

# 有機質肥料施用による 土壤と飼料作物の硝酸塩低減

農水省九州農業試験場 生産環境部

上席研究官 正岡 淑邦

## 1 はじめに

わが国は、堆きゅう肥を貴重な肥料資源として活用していた時代がありました。明治時代の初めには、農業資材による環境汚染がすでに問題化していたヨーロッパから、多くの研究者が訪れ、農業事情を見て廻ったそうです。堆きゅう肥などの資材を大切にして有効利用する、この国の技術に深く感心したと伝えられています。

農業環境の物質収支が調和した時代は、1960年(昭和35年)前後まで続きました。その後、化学肥料の生産と普及が進み、農産物の生産量が飛躍的に増えました。食料や家畜飼料の輸入量も増え、食生活は豊かになったのです。ところが、この後物質循環がアンバランスになり始めました。輸入食飼料中には窒素やリン酸、カリウムなどの元素が含まれていて、輸入量の増加に伴いこれらの流入量が増加したのです。1960年代に比べて、その後30数年間に輸入食飼料中の窒素は、約6倍の年間100万トン近くにふくれあがったと推定されています。このうちの一部は、家畜のふん尿になって全国の農耕地に撒かれているのですが、それに含まれる窒素量は、化学肥料の使用量を合わせると、ほぼ全国の作物生産をまかなえる量に匹敵すると言われています。現実には、家畜ふん尿は飼料作物の生産圃場に集中していることが多いので、その量は作物の必要量をはるかに上回ります。

作物が吸収できない窒素は、ふん尿由来のカリウムとともに硝酸塩として土壤に蓄積します。やがて雨水によって地下水に流入する一方、窒素分は亜酸化窒素ガスなど、いわゆる温室効果ガスに変化して大気を汚します。必要以上の窒素を作物が



写真 収穫時期(黄熟期)を迎えて着穗節、または、それ以上の節位まで硝酸態窒素が蓄積したトウモロコシ(硝酸態窒素を試薬で赤く染めて検出したもの)

吸収すると、作物体内に硝酸態窒素が増え、そのような成分を多く含む野菜や飼料作物は、硝酸塩中毒など人や家畜の健康を害することになります(写真)。このように輸入された飼料中の窒素やカリウムが、家畜ふん尿という形で余剰の硝酸塩を放出して、農業環境を汚している事が多いのです。

## 2 有機質肥料の功罪

もともと、有機質肥料を適量施用すると、その中に含まれる種々の無機栄養分が供給されます。土壤の通気性や通水性を改善し、有用微生物の活動促進にも効果的です。また、土壤中の腐植を増加させ、カリウムやカルシウム、マグネシウムなどの流亡を雨水から守ります。腐植は黒ボク土に多く含まれるアルミニウムと結合して、リン酸が作物に利用されやすいようにしてくれます。さらに、有機性の窒素が徐々に無機化して、植物に利

用されるので肥料効果が長期間持続します。ふん尿を適量範囲で使用し、即効性の化学肥料と組み合わせると素晴らしい肥料となり、土壌改良材となります。

土壌の改良と保全効果のある有機質肥料ですが、使用方法を誤って過剰に施用すると、たとえ「完全有機質肥料」であっても、環境や作物に悪影響を与えます。有機質肥料の多量施用の主原因是、食料や家畜飼料の大量輸入によるわけですから、環境保全面からも食飼料の自給率の向上が大切です。

### 3 酪農家の飼料畑の実態

ふん尿にわらなどの炭素源を併用して施用し、土壌微生物に硝酸態窒素を取り込ませると、一時的に土壌中の硝酸態窒素濃度は低下します。しかし、いずれ菌体の窒素は分解し、環境に放出されるので根本的な解決になりません。土壌の硝酸塩を減らすには、ふん尿など有機質肥料を作物が吸収利用できる以上に投入しないことです。

「投入量を減らせば環境への影響は少なくなる。これは当たり前の話ではないか？」と思うかもしれません。しかし、現実に営農しながらの試みは容易ではありません。減らすためには、余ったふん尿を流通させる手立てが必要だからです。また、制限施用が作物の生育にマイナスになることもあります。しかも、制限効果が土壌や作物にどのくらい経って現れるのかはっきりしません。

