
	63年	元年	
苦土炭カル 無施用区	1,436	1,490	2.30
苦土炭カル 施用区	1,503	1,638	1.92

注) K/(Ca+Mg)me 2.2以上はグラステタニー症発生の危険水準。(平成元年、青森畜試)

の施用により、トウモロコシ連作畠土壤の化学性が改善され、トウモロコシの収量とミネラル組成の向上が図られる。

石灰質資材の施用量としては、トウモロコシ作付1年目(牧草地からトウモロコシ畠への切替年)はpH(H<sub>2</sub>O)6.0~6.5の酸性矯正量とする。連作の場合には、作付3年目から隔年ごとに実量で200kg/10a程度施用する。本県の熟畠では、この量でほぼpH 6.0、置換性石灰200mg以上の改良目標を維持できることが多い。しかし、正確には土壤検定をして施用量を決めることが望ましい。

なお、石灰質資材は土壤の塩基バランスを良くする上から苦土入りのもの(苦土炭カルなど)を使用する。

トウモロコシ畠土壤の実態調査によると、有効態リン酸含量が5mg以上の土壤が7割近くもあり、豊富な水準を示す土壤が多い。これは堆きゅう肥及びリン酸肥料を毎年施用していることが影響している。したがって、リン酸質資材はトウモロコシ作付初年目は成分で20~30kg/10a施用するが、連作の場合は土壤検定をして有効態リン酸(トルオーグP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が5mg以上になっていれば無施用としてもよい。このような施肥管理をしても本県のトウモロコシ畠の場合、トウモロコシの生育上、問題は全く見られない。

### 3 堆きゅう肥施用量に応じた 三要素の施用法

本県のトウモロコシ栽培は堆きゅう肥の施用が必然的になっているため、併用する化学肥料の施用は堆きゅう肥との兼ね合いの中で考える必要がある。さもなければ、化学肥料の過不足でトウモロコシの生育や品質が悪影響を受けるだけでなく、無駄な施肥をすることになりかねないからである。そこで、堆きゅう肥施用条件下での適切な窒素、リン酸及びカリの施用はどうあるべきかについて検討した結果を以下に述べることにする。なお、ここでの化学肥料の施用量はすべて溝施用とした場合である。

#### 1) 窒素の施用

堆きゅう肥施用条件下での窒素施用の目的は、堆きゅう肥施用量が少ない場合はトウモロコシの

表2 堆きゅう肥施用別の窒素施用量とトウモロコシの  
増収率及び硝酸態窒素含量  
(%)

堆きゅう肥施 用量(t/10a)	窒 素 施 用 量(kg/10a)			
	N 0	N 5	N 10	N 15
M 0	100(0.07)	121(0.09)	123(0.16)	116(0.12)
M 3	100(0.14)	103(0.17)	105(0.20)	105(0.41)
M 6	100(0.21)	102(0.18)	101(0.20)	100(0.21)
M 9	100(0.30)	103(0.23)	103(0.20)	100(0.22)

注) 1. 増収率は3年連作の平均値。

2. ( )はトウモロコシ茎葉中の硝酸態窒素、乾物中NO<sub>3</sub>-N%、作付初年目。

3. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oは各々15kg、10kg/10a施用。

(昭63年、青森畜試)

正常な生育を促し、目標とする収量を確保すること、多い場合は初期生育を助長したり、堆きゅう肥の分解を促進することにある。その施用量は当然堆きゅう肥の施用量によって加減すべきものである。

