

ふん尿の多量施用が飼料作物の硝酸態 チツソ含量におよぼす影響

坂本 登* 辻 久郎* 鴻江政雄**

Effects of Varying High Levels of Dairy Excreta
on Nitrate Contents in Some Forage Crops

Noboru SAKAMOTO, Hisao TSUJI and Masao KŌNOE

緒 言

家畜ふん尿は、本来、作物栽培にとって貴重な有機質資材である。これを畜産廃棄物として、処理の対象として考えるようになったのは、ごく最近のことである。我国で飼養されている家畜から排せつされるふん尿を全国580万ヘクタールの耕地全部に還元するとすれば、10アール当り年間1.2トンにも満たない量であるといわれる。¹⁷⁾ この量は、これまでの有機質肥料の施用量から考えて、そんなに多くない量である。それにもかかわらず、ふん尿処理が大きな問題となつていっているのは、よくいわれるように、①畜産部門での保有耕地面積に見合わない規模拡大、②耕地の大部分をしめる水田における水稻施肥技術が化学肥料中心であること、③ふん尿の流通、運搬取扱い上の問題点などの原因によるものである。

ふん尿の処理方法としては、土地還元、堆肥化と乾燥焼却などがあるが、根本的には、土地還元することが、生態系から考えても合理的かつ効果的な方法であろう。土地還元は、あくまでも地力の維持培養、生産力の向上を前提とするものであるが、前にも述べたように、これを無視して狭い畑に多量のふん尿を投入しなければならないような現状が、とくに都市近郊において見られる。

ふん尿を多量に施用した場合、飼料作物中に硝酸態チツソ(以下 $\text{NO}_3 - \text{N}$ と記す)が多く蓄積することが、かなり報告^{5, 12, 13, 14, 15, 16)}されている。また、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ の蓄積に関与する外生的、内生的因子およびそのメカニズムについても、かなり明確にされてきた^{8, 9, 18, 19, 20)}。

種々の原因により $\text{NO}_3 - \text{N}$ を多量に蓄積した飼料を家畜に給与した場合、いろいろな障害をおこすことが知られている。飼料中の $\text{NO}_3 - \text{N}$ と家畜の中毒の関係については本研究の目的ではないが、これまでの研究報告

を整理すると次のようである。

a) 飼料作物に $\text{NO}_3 - \text{N}$ が多量に蓄積されると、それを給与された家畜に「硝酸中毒」Nitrate Poisoning と呼ばれる現象を生じることがある^{2, 3, 4)}。

b) 硝酸中毒とは、飼料中の $\text{NO}_3 - \text{N}$ が、一部家畜の胃の中で還元されて、亜硝酸(NO_2)となり、これが吸収されて血液中のヘモグロビンと結合して、メトヘモグロビンを生成し呼吸障害を生じ、はなはだしいときには死に至る現象である⁶⁾。

c) 粗飼料の飽食で家畜を飼養する場合、Bradley等⁴⁾によると、風乾物中0.2%以上の $\text{NO}_3 - \text{N}$ が含まれていると危険なことを指摘しており、その値が硝酸中毒限界量として認められている。

チツソ施用量と飼料作物中の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量の関係に関する研究^{7, 9, 18)}は、これまで多く行われ、最近ではふん尿施用量と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量に関する研究^{5, 12, 13, 14, 15, 16)}もかなり行なわれている。しかし、これらの研究は10アール当り、生ふん尿で40トン、チツソ成分で120kg程度の施用量である。

著者らは、ふん尿の施用量をかなり多くし、投棄場所としては場で飼料作物を栽培した場合の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 蓄積と草種、生育ステージ、ふん尿施用量、さらに連続施用との関係を明らかにし、さらに安全的ふん尿施用限界を探るために本研究を行なった。

材料および方法

1. 供試ふん尿の特性と その施用量・施用法

本研究に用いたふん尿は、自然流下式畜舎における乳牛のふん尿混合液で、平均水分90%のものである。施用量は、各作季10アール当り10、25、40、55、

* 畜産部

** 作物部

70、85トンの6段階とし、その肥料成分は第1表のとおりである。

ふん尿施用は、幅45cmの溝（深さは液面が同じレベルになるように、施用量によつて変えた）を掘り、ふ

ん尿液を流し込み、約5cmの厚さの覆土を行なつた。この方法は、一般に廃棄処分を目的にした埋没法¹⁷⁾と呼ばれるものである。

Table 1. Levels of excreta and its basal fertilizer applied

	Levels of excreta application						
	I	II	III	IV	V	VI	
Amount of dairy excreta application (ton/10a)	10	25	40	55	70	85	
Its basal* fertilizer (Kg/10a)	N	42	105	167	230	293	355
	P ₂ O ₅	16	39	62	85	109	132
	K ₂ O	50	124	199	273	348	422

* Fresh excreta contains 90% water, 0.418% nitrogen, 0.155% phosphate and 0.497% potash in average value of three years.