このような、諸々の難題をかかえながらも制限施用してやること、硝酸態窒素やカリウムの少ない、家畜の健康に好ましい自給飼料を、比較的短期間で生産できることが、酪農家の圃場で実証されたので、紹介したいと思います。

熊本県下の酪農家が九州農業試験場と連携し、ふん尿施用量を制限して、飼料作物の生産を試みました。施用制限はたい肥センターを経由させ、たい肥を流通させることで実現したのですが、それまで、ふん尿は一部の畑に偏って大量に投入されていました。家畜の飼養頭数と飼料作物の栽培面積から試算した、ふん尿由来の窒素とカリウムの飼料畑への投入量や、作物による吸収量を表1に示します。なお、化学肥料の使用は、トウモロコシの初期生育に必要な程度で、土壌と作物への

表1 ふん尿に由来する窒素(N)とカリウム(K)の飼料作物生産圃場での収支(kg/ha)

ふん尿施用処理	N	K
ふん尿由来のNとKの年間施用量 <sup>a</sup>	1,189	822
作物による年間吸収量 <sup>b</sup>		
トウモロコシ2作	435	553
トウモロコシ1作+イタリアンライグラス	436	612
植付前のふん尿制限施用区の施用量 <sup>c</sup>	122	149
トウモロコシ1期作の吸収量 <sup>b</sup>		
制限施用区	223	313
多量施用継続区	287	388

a 家畜の飼養頭数と飼料畑の面積から算出。ふん尿の全てを飼料畑に施用した場合の値。家畜ふん尿排せつ量と窒素濃度は処理利用の手引き（平成9年）の数値を使用した。

b 作物体の生育量と化学分析値から求めた。

c a の方法に順じて、ふん尿施用量から算出。

負荷はほとんどがふん尿由来のものでした。

調査した酪農家6戸の平均的な栽培は、おもにトウモロコシの2期作、あるいは1期作と裏作にイタリアンライグラスなどの栽培を行っています。作物による年間の窒素の持ち出し量は、およそ430 kg/haですが、牛のふん尿投入量は平均で1,200 kg/ha近くでした。完熟しない場合や、尿と併用する場合が見られるので、ふん尿は液状きゅう肥に近い成分とみなして、肥効率を55%とすると、660 kg/ha ( $1,200 \times 0.55$ )が作物に利用される窒素として土壌に存在します。実際は、前年までに施用し続けて蓄積したふん尿由来の有機態窒素が、無機化を続けているので、さらに濃度の高い無機態窒素が土壌に存在すると考えられます。ここでは、単純にその年に投入し、無機化したと考えられる660 kgの窒素分のみで考えてみると、作物に吸収された残り230 kg/ha (660-430)が、水溶性窒素として土壌に留まります。雨が降って全ての雨水がこの窒素を溶かし、地下水に流入したとすると200 mmの降雨量で、11 ppmの硝酸態窒素水になります。また、投入したふん尿の全てが分解して水溶性窒素になるとしたら、投入した窒素分1,200 kg/haから、作物の吸収分430 kg/haを引いた770 kg/haが土壌に残るので、これが全て雨水に溶けた時、770 mmの降雨で硝酸態窒素は、10 ppmになると試算されます（硝酸態窒素の飲用水の基準