表2は3年間トウモロコシを連作した場合において、堆きゅう肥施用量別の窒素施肥量とトウモロコシ収量及び硝酸態窒素含量の関係をみたものである。これから知れるように、窒素増施は必ずしも増収に結びつくとは限らず、トウモロコシの増収は堆きゅう肥0~3t/10aではN 10 kg/10aで、堆きゅう肥6~9tではN 5 kgでそれぞれ頭打ちの状態となった。また、堆きゅう肥施用量別の窒素増施による増収率は堆きゅう肥0tが16~23%、3~9tが1~5%であり、堆きゅう肥施用条件下においては窒素の施用効果が小さいことが認められた。このことは、トウモロコシ収量に反映する窒素成分は堆きゅう肥からの窒素供給量に依存することを示している。そして、その程度は表2から堆きゅう肥施用量が多いほど顕著なことがわかるがわかる。

したがって、堆きゅう肥施用条件下における窒素の施肥は、特に堆きゅう肥量が多い場合はトウモロコシの初期生育を促す量でよく、それで十分目標収量を確保できる。増収に結びつかない窒素施肥はトウモロコシに硝酸態窒素を蓄積せざるだけでなく(表2)、土壤中のアンモニア濃度を高め発芽障害を招くことになるので避けなければならない。

以上のようなことから、堆きゅう肥施用条件下での実際的な窒素施用量としては、堆きゅう肥3t/10a程度ではN 10 kg/10a、6~9tではN 5 kg程

表3 堆きゅう肥施用畑におけるトウモロコシの窒素追肥効果

基肥+追肥 (N kg/10a)	乾物収量 (kg/10a) 59年	乾物収量 (kg/10a) 60年
N15+N 0	1,974 (100)	2,115 (100)
N12+N 3	1,886 (96)	2,057 (97)
N 9+N 6	1,971 (100)	2,072 (98)
N18+N 0	1,879 (95)	2,207 (104)
N15+N 3	1,862 (94)	2,032 (96)

注) 堆きゅう肥は各年とも 4 t/10a 施用。(昭61年、青森畜試)

度を目安に施用することがよいと判断された。

なお、堆きゅう肥施用条件下での窒素の追肥は、表3に示したように、増収効果がないので不要である。

## 2) リン酸の施用

リン酸は窒素やカリと異なり、多少多く施用してもトウモロコシの生育や品質に悪影響を及ぼすことはない。しかし、肥料経済を考えると増収に寄与しないリン酸施肥は避けるべきである。堆きゅう肥施用条件下でのトウモロコシ収量に対するリン酸の施用効果は顕著には高くないが、筆者らのリン酸用量試験によると、作付初年目はリン酸 15 kg/10 a が、作付 2 年目以降は 5~10 kg/10 a が増収の上限であった。したがって、本県ではこれを目安にリン酸を施用するよう指導している。作付 2 年目以降において比較的低いリン酸水準で増収が上限になるのは、リン酸質資材の項でも述べたが、毎年施用する堆きゅう肥やリン酸肥料によって土壤中のリン酸が富化するためである。

## 3) カリの施用

カリは窒素及びリン酸と並んで作物にとって最も重要な養分の一つであり、その正常な生育を促すには十分なカリが必要である。しかし、前に述べたように、最近のトウモロコシ栽培においてはカリを多く含む堆きゅう肥を運用しているので、トウモロコシ畑土壤はカリが過剰になっていることが多い。このため、堆きゅう肥運用畑ではカリを無施用としたり、施肥量を減らすなどの対策が必要となっている。

筆者らは、本県のようにカリ地力の高い火山灰土壤地帯での堆きゅう肥施用畑において、カリ施肥が必要かどうかの判定には土壤中の置換性カリ含量を目安に

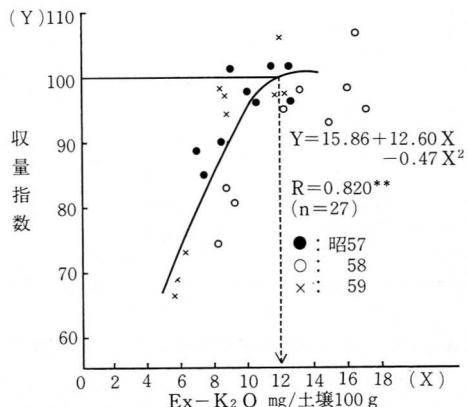


図5 トウモロコシ収量と置換性カリ含量の関係  
(昭60年、青森畜試)