2. 供試草種とふん尿の連続施用様式

本研究に用いた草種は、夏作物として、ソルガム (*Sorghum vulgare Pers.*)、トウモロコシ (*Zea mays L.*)、ヒエ (*Echinochloa crusgalli L. var. frumentacea*)、ローズグラス (*Chloris gayana Kunth*) の4種、冬作物として、イタリアンライグラス (*Lolium multiflorum Lamarek*)、エンバク (*Avena sativa L.*) の2種である。研究期間は

1972年夏作から1974年冬作までの3年間、6作であり、各草種の作付けとふん尿施用の組合せおよび播種期は第2表のとおりである。また各草種の播種量は、一般的耕種基準にもとづくものであり、試験区の1区面積は2.25m²である。

Table 2. Rotation of crops* and excreta application of continuous season in this experiment

	1972		1973		1974			
	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter		
Case-1 {	Rotation		Sorghum	Oat	Sorghum	Italian	Millet	Italian
Application**	●	●	●	●	○	○	○	
Case-2 {	Rotation		Millet	Italian	Millet	Oat	Sorghum	Oat
Application	●	●	●	●	○	○	○	
Case-3 {	Rotation		Corn	Italian	Millet	Oat	Millet	Italian
Application	●	○	○	○	○	○	○	
Case-4 {	Rotation		Rhodes	Oat	Sorghum	Italian	Sorghum	Oat
Application	●	○	○	○	○	○	○	
	Jun. 19	Oct. 12	Jun. 16	Oct. 9	Jun. 24	Oct. 4		

* Variety name of each crops is Pioneer Sorgo (Sorghum), Wase-shiro-hie (Japanese Millet), Hybrid Corn: Koo-No. 3 (Corn), Katambora (Rhodesgrass), Common (Italian ryegrass) and Zenshin (Oat).

** ● was applied excreta
○ was not applied excreta

3. 調査および $\text{NO}_3\text{-N}$ の定量

調査は各草種とも伸長期、出穂期前後、乳熟期または完熟期に草丈、水分、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量などについて行なった。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 定量用サンプルは、試料採取後ただちに 60°C の熱風通風乾燥器内で乾燥し、粉碎してスチロールビンに保存したものをを用いた。 $\text{NO}_3\text{-N}$ の定量は、Morris 等¹¹⁾ の方法を参考とした比色定量法により定量した。

結 果

1. 1年目(1972)夏作: ソルガム、トウモロコシ、ヒエ、ローズグラスの生育ステージ別のふん尿施用量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量の関係は、第1図のとおりである。

乾物中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量は、生育ステージが若いほど、ふん尿施用量が多くなるほど高くなるが、その傾向は草種によつて、かなり異なっている。すなわち、ヒエ、トウモロコシ、ローズグラスなどは、伸長期から穂ばらみ期には 0.6% とかなり高く、出穂期から乳熟期になるとトウモロコシ、ローズグラスは減少するが、ヒエでは 50 トン/10 アールの施用量以上であまり減少しない。また、ふん尿施用量 10 トン/10 アールにおいて、トウモロコシ、ソルガムでは生育ステージ間の $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量差は少なく、ヒエ、ローズグラスはかなりの差が見られたが、出穂期以後に刈取つた場合、ヒエを除いて、すべて 0.2% 以下であつた。