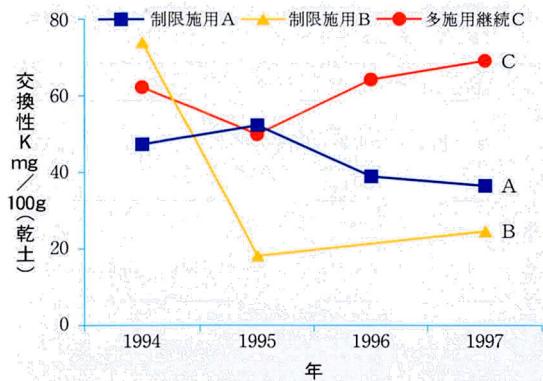


図1 トウモロコシ跡地土壤の交換性カリウム

値は10 ppm以下)。この地方の降雨量は、年間2,003 mmなので、家畜ふん尿が原因で地下水の硝酸塩濃度が高くなることは、十分に考えられます。

図表で示していませんが、ふん尿施用を制限する前の、酪農家のトウモロコシを収穫した跡地土壤中の水溶性窒素は、97 kg/ha も存在する場合がありまして、トウモロコシ1作で吸収する窒素量287 kg/ha の、およそ3割が残留していました。雨などによる土壤養分の地下浸透があっても、トウモロコシの栽培期間中、作物根周辺土壤には、作物が吸収出来ないほど水溶性窒素が、多量に存在したわけです。トウモロコシ自体の硝酸態窒素も、植物体全体で乾物当たり、0.15 %を超えるものがあり、家畜の健康基準上限値0.2 %を下回るといえ、決して低い値ではありませんでした。茎の硝酸態窒素は、乾物当たり0.6 %に達するものもありました。

#### 4 家畜ふん尿の制限施用

たい肥センターで作ったたい肥を野菜農家等へ流通させた分、ふん尿施用量を制限できた圃場を対象に、従来並の施用量を制限しない多施用圃場と比べ、土壤と作物の無機成分動態を4年間にわたって観察しました。最初の年は制限施用しなかった時期のものです。

表1にふん尿由來の窒素とカリウムの推定施用量を示しました。制限施用区ではトウモロコシが1作に吸収する窒素223 kg/ha の、およそ1/2量をふん尿で施用したことになります。作物にとってこの窒素量は少なすぎますが、硝酸態窒素の蓄

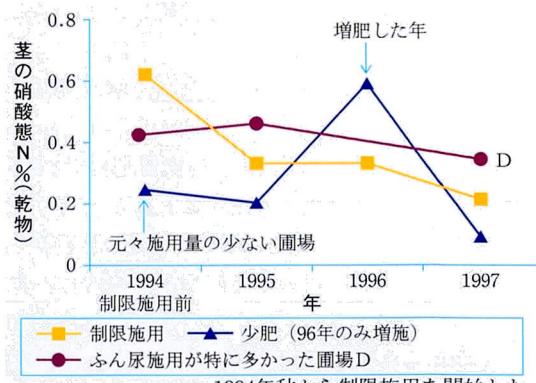


図2 トウモロコシ茎中の硝酸態窒素濃度に及ぼす制限施用効果

積を避けて、農家が自主的に行ったものでした。それでも、吸収した窒素は200 kg/ha を超えていて、土壤中に多年にわたって蓄積した窒素の影響が伺えます。図1は土壤中の交換性カリウム(作物が利用できる土壤中のカリウムの形態)濃度の年次変化を示しました。3か所の圃場のうち、たい肥センターが出来るまで、かなりのふん尿が施用されていたAとBの圃場(カリウムが年間800 kg/ha を超える場合があったと推定)でも、制限施用すると1年後の1995年から減少が始まり、2~3年で乾土100 g当たり40 mgを下回り、土壤診断基準値内(20~30 mg)に近づくことが分りました。施用量を制限しない圃場(C)では、土壤のカリウム濃度が調査期間を通じて、高い状態(およそ60 mg)にありました。

トウモロコシの茎に含まれる硝酸態窒素も、制限施用1年目から実施前のおよそ1/2の0.3%台に低下し(図2)、年を重ねても増加は認められず、制限施用4年目の1997年には約0.2%になりました。ただし、元々施用量の少ない圃場であっても、1996年のようにふん尿を増肥すると茎の硝酸態窒素は速やかに増えてしまいます。一方、ふん尿を捨場のように多量に撒いていた(農家の説明)圃場(D)でも制限施用に変えると、トウモロコシ茎部の硝酸態窒素濃度低下が、4年後の1997年に認められました。

図3にたい肥センターを開設して4年後の農家6戸(18圃場)の、1期作目のトウモロコシ生育量と体内成分、跡地土壤の無機成分量を平均値で示しました。圃場管理の諸条件がそれぞれ異なる