することが妥当なことを見いたした。

図5はトウモロコシ収量と土壤中の置換性カリ含量の関係を見たものである。これによると、収量が増加するのは置換性カリが 12 mg 以下になった場合であり、12 mg を越えると増収が極めて小さくなっている。このことから、カリ施肥によって増収効果が期待できる置換性カリ含量は約 12 mg 以下の場合であり、それ以上のカリ含量の場合は増収に結びつかないことが分かった。したがって、土壤中の置換性カリ ( $K_2O$ ) 含量が 12 mg 以上の場合にはカリ施肥は不要であると判断した。

それではカリ施肥の効果が発現しない置換性カリ水準(置換性  $K_2O$  12 mg 以上)はどの程度量の堆きゅう肥を施用した場合に生ずるであろうか。この点を検討したのが表4である。表から明らかのように、置換性カリが 12 mg 以上を維持するには堆きゅう肥を 4 t/10 a 以上運用した場合であり、しかも、カリを施用しなくても確実に 12 mg 以上を

表4 堆きゅう肥施用畑におけるカリ無施用がトウモロコシ収量及び置換性カリ含量に及ぼす影響

堆きゅう肥 (t/10a)	カリ肥料 (kg/10a)	57年(作付2年目)		58年(3年目)		59年(4年目)	
		収量 (kg/10a)	Ex-K <sub>2</sub> O (mg/100g)	収量 (kg/10a)	Ex-K <sub>2</sub> O (mg/100g)	収量 (kg/10a)	Ex-K <sub>2</sub> O (mg/100g)
0	0	1,476 (100)	7.4	961 (100)	8.5	1,303 (100)	5.7
	10	1,757 (119)	11.9	1,255 (131)	16.3	1,848 (142)	11.8
4	0	1,799 (122)	12.6	1,404 (146)	13.9	1,984 (152)	13.4
	10	1,798 (122)	21.8	1,426 (148)	23.7	1,896 (146)	24.9
8	0	1,915 (130)	20.3	1,613 (168)	17.8	2,147 (165)	21.2

注) 収量は乾物収量 (kg/10a), Ex-K<sub>2</sub>O は mg/土壤 100g.

(昭60年、青森畜試)

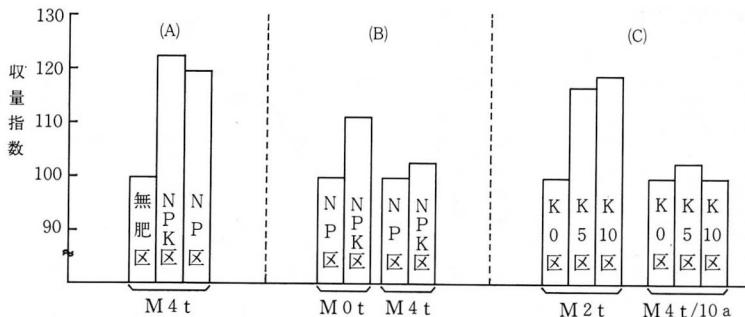


図6 トウモロコシ連作畑における堆きゅう肥施用量別のカリ施肥の効果

(注) (A)は現地トウモロコシ連作畑 ( $N_{15}-P_{2O_5} 15-K_2O 0 \sim 10\text{kg}/10\text{a}$  施用)  
 (B)は青森畜試トウモロコシ連作畑 ( $N_{15}-P_{2O_5} 18.8-K_2O 0 \sim 10\text{kg}/10\text{a}$ )  
 (C)は青森畜試トウモロコシ作付2年目 ( $N_{15}-P_{2O_5} 15-K_2O 0 \sim 10\text{kg}/10\text{a}$ )  
 (青森畜試)