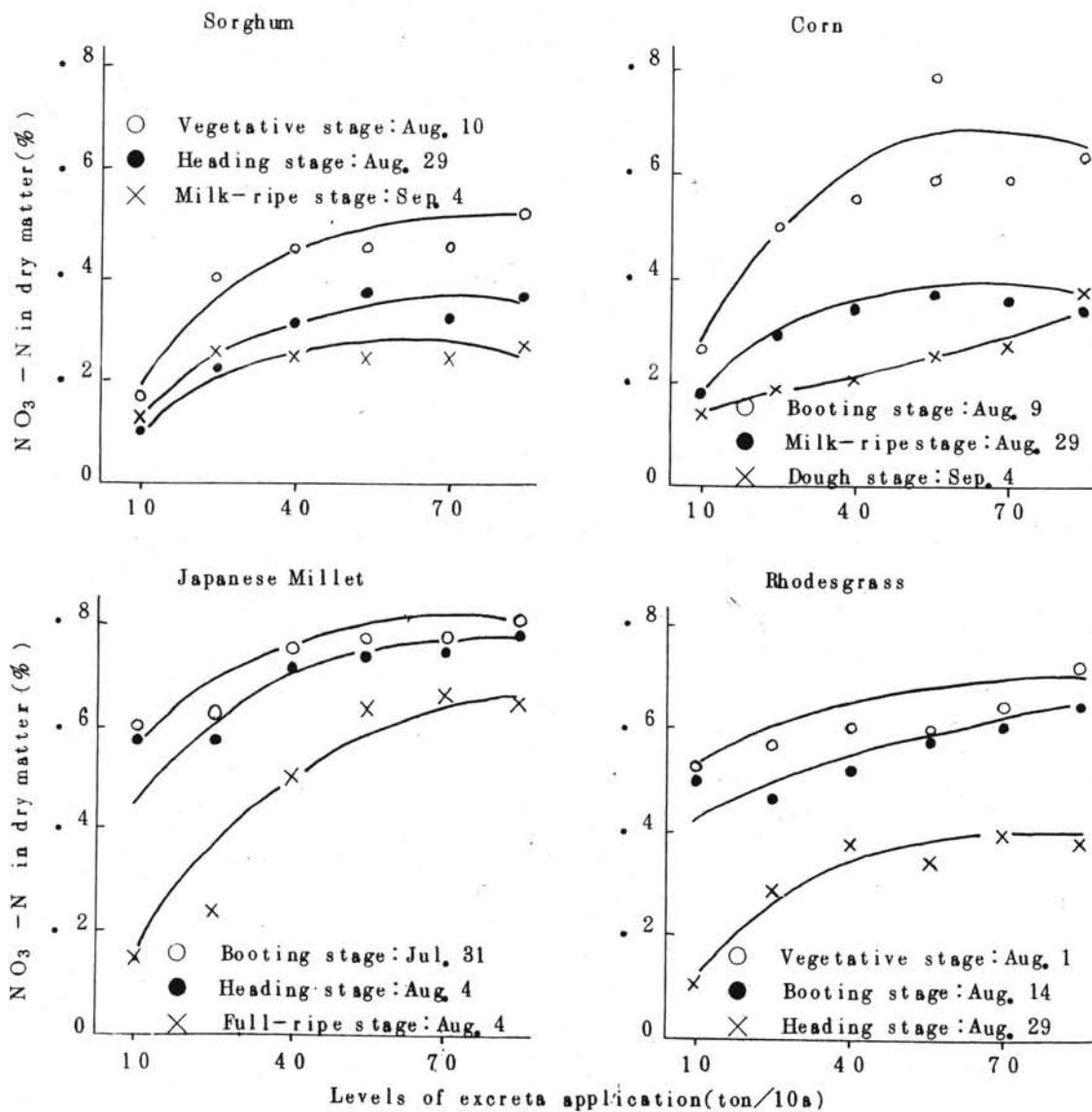


Fig. 1. Influence of the excreta application and stage of maturing on the nitrate content in some forage crops, (1972)

2. 1年目(1972)冬作:第2図のとおり、NO₃-N含量はイタリアンライグラス、エンバクとも生育ステージ、ふん尿施用量に関しては夏作(1972)と同じ傾向であった。2作目にふん尿無施用の場合、全体的

にNO₃-N含量は減少するが、連続施用の場合、開花期から乳熟期になつても、すべての施用量で0.2%以上であつた。また、イタリアンライグラスはエンバクよりもNO₃-N含量が高い傾向がある。