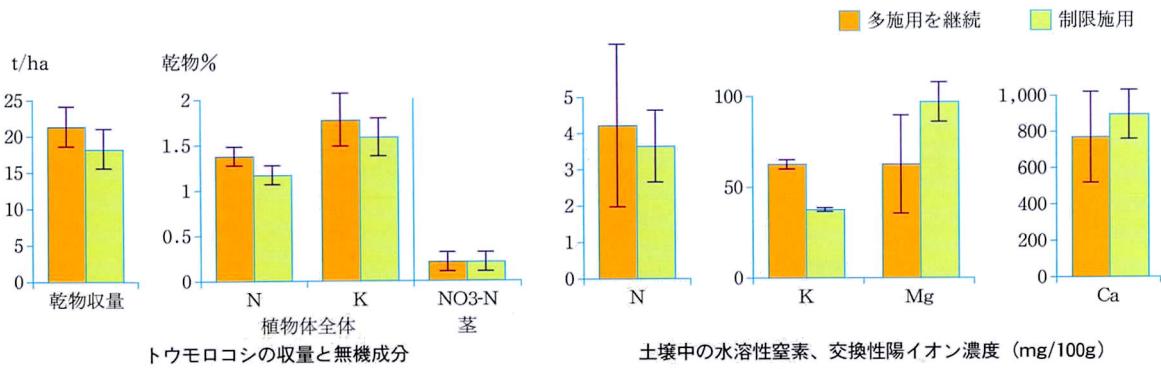


図3 ふん尿施用量を減じて、3年後のトウモロコシ生育量と、その無機成分

ため、得られた数値は大きなばらつきがありましたが、それでも次のような結果を得ました。

ふん尿の制限施用によってトウモロコシの乾物収量は、従来通りの施用を続けた区より平均で16%低下しましたが、植物体のカリウム濃度も低下し、カリウム過剰摂取を懸念される乳牛の飼料品質としては、望ましい結果になりました。土壤中の硝酸態窒素やカリウム濃度も低下し、とくに、カリウムは、従来区よりも37%低い約30 mg/haに、逆に交換性のマグネシウムやカルシウム濃度は増加しました。ふん尿の制限施用に転換して4年間で、作物も土壤も無機成分濃度に改善が現れたのです。

## 5 ふん尿の制限施用と作物への影響

熊本県の酪農地域の土壤は、厚層多腐植質黒ボク土と呼ばれる火山灰土壤が主体です。この土壤では、交換性カリウムが乾土当たり20 mg/100 gあれば、作物の生育に十分と言われています。そして、40 mgくらいまでの蓄積であれば、無施用にすると、短年で土壤診断基準値内(20~30 mg)に低下させることができます。今回の調査では図3に示すように、ふん尿施用量を2~3年間制限施用すると、交換性カリウムの濃度は、診断基準値の

上限30 mg/100 gにまで、低下させることができます。もとの土壤中のカリウム濃度が、非常に高かった(平均で70 mg)のですが、それでも大幅な低下が認められたのです。

土壤中の可給態窒素(作物が利用できる窒素で水溶性窒素を含む)は、ふん尿施用を停止すると2~3年で急速に減少するのが知られています。九州地方は年間を通して気温が高いので、有機物の分解が他の地方に比べると速く、その分、有機態窒素の無機化や損耗が大きいためと考えられます。ふん尿施用量を制限すると、短期間でトウモロコシ茎中の硝酸態窒素が低下したり、また、乾物収量が低下(図3)したのは、この理由によると考えられます。制限施用して生育が少し低下しても、平均で乾物18 t/haの収量が得られています。この程度でしたら、硝酸塩の少ない粗飼料を生産する方が望ましいと考えられます。制限施用をいつまでも続けると、作物の生産量がさらに低下すると予測されるので、定期的に土壤診断を行い、土壤中の養分バランスを調節する必要のあることは申すまでもありません。硝酸塩の蓄積が少ない、家畜にとって安全な飼料生産を行うことは、同時に汚染の少ない農業環境を目指すことにつながるのです。

**あなたの牛舎においてます!?** 今、「地球環境にやさしい」畜産経営が求められています。

**スノーエックス**  
(土壤微生物発酵飼料・混合飼料)