維持している。収量もカリ  $10\text{kg}/10\text{a}$  併用した区と同等以上となっている。したがって、堆きゅう肥を  $4\text{t}/10\text{a}$  以上連用した場合は、置換性カリ含量を  $12\text{mg}$  以上に維持でき、収量も減少しないのでカリ肥料は無施用でよいといえる。

以上のことを確認するため、現地及び青森畜試のトウモロコシ連作畑を供試し、堆きゅう肥施用量別のカリ施肥の効果を検討した。その結果、図6に示したように、堆きゅう肥  $4\text{t}/10\text{a}$  を施用した場合は無カリでもカリ施用区と変わらない収量が得られることが実証された。しかし、堆きゅう肥  $2\text{t}/10\text{a}$  の場合は無カリでは減収することが認められ、 $5\text{kg}/10\text{a}$  程度のカリ施肥が必要なことが示された。なお、堆きゅう肥の施用前歴のない牧草地跡地などは土壤中のカリ含量が少ないと考えられる。このような場に初めて作付する場合、堆きゅう肥を  $8\text{t}/10\text{a}$  程度施用する条件では施肥カ

リは不要であるが、 $2\sim 4\text{t}/10\text{a}$  の施用条件では安全性を見込んで  $10\text{kg}/10\text{a}$  程度のカリを施用することが無難である。

#### 4 トウモロコシの施肥基準

青森県におけるトウモロコシの施肥管理は、前述したように堆きゅう肥が中心であり、連作畑では堆きゅう肥の運用により土壤養分が過剰になったり、不均衡な状態になっている。したがって、併用す

る化学肥料の施用量は堆きゅう肥からの養分供給量や土壤養分の状態に応じて設定することが重要である。このようなことを考慮して、青森畜試では今まで述べてきたような施肥管理とトウモロコシの収量、品質並びに土壤の化学性との関係を整理検討して、表5のような施肥基準を作成した。

本基準は青森県の腐植質火山灰土壤地帯でイナワラ・牛ふん尿混合堆きゅう肥を施用するトウモロコシ畑を対象としているが、多少土壤条件が異なっても堆きゅう肥の種類が同じであれば、地域を越えて参考になるものと思われる。

#### 5 おわりに

トウモロコシは乳牛や肉用牛の基幹粗飼料として位置づけられているため、良品質のトウモロコシをいかに低コストで生産するかが大きな課題になっている。その生産コスト低減のためには、生産資材費の節減と単位面積当たりTDN収量の増大が重要であるが、それを実現する対策の一つとして、土壤検定に基づくトウモロコシ畑の土壤改良と堆きゅう肥施用量に応じた合理的な化学肥料の施用法が挙げられる。それによって、無駄な土壤改良資材や化学肥料の施用が避けられるため肥料費が節減できると共に、土壤養分の過不足が解消され、トウモロコシの収量と飼料価値の向上が期待できるからである。

本稿で述べてきた堆きゅう肥施用条件下での適切な施肥管理が良質トウモロコシの低コスト、安定生産を図る上での一助になれば幸いである。

表5 青森県におけるトウモロコシの施肥基準

ほ場の前歴	施肥量 (10a当たり)			
	堆きゅう肥 t	窒素 kg	リン酸 kg	カリ kg
堆きゅう肥連作畑 (いままで堆きゅう肥を施用していた畑)	4	10	10	0
	8	6	10	0
堆きゅう肥無施用畑 (いままで堆きゅう肥を施用していない畑)	4	15	15	10
	8	8	10	0

##### 〔留意事項〕

- (1) トウモロコシ作付は場の前歴及び堆きゅう肥施用量を正確に把握する。
- (2) 堆きゅう肥は主としてワラ類・牛ふん尿混合堆きゅう肥が対象。できるだけ腐熟したものを使用。
- (3) 土壤検定に基づき定期的に土壤改良資材を施用する。
- (4) 窒素の追肥は不要。