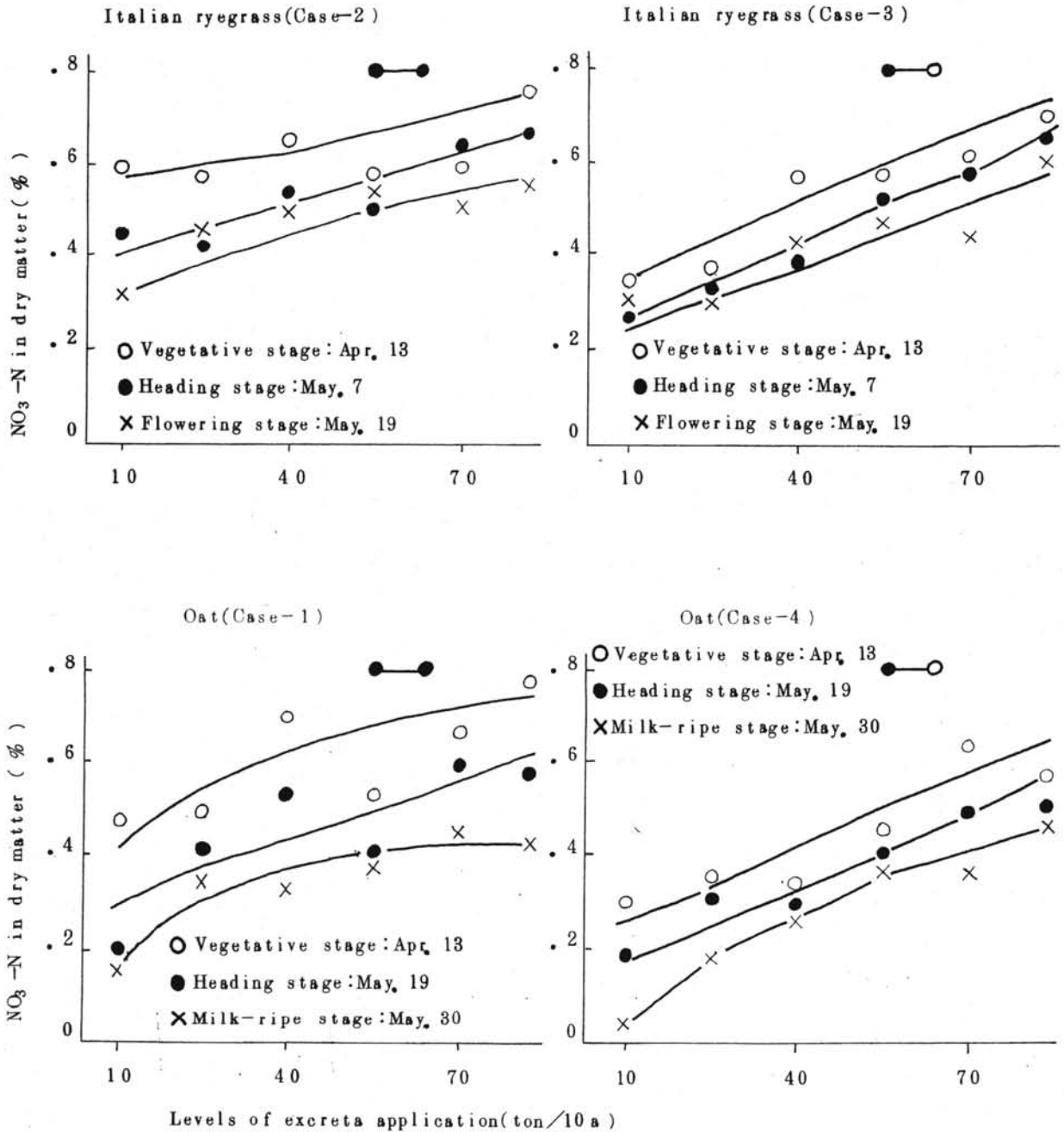


Fig 2. Influence of the excreta application and stage of maturing on the nitrate content in winter forage crops. (1972)

● was applied excreta
○ was not applied excreta

3. 2年目(1973)夏作:第3図に示すとおり、本作季は全体的に $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量は低かったが、連続2作無施用の場合、連続3作施用にくらべて、かなり低く、

その傾向はソルガムで著しい。草種、ふん尿施用量、生育ステージに関する $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量の傾向は、これまでの結果と同じであった。

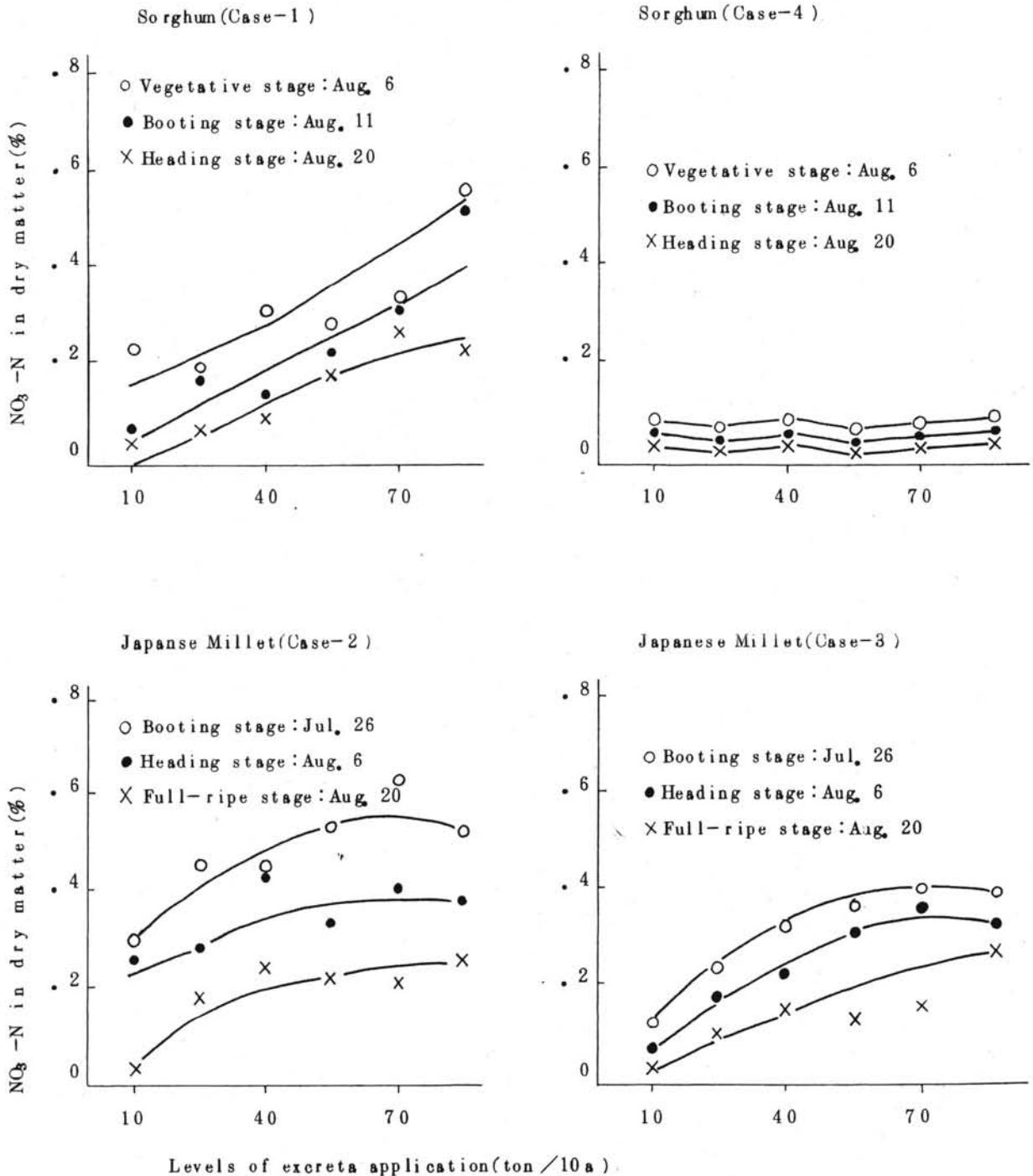


Fig. 8. Influence of the excreta application and stage of maturing on the nitrate content in summer forage crops, (1973)

- was applied excreta
- was not applied excreta

4. 2年目(1973)冬作から3年目(1974)

冬作まで:この間の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量は、これまでの連続施用の影響により、各要因(草種、ふん尿施用量、生育ステージ、それらの相互作用)の効果は明確に現れなかつた(第3表)。すなわち、1973年冬作では草種間の差や相互作用、1974年冬作では、さらにふん尿施用量、生育ステージによる差は見られなかつた。

つた(第3表)。すなわち、1973年冬作では草種間の差や相互作用、1974年冬作では、さらにふん尿施用量、生育ステージによる差は見られなかつた。

Table 3. Analysis of variance for nitrate content in each season

Source of variance	1972		1973		1974
	Summer	Winter	Summer	Winter	Winter
Crops(C)	**	**	**	NS	NS
Application of excreta(A)	-	**	**	**	*
Levels of application(L)	**	**	**	**	NS
Stages of maturing(S)	**	**	**	**	NS
C X L	NS	**	NS	NS	NS
C X S	**	**	**	NS	NS

** and * showed respectively F-value for corresponding mean square exceeds the 1% and

5% level of probability

NS: Negative significance

5. ふん尿連続施用と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量の変化: 第4図は各草種のふん尿連続施用にともなう生育期間中の平均 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量の推移である。ふん尿を連続施用しても、

その後施用しなければ、その影響は次の1作目だけで、2作目になると、ほとんど影響はなく、また4作連続施用しても $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量は直線的に高くない。

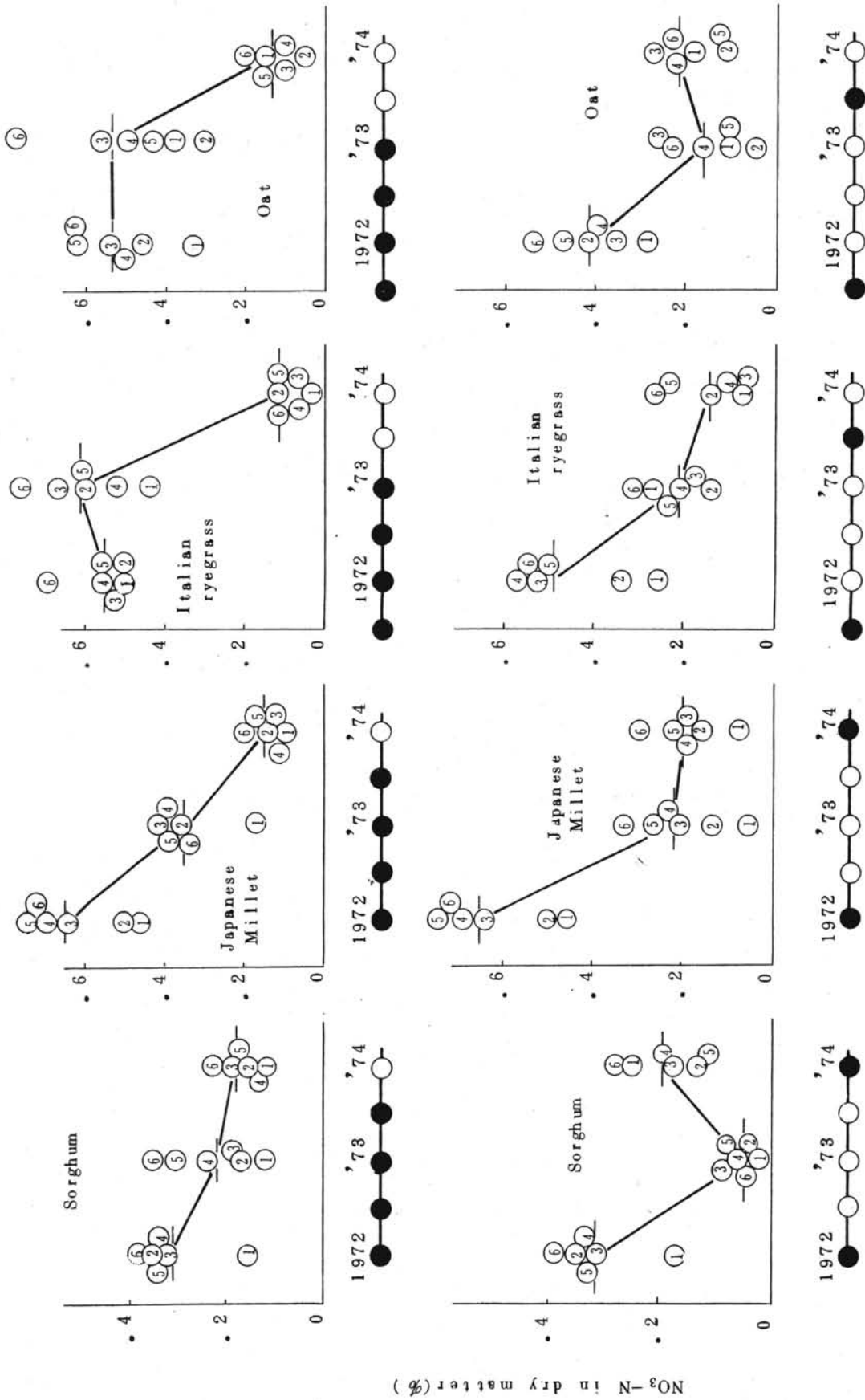


Fig. 4. Influence of continuous excreta application's pattern on the average values of nitrate content during growing period in some forage crops.

●, ○ application and non-application of excreta

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ the nitrate content in crops grown under 10, 25, 40, 55, 70 and 85 ton/10a of excreta application

考 察

飼料作物は、培地から $\text{NO}_3 - \text{N}$ の形でチッソを吸収し、それが体内で還元され、アンモニアとなり、光合成産物と結合して最終的にタンパク質が合成される。しかし、多量に吸収した $\text{NO}_3 - \text{N}$ は、なんらかの原因により同化されないまま $\text{NO}_3 - \text{N}$ の形で残ることがある。したがって、飼料作物の収量が增大している間は $\text{NO}_3 - \text{N}$ の蓄積はないと考えられる。本研究においても、ふん尿施用量の増大に比例して $\text{NO}_3 - \text{N}$ が増大しているものでは、草丈や収量の変化はほとんどなく、施用量の多い場合、むしろ生育障害により収量の減少傾向が見られた。

飼料作物の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 蓄積に関与する要因としては、植物体中の全有効態炭水化物^{8,15)}、光⁸⁾、培地の $\text{NO}_3 - \text{N}$ ^{9,17,18)}、生育温度、生育ステージ^{1,9,18,19,20)}などがあるが、本研究でも、ふん尿施用量、生育ステージはもちろん、草種による差、各草種の施用量に対する反応、生育ステージによる $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量推移の草種間差などが認められた。

家畜に障害を与える飼料作物の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量、給与量については、古くはBradley等^{3,4)}、最近では相井の報告がある。これらは、いずれも $\text{NO}_3 - \text{N}$ として体重1kg当り0.1g給与した場合、家畜に致死的な毒性を示すとしている。致死毒性を示さないまでも、家畜に種々の障害(体重減少、乳量低下、下痢など)がおこる中毒限界量は前にも述べたように、風乾物中 $\text{NO}_3 - \text{N}$ として0.2%とされている。また、飼料作物を乾草やサイレージにした場合、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量が減少するという報告¹⁰⁾もあるが、ここでは青刈給与を前提として考える。

単作施用の場合、ソルガムやトウモロコシでは極端に若刈りしなければ、10アール当り10トン程度以下のふん尿施用量は硝酸中毒限界量に達しない安全な施用量(この上限を以下“施用限界”と記す)であろう。しかし、ソルガムで乳熟期、トウモロコシで糊熟期に刈取る場合は、10アール当り25~30トンが施用限界であろう。ヒエやローズグラスは出穂期刈りでは施用限界は10アール当り10トンであり、ヒエの場合完熟期までおくと13トンが施用限界となる。これは最近の、ふん尿施用量と $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量に関する報告^{12,13,14)}の平均的な値とはほぼ一致する。

2作連続施用の場合、イタリアンライグラス、エンバクともに本研究の最少ふん尿施用量でも、施用限界をこえたものである。また前作のみ施用の場合、イタリアンライグラスの施用限界は10トン以下であるが、エンバクは乳熟期刈りすると、30トンぐらいとなる。

3作連続施用の場合でも、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量はさほど増加するものではない。これは、本研究のふん尿施用量のように多量に施用した場合、蓄積しうる飼料作物の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量の最高量に達しているものと思われる。ソルガムでは、単作施用と連作施用はその $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量において、ほぼ同じ傾向であり、ヒエでも完熟期刈りの場合、25トン連続施用で0.2%の $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量であった。また橋元¹⁴⁾はイタリアンライグラスに8作にわたり、10アール当り、10トンのふん尿を連続施用した場合、その $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量は乾物当り0.5%であった。しかし、連続2作無施用の場合、残効はほとんどなくなるものと考えられる。

飼料作物に対してふん尿を連続的に施用してゆく場合、本研究のような多量施用は、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ の蓄積から見て危険である。ふん尿の多量連続施用は2~3作が限度であり、施用量も10~20トン/10アールまでであろう。また、イタリアンライグラス、ヒエ、ローズグラスなどは、ソルガム、トウモロコシにくらべて、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ を蓄積しやすい草種である。

牛ふんを6年間12作にわたり、10アール当り5~40トン施用した報告¹⁷⁾では、発芽率、土壌の理化学性が向上し、イタリアンライグラスやソルガムに対して施肥効果が大きいとしているが、本研究では施肥量が40~50トン以上になると、生育障害により、草丈、収量が低下する傾向があつた。これは施用方法による差であろう。

今後、ふん尿の土地還元としての施用については、土壌条件、間けつ施用などの施用方法と施用量、機械化などについて総合的に検討しなければならない。

摘 要

ふん尿の多量連続施用と飼料作物中の硝酸態チッソ含量との関係について調べ、さらに、家畜が硝酸中毒をおこさない $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量でのふん尿連続施用、施用量について検討し、以下の結果を得た。

1. イタリアンライグラス、ヒエ、ローズグラス、エンバクなどはソルガム、トウモロコシよりも $\text{NO}_3 - \text{N}$ の蓄積しやすい草種であり、生育ステージが若いほど、ふん尿施用量が多いほど $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量が高い傾向が見られた。
2. 単作施用の場合、出穂から乳熟期刈りのソルガム、乳熟から糊熟期刈りのトウモロコシでは20トン/10アール、出穂期刈りのヒエ、ローズグラスでは10トン/10アールがふん尿施用限界であろうと思われる。
3. 本研究におけるような施用法で連続施用する場合、施用量は10トン/10アール程度であろう。ふん尿を

多量に施用しても、その後無施用の場合、2作目にはほとんど残効がなくなった。

引用文献

- 1) 相井 充(1975):ソルガムの利用について第5報青刈ソルガムの硝酸態チッソ含量、乳牛に対する青刈ソルガム給与ならびに硝酸塩中毒の人工発症試験。日草誌、21(2)、109-115。
- 2) Bradley, W. B., Beath, O. A. and Eppson, H. F. (1939): Oat hay poisoning. Science, 8, 365.
- 3) Bradley, W. B., Eppson, H. F. and Beath, O. A. (1939): Nitrate as the cause of oat hay poisoning. J. Am. Vet. Med. Assoc., 94, 541.
- 4) Bradley, W. B., Ennson, H. F. and Beath, O. A. (1940): Livestock poisoning by oat hay and other plants containing nitrate. Wyo. Agric. Exp. Sta. Bull., No. 241.
- 5) 中央畜産会(1975):家畜ふん尿の土地還元事例、173-182。
- 6) Davidson, W. B., Doughty, J. L. and Bolton, J. L. (1941): Can. J. Comp. Med. Vet. Sci., 5, 303.
- 7) 江原薫・山田芳雄・梅津頼三郎(1965):飼料作物における硝酸態チッソ含量に関する研究。日作紀、34、292-297。
- 8) 古本史・尾形昭逸・安藤忠男・赤木英二(1971):牧草における硝酸の集積に関する研究。日草誌、(別号)、12。
- 9) 三秋尚・能勢公(1966):飼料作物の化学的成分と飼料価値に関する研究。日畜会報、(9)、349-353。
- 10) 宮崎昭・石田直彦(1968):サイレージ調製時における青刈飼料中の硝酸塩含量の変化。日畜会報、39(7)、313-318。
- 11) Morris, M. P. and Alma Gonzalez-Mas(1958): Agri. and Food Chem., 6, 456.
- 12) 農林省畜産試験場(1973):第5回家畜ふん尿処理研究会資料。
- 13) 農林省畜産試験場・草地試験場(1974):第6回家畜ふん尿処理研究会資料。
- 14) 農林省畜産試験場・草地試験場(1975):第7回家畜ふん尿処理研究会資料。
- 15) 越智茂登一(1974):家畜ふん尿の土地還元利用に関する研究。日草誌、21(別号-1)、15。
- 16) 大谷忠・川島栄・淡谷恭蔵・増田慶信・木暮 志・伊林昭則(1973):飼料作物栽培における生ふん多量施用について。日草誌、19(別号-1)、62。
- 17) 坂井弘監修(1974):農業公害ハンドブック。初版、東京 地人書館。
- 18) 高橋 七郎・桂勇・関村栄(1975):牧草における硝酸態チッソ蓄積について。日草誌、21(別号-1)、13。
- 19) 上坂章次・宮崎昭(1963):牧草類および青刈飼料作物の硝酸塩含量について。日草誌、9(1)、41-47。
- 20) 上坂章次・宮崎昭(1965):異なる刈取期のイネ科牧草の硝酸塩含量とくに品積による差異について。日畜会報、36(3)、81-86。

Effects of Varying High Levels of Dairy Excreta
on Nitrate Contents in Some Forage Crops

Noboru SAKAMOTO, Hisao TSUZI and Masao KONOE

Mie Agr. Tech. Cent. (Ureshino-cho, Mie-ken)

Summary

The main purpose of this study was to investigate the relationship between continuous application of large amount of dairy excreta and the nitrate contents in some forage crops and the limits of excreta application judging from nitrate poisoning to the dairy cows.

These results were summarized as follows.

1. Average values of nitrate content during growing period in italian ryegrass, japanese millet and rhodesgrass were much higher than that in sorghum and corn. The nitrate contents increased with increasing rates of the excreta application and decreased with growing.

2. In the case of single season application, the limits of the excreta application was 20 tons/10a in sorghum of cutting in the milkripe stage and corn of cutting in the dough stage, and 10 tons/10a in japanese millet and rhadesgrass of cutting in the heading stage.

3. In the case of continuous applying method in this study, the limit of application was 10 tons/10a.